

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Gestão Florestal de Regeneração Natural em Pinhal-bravo,  
no Baldio de Paradança (Distrito de Vila Real)**

**Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal**

**ANABELA NUNES CERQUEIRA**

**Orientadores:**

Professora Doutora Teresa de Jesus Fidalgo Fonseca

Professora Doutora Maria Emília Calvão Moreira Silva

Engenheiro Pedro Miguel Morais Gomes



Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vila Real, 2020

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Gestão Florestal de Regeneração Natural em Pinhal-bravo, no  
Baldio de Paradança (Distrito de Vila Real)**

**Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal**

**ANABELA NUNES CERQUEIRA**

**Orientadores:**

Professora Doutora Teresa de Jesus Fidalgo Fonseca

Professora Doutora Maria Emília Calvão Moreira Silva

Engenheiro Pedro Miguel Morais Gomes



Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vila Real, 2020

**Os Orientadores de projeto:**

---

Professora Doutora Teresa de Jesus Fidalgo Fonseca

---

Professora Doutora Maria Emília Calvão Moreira Silva

---

Engenheiro Pedro Miguel Morais Gomes

## **Júri de Apreciação**

Presidente: \_\_\_\_\_

1ª Vogal: \_\_\_\_\_

2ª Vogal: \_\_\_\_\_

Classificação: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/ \_\_\_/ \_\_\_

*As doutrinas expressas neste trabalho  
são da exclusiva responsabilidade do autor.*

*"Eu sei que não sou nada e que talvez nunca tenha tudo. Aparte isso, eu tenho em mim todos os sonhos do mundo."*

**FERNANDO PESSOA**

## **Agradecimentos**

Após a realização deste trabalho não podia de deixar de agradecer às pessoas que diretamente e indiretamente contribuíram para a sua concretização. Assim, as minhas palavras de agradecimento vão para:

À minha orientadora, Professora Doutora Teresa Fonseca, por me ter dado a oportunidade de desenvolver este estudo, pela incansável disponibilidade aquando da necessidade em orientações, por toda a dedicação e carinho e, sobretudo, um grande obrigada por ter acreditado sempre em mim e todo o otimismo;

À minha coorientadora, Professora Doutora Maria Emília, por me ter dado a oportunidade de desenvolver este trabalho, por toda a disponibilidade e orientação prestada;

Ao meu coorientador, Engenheiro Pedro Gomes, por me ter dado a oportunidade de produzir este trabalho, por todos os ensinamentos, por toda a ajuda, compreensão e incentivo que me deu;

A todos os docentes e funcionários do Departamento de Arquitetura Paisagista e Ciências Florestais, que sempre foram incansáveis comigo. Deixo aqui um agradecimento especial ao técnico Carlos Fernandes pela ajuda na realização no trabalho de campo;

Ao Duarte Araújo, pelo apoio incondicional ao longo deste trabalho, pela sua gentileza, carinho, palavras doces, pela sua presença em todos os momentos da minha vida. Pela compreensão, paciência e dedicação constante, por ser a minha pedra basilar;

Aos meus pais e irmã, por terem acreditado em mim e me terem ajudado sempre na medida do possível;

À minha entidade patronal, Secretariado dos Baldios de Trás-os-Montes e Alto Douro, agradeço por toda a compreensão, ao facilitar a conciliação da minha atividade profissional com os estudos; agradeço também ao Armando Carvalho e a todos os meus colegas de trabalho, em especial à Ana Teixeira, à Armandina Costa e o João Pedro Quinteira, pela amizade e por me fazerem manter o foco nesta dissertação;

Aos meus colegas de mestrado, em especial à Cláudia Martins, pela ajuda com o trabalho prático desta dissertação, pelo ânimo e por toda ajuda prestada durante estes anos;

À Margarida Cabral, agradeço a disponibilidade prestada para a realização do trabalho de campo, toda a amizade, compreensão, paciência, mas sobretudo pela motivação que me deu para a realização desta dissertação;

Aos melhores amigos que a UTAD me proporcionou conhecer: Nuno Ferreira, Ana Barros, Francisco Dias, Gonçalo Ferreira, Catherine Martins, João Macário, Daniela

Martins, em especial à Daniela Sá pela ajuda com o trabalho de campo. O que a UTAD uniu nada consegue separar;

Aos meus colegas da Associação Portuguesa da Biodiversidade e Cienética (APBC), em especial ao André Chaves e à Luísa Monteiro, por toda a amizade, por terem acreditado sempre em mim e no meu trabalho e por me ajudarem a crescer enquanto pessoa e profissional;

À Nídia Borges que apesar da distância e de todas as controvérsias da vida, sempre esteve aqui para mim, sempre me deu força e ânimo para erguer a cabeça e seguir em frente e nunca me deixou desistir de nada na minha vida;

Ao Pedro Monteiro pela amizade, pelo ânimo e por toda a ajuda;

Às melhores colegas de casa que se poderia ter, obrigada pela paciência, ajuda e compreensão dos últimos meses;

A todos os restantes dos meus amigos que contribuíram para o meu sucesso e para a realização de mais esta etapa na minha vida;

Quero demonstrar o meu agradecimento, a todos aqueles que, de um modo ou de outro, tornaram possível a realização do presente trabalho.

A todos o meu sincero e profundo **Muito obrigado!**

## Índice Geral

Agradecimentos .....	vii
Índice Geral .....	ix
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Resumo .....	xiv
Abstract .....	xv
Abreviaturas e siglas .....	xvi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. CONDUÇÃO DE POVOAMENTOS FLORESTAIS .....	3
2.1. Objetivos da condução dos povoamentos florestais .....	3
2.2. Operações envolvidas na condução dos povoamentos florestais .....	4
2.2.1. Limpeza de povoamentos e matos .....	4
2.2.2. Desbastes .....	5
2.2.3. Desramação .....	8
3. CONDUÇÃO DO PINHEIRO-BRAVO .....	12
3.1. Breve caracterização da <i>Pinus pinaster</i> .....	12
3.2. Regeneração natural .....	14
3.2.1. Alterações climáticas .....	15
3.2.2. Pragas e doenças .....	18
3.2.3. Fogos .....	19
3.2.4. Erosão .....	21
3.3. Modelos silvícolas .....	23
3.4. Modelo ModisPinaster .....	29
4. APROVEITAMENTO INDUSTRIAL DA MADEIRA DE PINHEIRO-BRAVO .....	33
4.1. Valorização dos produtos florestais .....	34
4.2. Mercados de produtos florestais .....	37

4.2.1. Biomassa florestal.....	38
4.2.2. Madeira tratada.....	43
4.2.3. Madeira serrada.....	45
4.2.4 Resinagem.....	48
4.3. Certificação dos produtos florestais.....	52
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
5.1. Localização área de estudo.....	55
5.2. Caraterização da área de estudo.....	56
5.2.1. Relevo e altimetria.....	56
5.2.2. Elementos climáticos.....	58
5.2.3. Solos.....	59
5.3. Metodologia.....	60
5.3.1. Aquisição de dados em campo.....	60
5.3.2. Tratamento de dados.....	63
5.3.2.1. Caso de estudo 1 - Modelo DBA.....	65
5.3.2.2. Caso de estudo 2 - Modelo DMED.....	65
5.3.2.3. Caso de estudo 3 - Modelo DAL.....	65
5.3.2.4. Caso de estudo 4 - Modelo DMAL.....	66
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
6.1. Modelo DBA.....	67
6.2. Modelo DMED.....	68
6.3. Modelo DAL.....	70
6.4. Modelo DMAL.....	73
6.5. Considerações finais.....	73
7. CONCLUSÕES.....	76
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	88

## Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplos de desbaste pelo baixo e pelo alto, para vários graus de desbaste, e pelo alto misto (Oliveira, 1984).....	6
Figura 2 - Povoamento jovem de pinheiro-bravo, após desbaste (Baldio de Paradaça).....	7
Figura 3 - Exemplo de uma desramação em pinheiro-bravo, em pinhal com abertura de faixas (Baldio de Paradaça).....	9
Figura 4 - Exemplo de um povoamento de pinheiro-bravo com desrama (Baldio de Paradaça)	10
Figura 5 - Povoamento de pinheiro-bravo (Baldio de Paradaça).....	12
Figura 6 - Área de distribuição de pinheiro-bravo em Portugal (Oliveira, 1999).....	13
Figura 7 - Regeneração natural de pinheiro-bravo (Baldio de Paradaça).....	15
Figura 8 - Degradação dos solos em Portugal (ESA, 2011).....	22
Figura 9 - Relação entre as componentes principais do modelo ModisPinaster (Fonseca, 2004)	30
Figura 10 - Dados de entrada do modelo ModisPinaster (ModisPinaster, 2020).....	31
Figura 11 - Exemplo de um layout com dados de saída do modelo ModisPinaster (ModisPinaster, 2020).....	32
Figura 12 - Ciclo de vida da madeira (Silva <i>et al.</i> , 2013).....	33
Figura 13 - Principais utilizações do pinhal ao longo do ciclo produtivo (Gonçalves <i>et al.</i> , 2020).....	36
Figura 14 - Consumo de madeira por setor, em 2019 (Centro Pinus, 2020a).....	37
Figura 15 - Número e localização de indústrias consumidoras de madeira de pinheiro-bravo por subsetor (Centro Pinus, 2020b).....	38
Figura 16 -Tipo de produtos de biomassa segundo classes de tamanho (adaptado de Loução, 2008).....	40
Figura 17 - Evolução da produção de energia através de biomassa na Europa, de 2000 até 2017 (Adaptado de “Solid Biomass Barometer”, 2018).....	42
Figura 18 - Varas Torneadas (MTL, 2012).....	43
Figura 19 - Varas em tosco (MTL, 2012).....	43
Figura 20 - Postes torneados (Carmo wood, 2020).....	44
Figura 21 - Postes cónicos (Carmo Wood, 2020).....	44

Figura 22 - Diferentes padrões de serragem de um tronco (Silva <i>et al.</i> , 2013).....	45
Figura 23 - Variedade de peças que podem ser retiradas de um tronco (Silva <i>et al.</i> , 2013) ....	46
Figura 24 - Produção madeira para serrar (INE, 2020).....	48
Figura 25 - Povoamento resinado (Resipinus, 2020) .....	49
Figura 26 - Resumo dos condicionalismos das duas modalidades de resinagem praticadas em Portugal (Pinho <i>et al.</i> , 2013) .....	50
Figura 27 - Produção de resina nacional à entrada da fábrica, em toneladas (Centro Pinus, 2020b) .....	50
Figura 28 - Preço médio da resina nacional à entrada da fábrica, em €/kg (Centro Pinus, 2020b) .....	51
Figura 29 - “Bónus” madeira certificada de pinho, setembro de 2020 (Carneiro, 2020).....	54
Figura 30 - Carta de Localização.....	55
Figura 31 - Carta Hipsométrica .....	57
Figura 32 - Carta de Declives .....	57
Figura 33 - Carta de Exposição .....	58
Figura 34 - Carta da caraterização climática.....	59
Figura 35 - Carta da caraterização do solo.....	60
Figura 36 - Localização das parcelas de estudo .....	61
Figura 37 - Parcela com densidade alta de árvores - DAL.....	62
Figura 38 - Parcela com densidade média de árvores - DMED.....	62
Figura 39 - Parcela com densidade baixa de árvores - DBA.....	63
Figura 40 - Esquema de intervenções de acordo com projeto 8.1.5 PDR2020 (Gomes, 2019)	66

\* As figuras 2-5, 7, 30-39 são originais da autora da dissertação de mestrado.

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Objetivos de produção lenhosa (adaptado de Correia & Oliveira, 2003; Gonçalves, <i>et al.</i> , 2020, Carmo wood, 2020).....	24
Tabela 2 - Orientações silvícolas para o pinheiro-bravo (Correia & Oliveira, 1999).....	25
Tabela 3 - Modelo silvícola para produção de lenho (ICNF, 2018).....	25
Tabela 4 - Índice de densidade dos povoamentos (Long, 1985).....	27
Tabela 5 - Produção de energia por região, em termos de biomassa (DGEG, 2019).....	41
Tabela 6 - Existências de biomassa florestal primária em Portugal, zona norte e centro (adaptado de Enersilva, 2007).....	42
Tabela 7 - Caraterização dendrométrica das parcelas instaladas.....	63
Tabela 8 - Caraterização complementar de elementos dendrométricos e físicos, das parcelas instaladas.....	64
Tabela 9 - Planeamento das intervenções ao longo do tempo relativamente ao modelo DBA	67
Tabela 10 - Planeamento das intervenções ao longo do tempo relativamente ao modelo DMED.....	69
Tabela 11 - Planeamento das intervenções ao longo do tempo relativamente ao modelo DAL, para as faixas arborizadas.....	70
Tabela 12 - Planeamento das intervenções ao longo do tempo relativamente ao modelo DAL, para as faixas arborizadas à beira de caminhos.....	72
Tabela 13 - Comparação entre SDI % inicial e final.....	74
Tabela 14 - Comparação entre Fw inicial e final.....	74
Tabela 15 - Comparação entre a estabilidade hg/dg inicial e final.....	75
Tabela 16 - Comparação entre a estabilidade $h_{dom}/d_{dom}$ inicial e final.....	75

## Resumo

O pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.) é uma das espécies florestais mais representativas da floresta em Portugal e tem como característica a sua elevada propagação através de desenvolvimento de regeneração natural. O aproveitamento dessa regeneração natural é em si uma técnica de silvicultura que consiste em aproveitar as sementes que germinam naturalmente no solo.

Devido às tendências de evolução negativa da floresta de pinheiro-bravo em Portugal, sobretudo pelos grandes incêndios, tem-se verificado que a madeira existente não é suficiente para abastecer as necessidades de toda a capacidade industrial instalada nas suas diversas utilizações, que passam desde biomassa para energia, produção de varas e postes ou madeira de serração, entre outros. Por esta razão, o investimento em áreas de pinhal é basilar para a sustentabilidade das atividades económicas que dependem deste. Não obstante, este investimento necessita ser acompanhado de conhecimento técnico e científico para que a produção possa ser maximizada e nesse sentido é importante o estudo de modelos de silvicultura que consigam dar resposta a esta variedade de produtos.

Este trabalho tem como objetivo a avaliação e a simulação do crescimento de povoamentos de regeneração natural de pinheiro-bravo resultantes de incêndios ocorridos no Baldio de Paradança. Com este estudo pretende-se quantificar a produção esperada do pinheiro-bravo atendendo a diferentes orientações silvícolas de regulação de densidade, em povoamentos jovens, com densidades variáveis (baixa, média, alta e muito alta). As previsões serão realizadas com recurso ao simulador ModisPinaster (Fonseca 2004, Fonseca *et al.*, 2012), usando como informação de entrada dados dendrométricos a recolher em parcelas de amostragem a instalar na área de estudo.

Tendo por base todas as análises desenvolvidas durante a componente prática desta dissertação, pode-se afirmar que, dos 4 modelos apresentados, o Modelo DAL – 1,  $F_{a1}$  mostra os maiores valores de produção no final da revolução (45 anos), em termos de volume, na ordem dos 805,0 m<sup>3</sup>/ha. Em termos de remoção de biomassa o modelo mais rentável é o DAL – 2,  $F_{a2}$ , com 311,6 t/ha. No entanto, em termos de material removido ao longo da vida do povoamento, o que apresenta maior rentabilidade é o modelo DMED, com um volume de 293,3 m<sup>3</sup>/ha, e um valor de biomassa de 119,8 t/ha. Em termos de dimensão média das árvores, o modelo DMAL é o que apresenta o maior valor em diâmetro médio (28,8 cm), aquando do corte final (45 anos). Seguindo-se o modelo DMED com 28,0 cm.

**Palavras-chave:** Regeneração natural, orientações silvícolas, gestão florestal

## Abstract

The maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) is one of the most representative forest species in Portugal and its main characteristic is its high propagation through the development of natural regeneration. The use of this natural regeneration is a silviculture technique that consists in taking advantage of the seeds that naturally germinate in the soil.

Due to the negative evolution trends of *Pinus pinaster* forest in Portugal, mainly due to the large fires in the last decades, it has been verified that the existing wood is not enough to supply the needs of all the industrial capacity installed in its several uses, from biomass to energy, production of sticks and poles or sawn wood, among others. For this reason, the investment in pinewood areas is essential for the sustainability of the economic activities that depend on it. Nevertheless, this investment needs to be accompanied by technical and scientific knowledge so that production can be maximized, and in this sense, it is important to study forestry models that can respond to this variety of products.

This work also aims to evaluate and simulate the growth of stands of natural regeneration of maritime pine resulting from fires in Baldio de Paradança. This study aims to quantify the expected production of *Pinus pinaster* according to different silvicultural guidelines of density regulation, in young stands with variable densities (low, medium, high, and very high). The forecasts will be carried out using the ModisPinaster simulation (Fonseca 2004, Fonseca 2012), using as input information dendrometric data to be collected in sampling plots to be installed in the study area.

Based on all the analyzes developed during the practical component of this dissertation, it can be said that, of the 4 models presented, the DAL - 1, Fa1 Model shows the highest production values at the end of the revolution (45 years), in terms of volume, in the order of 805,0 m<sup>3</sup>/ha. In terms of biomass removal, the most profitable model is DAL - 2, Fa2), with 311,6 t/ha. However, in terms of material removed over the life of the stand, the DMED model is the most profitable, with a volume of 293,3 m<sup>3</sup>/ha, and a biomass value of 119.8 t / ha. In terms of the average size of the trees, the DMAL model has the highest value in average diameter (28,8 cm), at the time of the final cut (45 years). Following the DMED model with 28,0 cm.

**Keywords:** Natural regeneration, forestry guidelines, forest management

## **Abreviaturas e siglas**

### **Siglas**

DAL – Densidade alta

DBA – Densidade baixa

DMAL – Densidade muito alta

DMED – Densidade média

GEE – Gases de Efeito de Estufa

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

IFN6 – 6.º Inventário Florestal Nacional

PDR2020 – Programa de Desenvolvimento Rural 2020

RESIPINUS – Associação de Destiladores e Exploradores de Resina

VAB – Valor Acrescentado Bruto

VN – Volume de Negócios

### **Abreviaturas**

Árv – Árvore

Baldio de Paradação – Baldios de Paradação, Ponte de Olo e Carrazedo

ton – Toneladas

### **Lista de variáveis**

B – Biomassa

d – Diâmetro ao nível de altura de 1,30 m, sobre casca

$d_{dom}$  – Diâmetro dominante

dg – Diâmetro quadrático médio do povoamento

$d_{max}$  – Valor máximo de d

$d_{min}$  – Valor mínimo de d

Exp – Exposição

G – Área basal do povoamento

Gr – Área basal do povoamento removido

h – Altura total da árvore

ha – Hectare

$h_{dom}$  – Altura dominante

$h_g$  – Altura média do povoamento

$Inc$  – Inclinação

$Mm^3 Sc$  – Milhões de metros cúbicos sem casca

$N$  – Número de árvores do povoamento

$N_r$  – Número de árvores do povoamento removido

$SDI$  – Índice de densidade do povoamento

$sd$  – Desvio padrão dos valores de  $d$

$t$  – Idade do povoamento

$V$  – Volume do povoamento

$V_r$  – Volume do povoamento removido

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo IFN6 (ICNF, 2019a), os territórios florestais (floresta, matos e terrenos improdutivos) ocupam 69,4% da paisagem portuguesa. O principal uso de solo nacional (36%) cabe à floresta, onde se incluem os terrenos arborizados e temporariamente desarborizados. A floresta nacional tem sofrido diversas alterações ao longo dos anos tendo a área de determinadas espécies aumentado em detrimento de outras.

A propriedade florestal é detida maioritariamente por privados, existindo cerca de 2,8 milhões de hectares na posse de pequenos proprietários, o que corresponde a 84,2% da área total, dos quais 6,5% pertencem a empresas industriais. O estado português apenas detém cerca de 3% da área (PEFC Portugal, 2020). As áreas baldias, com uso florestal ocupam cerca de 14% da área florestal portuguesa, distribuindo-se essencialmente no Norte e Centro do país (ICNF, 2020a).

Um dos grandes problemas do setor florestal Nacional é a fragmentação e dimensão da propriedade florestal, sendo agravada pela falta do conhecimento dos seus limites, por parte dos proprietários (CES, 2017). Outro problema é a baixa rentabilidade da atividade florestal devida ao lento ritmo de crescimento das espécies florestais associado a um elevado risco que advém dos incêndios rurais. O despovoamento e o abandono de práticas de pastorícia e de recolha de matos para os animais, que proporcionavam a limpeza do substrato arbustivo, também é atualmente um grande problema (ICNF, 2019a) por contribuírem para o acumular de combustível nos povoamentos florestais e o consequente aumento de risco de incêndio.

O pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.) é uma das espécies mais representativas da floresta em Portugal. Distribui-se pelo sudoeste da Europa e norte de África, estendendo-se pela bacia mediterrânica, sendo que a maior concentração de indivíduos se encontra na zona litoral atlântica da Península Ibérica e de França (Alía & Martín, 2003).

O aproveitamento da regeneração natural é uma técnica de silvicultura que consiste em aproveitar as sementes que germinam naturalmente no solo e que provêm normalmente de árvores pré-existentes no local ou nas zonas limítrofes. Esta técnica apresenta-se como um método bastante vantajoso de florestação, uma vez que as novas plantas estão mais bem-adaptadas ao meio (pois provêm de espécimes locais). No entanto, só é possível obter estes resultados com um acompanhamento adequado do povoamento e com a aplicação de modelos de silvicultura próprios para este tipo de sistemas (Correia & Oliveira, 2003). No entanto a regeneração natural apresenta alguns inconvenientes. Caso não seja acompanhada de práticas culturais que retirem o mais precocemente possível os indivíduos menos performantes, para que se evite que a regeneração seja feita a partir desses indivíduos (menor

crescimento, mais tortos, etc.), que é o que sucede atualmente na maior parte das vezes e que promove uma seleção negativa dos povoamentos.

A utilização da regeneração natural tem sido frequentemente referida como uma alternativa viável para o repovoamento florestal, a considerar especialmente em áreas ardidas de pinhal bravo, que são, infelizmente, cada vez maiores, como comprovado com os fatídicos incêndios de 2017 e 2018. O aproveitamento da regeneração natural, de espécies adaptadas às estações em causa, poderá ser o método mais indicado para a restauração desses povoamentos após os incêndios. No entanto, para que esse aproveitamento seja bem-sucedido, há que definir os modelos de silvicultura a adotar na condução dos povoamentos, os quais estão fortemente associados aos objetivos da exploração.

A diversidade de produtos com base na madeira de pinheiro-bravo que o mercado procura e que vão da biomassa para energia, passando por varas de diferentes dimensões até material para serração, obriga à definição de modelos de silvicultura que consigam dar resposta a esta variedade de produtos, todos eles possíveis de obter da exploração de povoamentos de regeneração natural de pinheiro-bravo.

Esta dissertação, intitulada: “Gestão Florestal de Regeneração de Natural em Pinhal-bravo, no Baldio de Paradança (Distrito Vila Real)”, tem como objetivo geral a elaboração de propostas de condução de povoamentos de pinheiro-bravo com origem em regeneração natural, tendo em vista os diferentes aproveitamentos do material lenhoso e não lenhoso por eles produzido (biomassa, postes, varas, resinagem e madeira). A área de estudo a que se refere a dissertação, abrange um projeto aprovado pelo PDR2020, à Medida 8.1.5 - Melhoria da Resiliência e do Valor Ambiental das Florestas, localizando-se nos Baldios de Paradança, Ponte de Olo e Carrazedo, concelho de Mondim de Basto, distrito de Vila Real (Gomes, 2019).

Como objetivos específicos, este trabalho pretende avaliar e simular o crescimento dos referidos povoamentos bem como quantificar a produção esperada do pinheiro-bravo atendendo a diferentes orientações silvícolas de regulação de densidade, em povoamentos jovens, com densidades variáveis (baixa, média, alta e muito alta). As previsões serão realizadas com recurso ao simulador ModisPinaster (Fonseca, 2004; Fonseca *et al.*, 2012), usando como informação de entrada dados dendrométricos a recolher em parcelas de amostragem a instalar na área de estudo. Pretende-se ainda poder avaliar e comparar os resultados obtidos pelo modelo teórico com o modelo projetado no projeto PDR2020 e se necessário sugerir alguns ajustes tendo em vista a melhoria da produção esperada no projeto em causa.

## 2. CONDUÇÃO DE POVOAMENTOS FLORESTAIS

Um povoamento florestal é uma parte da floresta que se distingue da restante floresta pela sua estrutura e composição específica próprias de espécies arbóreas (Lamprecht, 1990), com um tamanho mínimo de 0,5 ha. A condução de povoamentos é o conjunto de todas as intervenções (tratamentos) silvo culturais realizadas no povoamento desde a sua instalação até à sua exploração efetiva.

As técnicas de silvicultura usadas no âmbito da condução dos povoamentos puros visam fundamentalmente gerir a concorrência intraespecífica em benefício das melhores árvores, nomeadamente, através da implementação de operações que resultam na eliminação das de qualidade inferior ou na intervenção direta sobre as árvores a conservar.

As operações de condução dos povoamentos florestais podem incidir sobre o meio (fertilização, gestão da vegetação espontânea, sacha e amontoa e gestão de resíduos florestais) ou sobre as árvores (rolagem, limpeza do povoamento, desbastes, desramação e poda de formação). Os trabalhos realizados neste período, mais ou menos longo consoante a espécie explorada, são realizados com o intuito de melhorar as capacidades produtivas do povoamento. Na condução dos povoamentos assumem particular importância o controlo da vegetação concorrente, especialmente nos climas mediterrânicos, de modo a criar discontinuidades que reduzam o risco de incêndio, as desramações, as podas, as limpezas e os desbastes (Gonçalves *et al.*, 2008).

### 2.1. Objetivos da condução dos povoamentos florestais

Gonçalves *et al.* (2008) consideram que a condução dos povoamentos é realizada com os seguintes objetivos:

- Melhorar o potencial produtivo florestal/lenhoso da madeira, por forma a obter uma madeira de melhor qualidade, melhorar o crescimento e desenvolvimento das árvores, diminuir a mortalidade e ao mesmo tempo utilizar o povoamento para a produção de outros produtos, como por exemplo, a produção de cogumelos;
- Melhorar a estação, uma condução florestal é adequada se não degradar as condições do meio;
- Aumentar o rendimento económico e melhorar os aspetos ecológicos;
- Conservar as espécies presentes no ecossistema;
- Adequar as espécies ao meio envolvente.

## **2.2. Operações envolvidas na condução dos povoamentos florestais**

As intervenções da condução dos povoamentos são práticas silvícolas que se fazem a seguir a uma plantação ou regeneração natural, sobre o conjunto das árvores. Quando se fala na condução de um povoamento, fala-se numa condução restrita ao coletivo (árvores).

As operações que normalmente envolvem a condução dos povoamentos juvenis são: a limpeza do povoamento e matos, o desbaste, a desramação (Gonçalves *et al.*, 2020).

### **2.2.1. Limpeza de povoamentos e matos**

A primeira operação é a limpeza. Esta fase é de grande importância, tendo por objetivo controlar a competição ao nível hídrico e de nutrientes e diminuir a carga de combustível, reduzindo o risco de incêndio (diminui a descontinuidade vertical e horizontal do povoamento, ação que dificulta a passagem do fogo no povoamento). É aplicada nas fases iniciais do desenvolvimento do povoamento, ou seja, quando os povoamentos são jovens. As diferentes técnicas de controlo de mato em povoamentos florestais devem ser adaptadas às características da estação e da espécie. As limpezas são indicadas em povoamentos jovens com o objetivo de reduzir a pressão de competição entre indivíduos, remover indivíduos malconformados e, nos povoamentos mistos, regular o grau e forma de mistura (Gonçalves *et al.*, 2008). Estes autores referem, que dado o seu custo e uma vez que normalmente produzem material de pequenas dimensões (normalmente, com reduzido valor comercial), podem tornar-se rentáveis se se destinarem à produção de biomassa para energia.

Esta operação pode ser efetuada por meios manuais e moto-manuais; mecânicos através de corta-matos, destroçadores e grades de disco, fogo controlado ou pastoreio. Pode ser utilizado um método ou a combinação de vários, permitindo jogar com as vantagens de cada um, e adaptando-os às características do povoamento e da estação (Gonçalves *et al.*, 2020).

Normalmente aquando da limpeza do povoamento faz-se uma separação em duas fases: a fase de instalação e a fase do crescimento propriamente dito, sendo depois as limpezas planeadas segundo a etapa de desenvolvimento em que se encontra o povoamento (Gonçalves *et al.*, 2008).

### 2.2.2. Desbastes

O conceito de desbaste, consiste na remoção das árvores finas, mortas, enfraquecidas, afetadas ou competidoras. Os desbastes são de vital importância na condução dos povoamentos, uma vez que estes irão interferir diretamente na maior ou menor qualidade da madeira e por conseguinte no seu rendimento económico aquando do corte final.

Os desbastes são realizados com o objetivo de regular a densidade do povoamento, melhorar as dimensões e o crescimento das árvores, melhorar o potencial produtivo florestal/lenhoso, melhorar a qualidade da estação, a conservação das espécies e aumentar o rendimento ecológico e os aspetos ecológicos do povoamento, aumentar a vitalidade e a estabilidade dos povoamentos, aumentar a rentabilidade financeira do povoamento e ajudar na regulação da composição e distribuição das árvores no povoamento, fornecendo às árvores restantes mais espaço, luz e nutrientes para o seu bom desenvolvimento. Ou seja, a realização de desbaste permite que a competição das árvores pela luz, humidade e nutrientes diminua, melhorando deste modo as suas condições de sobrevivência e crescimento e consequentemente, diminuem a mortalidade natural, favorecendo o crescimento e desenvolvimento da copa das árvores, bem como o crescimento dos rebentos dos ramos, raízes e folhas (Gonçalves *et al.*, 2008; Portugal *et al.*, 2003; Ribeiro *et al.*, 2002).

Para levar a cabo esta tarefa pode recorrer-se a diferentes técnicas de seleção dos indivíduos a manter no povoamento, que podem alternar ao longo do tempo de acordo com os objetivos definidos e o desenvolvimento do povoamento.

De um modo genérico, os desbastes agrupam-se em duas categorias: os desbastes mecânicos ou sistemáticos e os desbastes seletivos, podendo estes ser desbastes pelo baixo, pelo alto, pelo alto misto. Os cortes são feitos seletivamente, sendo as árvores a cortar previamente sinalizadas. Gonçalves *et al.* (2008) salientam, ainda, que a seleção do tipo de desbaste deverá ser efetuada em função das características do povoamento e das produções que se pretendem obter, podendo variar ao longo do tempo. Os desbastes estimulam o incremento no diâmetro e têm influência na qualidade da madeira.

Existem diversos tipos de desbastes (Figura 1), como por exemplo o **desbaste pelo baixo**, segundo o qual são retiradas as árvores que estão no estrato inferior, em posição social de “dominadas”, ou seja, as árvores de menores dimensões. No **desbaste pelo alto**, retiram-se as árvores dos estratos superiores que estão a competir com outras.

No **desbaste misto**, retiram-se num só desbaste árvores que sairiam nos dois desbastes apresentados anteriormente (Oliveira, 1984).

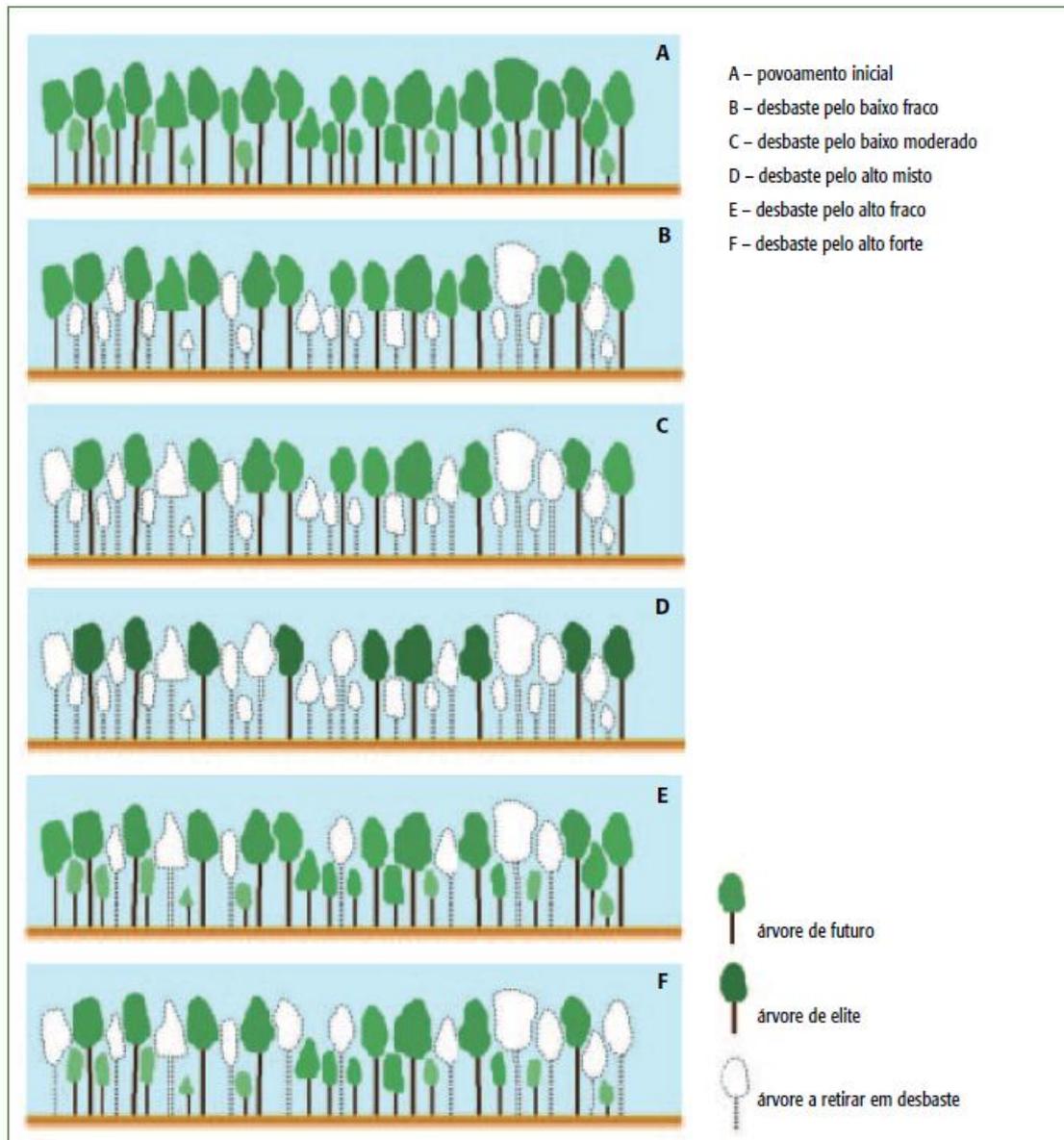


Figura 1 - Exemplos de desbaste pelo baixo e pelo alto, para vários graus de desbaste, e pelo alto misto (Oliveira, 1984)

Os desbastes a realizar são caracterizados por alguns parâmetros de intervenção, tais como: o tipo de desbaste; o peso, quantificado em número de árvores, área basal ou volume que se vai retirar; o grau, ou seja, a quantidade de árvores que vamos retirar em relação as árvores que já se encontravam no povoamento, podendo também aplicar-se a área basal ou a volume; a periodicidade e o regime aplicado.

Ribeiro *et al.* (2002) referem que os desbastes também têm efeitos no diâmetro das árvores, aumento da conicidade, diminuindo a percentagem de fuste aproveitável, no

crescimento em altura e retardam o desrame natural, visto que os ramos recebem mais luz e permanecem vivos por mais tempo. Influenciam ainda a altura média do povoamento, o diâmetro médio do povoamento, e a relação entre o volume médio das árvores desbastadas e o volume médio das árvores remanescentes. Dentro de um determinado intervalo de valores de grau de desbaste, os desbastes não alteram muito o volume total do povoamento, mas alteram o volume secundário e o volume principal. Para além destes efeitos produzem ainda efeitos ecológicos no povoamento quando os desbastes são fortes. De facto, as alterações podem manifestar-se através do aumento das temperaturas dentro do povoamento, do aumento da quantidade de água que chega ao solo e da redução da transpiração do povoamento. Mais água no solo e temperaturas mais altas melhoram as condições de vida dos (micro)organismos do solo, aceleram a decomposição da matéria orgânica, provocando o aparecimento rápido das infestantes, sobretudo, em povoamentos compostos por espécies heliófilas (de sol) - Figura 2.



Figura 2 - Povoamento jovem de pinheiro-bravo, após desbaste (Baldio de Paradaça)

Como principais vantagens dos desbastes, Ribeiro *et al.* (2002) salientam:

- Eliminar as árvores com defeitos (por exemplo: tortas, com ramos grossos, bifurcadas, com topo excêntrico, elíptico ou oval, árvores mortas, enfraquecidas e doentes) concentrando para o futuro, o crescimento do povoamento com árvores mais bem conformadas e sadias;

- Proteger as árvores com bom crescimento, com boa forma de fuste e apropriadas para permanecerem no povoamento até ao corte final;
- Do ponto de vista de melhoramento genético, permite remover as árvores inferiores deixando no povoamento árvores com características superiores, aumentando assim a produtividade média na rotação atual e a qualidade genética para as rotações subseqüentes;
- O corte das árvores de crescimento muito lento, melhora a percentagem de crescimento do resto do povoamento e concentra o incremento nas árvores das maiores classes de diâmetro;
- Facilita as atividades de manejo.

De acordo com Ribeiro *et al.* (2002) as principais desvantagens dos desbastes são:

- O aumento da vulnerabilidade das árvores do povoamento restante ao vento, e por consequência o aumento dos custos de investimento resultantes da queda das árvores;
- Aumento do investimento no povoamento, requerendo uma grande soma de receitas mais tarde para justificar a sua efetivação;
- Danos físicos nas árvores do povoamento em pé, compactação do solo e redução do crescimento das árvores do povoamento;
- Aumento da quantidade de material inflamável no chão e aumento do risco de incêndios;
- Diminuição da percentagem do tronco aproveitável.

No entanto existem mais desvantagens na aplicação de desbastes entre elas, o efeito da redução da qualidade da madeira, pois vai existir um aumento da quantidade de lenho juvenil e um aumento da conicidade do tronco. Ao aplicar o desbaste, desfavorece-se o crescimento em altura da árvore em detrimento do crescimento em diâmetro, levando a redução da qualidade da madeira.

### **2.2.3. Desramação**

A desramação (Figura 3) é a operação de corte ou perda natural de ramos vivos ou mortos, com os objetivos de valorização da qualidade da madeira. Quando os ramos já estão na fase senescente, a sua remoção aumenta o crescimento das arvores, já que a sua capacidade fotossintética é normalmente inferior à sua taxa de respiração, ou seja,

o consumo de açúcares (respiração) é superior à sua produção (fotossíntese). A desramação permite o fomento da descontinuidade vertical de combustível ou da salvaguarda das condições de segurança de infraestruturas de transporte, incluindo cabos elétricos ou de comunicações. A desramação evita a nodosidade na madeira, produz madeira limpa e mais valiosa, facilita o combate e o controle de incêndios florestais e facilita o acesso e a execução de trabalhos de manuseamento (Seitz, 1995).



Figura 3 - Exemplo de uma desramação em pinheiro-bravo, em pinhal com abertura de faixas (Baldio de Paradança)

A desramação pode ser de dois tipos: desramação natural ou desramação artificial. Em povoamento mais jovens, com compassos de instalação apertados (elevadas densidades) pode ocorrer a desramação natural.

A desramação tem por objetivo conduzir a forma do fuste, sendo a promoção da desramação natural (perda de ramos mortos de forma natural quer através de características genéticas da própria árvore quer pela influência da densidade do povoamento), pelo ensombramento do fuste, a forma mais económica de a fazer. No caso de uma espécie florestal que não desrame naturalmente, a desramação artificial é um processo importante na condução da árvore, pois previne a formação dos chamados nós mortos que desvalorizam a madeira e diminuem o tempo necessário para atingir o diâmetro ideal para o corte final (Gonçalves *et al.*, 2008).

No entanto, dado os elevados custos da operação e o material produzido na operação ter reduzido valor comercial, a desramação artificial deve, normalmente, incidir

nos indivíduos com melhores características produtivas, ou seja, aqueles que irão permanecer até ao termo de explorabilidade. A mecanização destas operações, pelos seus custos mais reduzidos, permite efetuar a operação em todas as árvores, especialmente em povoamentos jovens e/ou de baixas densidades (Gonçalves *et al.*, 2008; Timbal *et al.*, 1994; Alves, 1988).

Consoante as espécies florestais, as condições de crescimento e a finalidade do material a produzir, definir-se-á a intensidade de desramação, que depende do número e natureza das árvores a desramar, da sua idade e dimensões, da altura do tronco até onde é feita e da sua periodicidade - Figura 4 (SRAFDRRF, 2020).

A desramação deve ser feita nos andares das árvores cujo fuste tenha diâmetros até 25 cm, dependendo do diâmetro aquando do corte final, e em ramos com diâmetros na base inferiores a três centímetros. Para maximizar o lenho limpo, o diâmetro da base do troço que se vai desramar não deve ser superior ao diâmetro da base do troço anteriormente desramado. O corte de ramos deve ser feito o mais junto possível ao tronco, sem ferir a casca (SRAFDRRF, 2020).

A desramação ou a poda realiza-se sem exceder a altura do terço inferior da árvore, não reduzindo a copa para comprimentos inferiores a 75% do seu comprimento inicial. A altura a desramar ou podar deverá ser dos quatro a nove metros (SRAFDRRF, 2020).



Figura 4 - Exemplo de um povoamento de pinheiro-bravo com desrama (Baldio de Paradança)

A época da realização da desramação, depende de um conjunto de fatores, tais como a qualidade do local (um dos fatores mais importantes) e os objetivos da produção. Em locais de boa qualidade do solo o desrame é feito mais cedo porque o crescimento é relativamente mais rápido do que em sítios pobres em nutrientes. Normalmente o momento da desramação tem como base o diâmetro do fuste à altura do peito ( $d$ , medido a 1,3 m), diâmetro da base dos ramos e altura das árvores. De acordo com Loureiro (1991) o diâmetro das árvores ( $d$ ) situa-se entre 10 e 25 cm. Segundo este mesmo autor se a referência for o diâmetro dos ramos, a desramação deve ser realizada quando os ramos da base tiverem diâmetros entre dois e três centímetros, para evitar a formação de bolsas de resina e prejudicar a formação de madeira de boa qualidade.

No que concerne à altura até à qual a árvore deve ser desramada, o valor é muito variável, embora normalmente tenha por base a proporção de copa verde e a altura das árvores. Lamprecht (1990) refere que uma vez conhecida a altura das árvores, deve desramar-se 40% da altura dominante. Contudo, Ribeiro *et al.* (2002) destacam que a definição da altura do desrame com base nesta variável biométrica, leva a um tratamento desigual das árvores do povoamento, sobrestimando a altura de algumas árvores e como tal essas terão uma maior redução relativa de copa, afetando negativamente o seu crescimento.

Já no que respeita ao número de árvores a serem desramadas, Ribeiro *et al.* (2002) referem que este depende da densidade do povoamento, do regime de desbastes, do número de árvores no corte final e da qualidade das árvores e dos riscos (ventos, pragas, temperatura extremas). Estes mesmos autores salientam que devem ser tomadas em consideração a posição sociológica, a qualidade do tronco, a qualidade da copa, o diâmetro dos ramos e a sanidade das árvores.

Por último, relativamente ao equipamento pode referir-se que a desrama pode ser feita manualmente (até uma altura de 5 - 6 m empregando diversos tipos de serras curvas em função da altura e diâmetro dos ramos) ou através de maquinaria (usam-se máquinas, que podem subir ao longo do tronco e desramar até 16 m de altura acima do solo) - Ribeiro *et al.* (2002).

### 3. CONDUÇÃO DO PINHEIRO-BRAVO

#### 3.1. Breve caracterização da *Pinus pinaster*

O pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Aiton) é uma das espécies florestais mais conhecidas em Portugal, sendo categorizada como uma das espécies autóctones mais representativa no nosso país sendo que um dos seus métodos de propagação é a regeneração natural. O pinheiro-bravo (Figura 5) é por natureza, uma espécie pioneira, e a própria estrutura das sementes (aladas) providencia a sua disseminação (Correia & Oliveira, 2003).

O pinheiro-bravo teve origem na Europa e encontra-se distribuído no norte da região mediterrânica, nas zonas atlânticas do sul de França, Espanha e Portugal (Silveira da Costa, 1985).



Figura 5 - Povoamento de pinheiro-bravo (Baldio de Paradaça)

A área de distribuição do pinheiro-bravo em Portugal continental (Figura 6) incide mais na faixa litoral que vai desde a bacia do Sado até ao rio Minho, estendendo-se para o interior nas regiões Norte e, principalmente, no centro, onde cresce até altitudes entre os 700 - 900 m (Fernandes, 2007).



Figura 6 - Área de distribuição de pinheiro-bravo em Portugal (Oliveira, 1999)

É uma árvore com caducidade persistente, altura compreendida entre os 25 - 30 m em média e que pode chegar até aos 40 m. As suas folhas (agulhas) de cor verde-vivo-brilhante, são agrupadas duas a duas, sendo frequentemente torcidas e espessas, tendo 18 - 25 cm (Silveira da Costa, 1985).

A estrutura reprodutiva, a pinha de 12 - 20 × 5 - 7 cm, aproximadamente simétrica na base, com apófises romboidais, carenadas e com umbigo proeminente; possui semente alada (penisco) de sete a oito milímetros com asa até 30 mm com cor castanho-brilhante em árvores adultas, indeiscentes durante alguns anos. A sua floração ocorre entre março e maio e a maturação dos frutos acontece no final do verão seguinte dando-se a queda do pinhão na primavera ou verão do terceiro ano (Loureiro, 1990).

O pinheiro-bravo dá-se no clima mediterrânico temperado. Esta espécie necessita de uma precipitação média anual superior a 300 mm, e no verão, superior a 75 mm. As temperaturas desejáveis para o seu bom desenvolvimento são no inverno entre 0 °C e 12 °C e no verão entre 15 °C e 26 °C (Centro Pinus, 1999), suporta mal os frios intensos e prolongados e a neve. Os melhores povoamentos encontram-se a altitudes baixas (até 400 metros). A partir dos 800 metros de altitude, desenvolvem-se mal devido ao vento e à neve, apresentando copas deformadas, ou mesmo partidas. Outro fator, que impossibilita a presença desta espécie em altitudes superiores aos 800 m é a pressão de CO<sub>2</sub>. A

periderme das agulhas do pinheiro-bravo é muito espessa, ou seja, não é possível a entrada de CO<sub>2</sub>, o que vai levar a que a pressão atmosférica seja baixa, não existindo pressão atmosférica suficiente não vai ocorrer respiração, não ocorrendo assim fotossíntese, estando assim condicionado o crescimento do pinheiro-bravo em altitude.

O pinheiro-bravo precisa muito de luz e não tolera o ensombramento, à exceção dos primeiros meses que se seguem à germinação, em que dispensa a luz solar forte e direta (Centro Pinus, 1999).

É uma espécie que resiste bem a solos pobres de texturas ligeiras, de preferência siliciosos. Em contrapartida, tolera mal o encharcamento permanente do solo e as texturas pesadas (Centro Pinus, 1999). De facto, prefere solos siliciosos ou silicoargilosos, no entanto, desenvolve-se e resiste bem em solos pobres de texturas ligeiras. O pinheiro-bravo mostra uma nítida preferência por solos permeáveis, onde o sistema radicular superficial se desenvolve melhor. Toleram mal a compactação do solo, solos hidromórficos e de texturas pesadas, bem como solos com calcário ativo (Fernandes, 2007).

Apesar de poder atingir os 200 anos de vida, o pinheiro-bravo não costuma ultrapassar os 80 a 100 anos. As revoluções mais frequentes oscilam entre os 40/50 anos no pinhal privado e os 60/70 anos na região de Leiria (Centro Pinus, 1999).

A sua propagação é feita com muita facilidade através de regeneração natural, porém uma grande parte dos povoamentos é obtido por regeneração artificial (Mendes, 2017).

### **3.2. Regeneração natural**

De acordo com o UN-ECE/FAO (1999), entende-se regeneração natural como o restabelecimento de um povoamento florestal através de meios naturais, como por exemplo regeneração vegetativa ou sementeira natural. Pode, no entanto, ter assistência por parte do ser humano, através de técnicas interventivas mais passivas, como escarificação ou construção de vedações, que impedem a destruição da nova vegetação por parte de animais selvagens e/ou domésticos.

Como já referido, o pinheiro-bravo está associado à regeneração natural (Figura 7), pois é uma espécie pioneira, com sementes aladas (peniscos) abundantes, embora de dispersão a curta distância por ação do vento. O aproveitamento da regeneração natural, em comparação com a regeneração artificial (sementeira / plantação), está associado a menores custos de instalação do povoamento e a maior garantia de adaptação das

plantas à estação. Também é expectável uma potencial valorização económica antecipada pelo aproveitamento das árvores para a produção de postes e varas (Soares *et al.*, 2020).



Figura 7 - Regeneração natural de pinheiro-bravo (Baldio de Paradaça)

O sucesso da regeneração natural depende das características da estação e o povoamento a regenerar: solos minerais ou com folhada não excessivamente espessa; ausência de vegetação infestante e de acentuada secura estival; o povoamento deve estar em condições de produzir sementes em quantidade e qualidade e proporcionar iluminação suficiente para a germinação das plantas (Correia & Oliveira, 2003).

Atualmente o desenvolvimento da regeneração natural de pinheiro-bravo apresenta algumas ameaças e problemas associados, entre eles pode-se encontrar as alterações climáticas, as pragas e doenças, os fogos florestais e a erosão.

#### **3.2.1. Alterações climáticas**

O IPMA (2020) define como alteração climática, a existência de uma variação estatisticamente significava, tanto no estado médio do clima, como na sua variabilidade, persistindo por um período extenso. As alterações climáticas podem surgir através de

processos naturais internos do sistema climático quer através de forças externas, ou ainda através de atividades humanas permanentes com influência na composição atmosférica.

As alterações climáticas são fenómenos naturais que ocorrem desde a formação da Terra, sendo que estas são uma das maiores ameaças ambientais do século XXI, com consequências profundas e transversais a várias áreas da sociedade: económica, social e ambiental.

O objetivo a longo prazo da Convenção-Quadro das Nações Unidas relativa às Alterações Climáticas (CQNUAC) é a estabilização das concentrações de gases com efeito de estufa (GEE) na atmosfera a um nível que evite uma interferência antropogénica perigosa no sistema climático. Para atingir esse objetivo, a temperatura global anual média da superfície terrestre não deverá ultrapassar 2° C em relação aos níveis pré-industriais. Existem duas linhas de atuação em relação às alterações: a mitigação e adaptação. A mitigação consiste num processo que tem por objetivo a redução da emissão de GEE para a atmosfera, já a adaptação é o processo que procura minimizar os efeitos negativos dos impactos das alterações climáticas nos sistemas biofísicos e socioeconómicos (APA, 2020).

A influência do Homem no clima do Planeta Terra está a tornar-se cada vez mais evidente, sendo exemplo disto o aquecimento global. Segundo Lindner *et al.* (2010) a temperatura média global aumentou 0,8 °C desde 1900. As alterações climáticas têm sido identificadas como uma das maiores ameaças ambientais, sociais e económicas que o planeta e a humanidade têm de enfrentar na atualidade. As variações dos padrões de precipitação e temperatura, vão provocar consequências graves no desenvolvimento do sector agroflorestal. Existirá um aumento dos riscos, nomeadamente, o risco meteorológico de incêndios florestais que deverá sofrer um agravamento substancial, o que pode levar a redução da sustentabilidade de alguns sistemas naturais e florestais (AEA, 2010). Segundo a mesma fonte, as alterações climáticas vão trazer mudanças nos padrões de distribuição nos principais ecossistemas florestais, com a substituição nas regiões setentrionais dos pinhais, eucaliptais e carvalhais por espécies esclerófilas como o sobreiro e a azinheira e a redução, no Sul, das áreas hoje ocupadas por floresta (nomeadamente os montados), que serão substituídos por matos.

As florestas são sensíveis a fenómenos meteorológicos extremos, como tempestades, cheias, ondas de calor e secas severas e ao agravamento dos incêndios florestais, o que promoverá perdas de recursos económicos e naturais associados às

florestas, tais como a biodiversidade, o solo e os recursos hídricos, e dos custos sociais das alterações climáticas (AEA, 2010). A poluição atmosférica, é um dos efeitos introduzidos pelas alterações climáticas, estes efeitos afetam as florestas através das mudanças dos processos do solo, distribuição e composição de espécies, crescimento das árvores, aumento da suscetibilidade da planta ao stress, recursos hídricos, perigo de incêndio, o valor de recreação, entre outros (Bytnerowicz *et al.*, 2007).

Ao longo dos últimos tempos, têm vindo a ser apresentadas algumas estratégias de gestão para criar e tornar os ecossistemas florestais capazes de se adaptar a regimes de perturbação e às futuras condições climáticas. Graças às dúvidas na previsão de condições climáticas futuras, a generalidade das recomendações para esta adaptação sugere manter os elevados níveis de complexidade da composição e funcionalidade dos espaços para aumentar a capacidade de um ecossistema responder ou se adaptar às novas condições de mudança. A gestão florestal tem como componente central as estratégias regionais e globais para as alterações climáticas de atenuação e adaptação diante das alterações nas condições globais. O aumento da diversidade da composição em povoamentos florestais está a tornar-se um foco no paradigma da gestão florestal relacionada com a adaptação às alterações climáticas. Em particular, as diferenças de necessidades de recursos e características funcionais entre os tamanhos de árvore, idades e espécies podem conferir maior capacidade de adaptação e resiliência em resposta às flutuações climáticas.

De acordo com a sua larga distribuição geográfica, considera-se que o pinheiro-bravo consegue lidar com um extenso espectro de condições climáticas, barométricas e edáficas. No entanto, as consequências das recentes alterações climáticas nas características do lenho desta espécie ainda não foram avaliadas integralmente.

Em Portugal, o pinheiro-bravo abrange cerca de 23% da área florestal nacional (ICNF, 2019a). Esta espécie apresenta uma elevada plasticidade quanto às condições climáticas em que sobrevive, encontrando-se distribuída praticamente por todo o país, com exceção do Alentejo interior. Neste sentido, e dada a sua importância é crucial estudar de que forma as alterações climáticas poderão interferir no regime de crescimento desta espécie e nas características da sua madeira.

### 3.2.2. Pragas e doenças

O conceito de fitossanidade, diz respeito à avaliação do estado sanitário das árvores. Em Portugal o regime fitossanitário está enquadrado no Decreto-Lei n.º 95/2011, de 8 de agosto. Neste decreto estão descritas as medidas de proteção fitossanitária destinadas a evitar a introdução e dispersão, no território português, de organismos prejudiciais ao ambiente, estando dependente da sua origem ou proveniência (ICNF, 2013).

Na Estratégia Nacional para as Florestas uma das prioridades estabelecidas é a proteção dos povoamentos florestais contra as pragas. Sendo identificadas três grandes áreas de atuação: primeira, a redução da vulnerabilidade a pragas e doenças através da redução da superfície florestal em mau estado vegetativo; segunda, o aumento da capacidade de deteção de agentes bióticos nocivos e desenvolvimento de conhecimento sobre os mesmos, e por último, a eficaz adoção de medidas de controlo (ICNF, 2013).

Os problemas sanitários muitas vezes estão associados a perturbações que ocorrem nos ecossistemas florestais originando o desequilíbrio dos mesmos. Estes problemas são resultantes da ação de fatores bióticos, fatores abióticos ou do tipo de gestão florestal que tem vindo a ser implementada. Nos últimos tempos, tem se registado um aumento de novas pragas e doenças, sendo estas um dos maiores desafios para o gestor florestal. A ação destas e de outros fatores bióticos que causam a degradação podem ser, cada vez mais os responsáveis por grandes perdas de produtividade, podendo pôr em causa a própria existência de alguns destes sistemas (ICNF, 2013).

O aparecimento, estabelecimento e disseminação das pragas pode estar associado à presença de fatores de desequilíbrio, tais como: plantações extensivas e muito específicas ou instalação de plantações em locais pouco adequados. A distribuição a longas distâncias e instalação de pragas em novos locais pode realizar-se através da circulação de materiais florestais de reprodução (sementes, partes de plantas e plantas), de material lenhoso (madeira serrada e toros), embalagens de madeira, paletes e toda a madeira de apoio utilizada no transporte de mercadorias em diferentes meios de transporte (ICNF, 2013).

Os principais ataques ao pinheiro-bravo são provocados por insetos e fungos. São relativamente frequentes as podridões radiculares provocadas por armilária (*Armillaria mellea*) ou podridão agárica (*Armillaria ostoyae*), que se traduzem na seca dos ramos, desde as extremidades até a base, e na queda das agulhas. O *Fomes annosus*, provoca a

podridão do cerne junto à base do tronco, causando desvalorização da madeira e por fim a morte da árvore.

As principais pragas do pinheiro-bravo podem agrupar-se de acordo com o tipo de inseto que estão na sua origem: insetos desfolhadores ou insetos perfuradores. Relativamente ao primeiro destaca-se, a processionária do pinheiro (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.), com característicos ninhos brancos no Inverno, provoca fortes desfolhações, mas na maioria dos casos, não provoca a morte das árvores. Já ao nível dos insetos perfuradores temos por exemplo, a hilésina do pinheiro (*Tomicus piniperda* L.), bóstrego grande (*Ips sexdentatus* Boern.), o gorgulho grande (*Hylobius abietis* L.), gorgulho pequeno do pinheiro (*Pissodes notatus* Fabr.) e a torcedoura (*Rhyacionia buoliana* Schiff) que se manifestam pela destruição total ou parcial dos gomos de que se alimenta, provocando deformações do tronco.

O nemátodo da madeira de pinheiro (*Bursaphelenchus xylophilus*) é o agente responsável pela doença da murchidão dos pinheiros, e atualmente é o organismo com maior potencial destrutivo para a floresta de coníferas em Portugal. Apesar do nome, este agente ataca as coníferas em geral, mas com maior incidência na espécie *Pinus pinaster* (Biorede, 2005).

#### 3.2.3. Fogos

Portugal apresenta um clima tipicamente mediterrânico, caracterizado por invernos chuvosos e verões secos. Apresenta uma vegetação adaptada à secura do verão, com características xerófilas, sendo que o pinheiro-bravo se enquadra nesta tipologia de vegetação. Além disto, e segundo Moreira *et al.* (2001), o fogo apresenta uma considerável preferência para se propagar em áreas de pinhal, mostrando uma tendência inversa em zonas de folhosas e floresta mista. O género *Pinus* apresenta adaptações muito específicas ao longo da sua vida, muito graças as pressões causadas pela passagem natural do fogo em pinhais.

De acordo com o IFN6 (ICNF, 2019a), a recorrência de grandes incêndios é um dos principais fatores apontados para a diminuição da área de pinhal no nosso país. No território continental português, os incêndios das últimas décadas deixaram para trás uma vasta destruição do coberto florestal, que conseqüentemente alteraram a dinâmica da vegetação, com elevados impactos sociais, económicos e ecológicos.

Após um incêndio, o pinheiro-bravo possui várias formas de se regenerar naturalmente. Isto pode ocorrer através de sementes viáveis (de pinhas que não arderam), através do banco de sementes existente no solo, ou através de sementes provenientes de indivíduos adjacentes à área afetada (Peterson & Ryan, 1986). A regeneração natural, pode ser reduzida ou inexistente, caso a idade dos pinhais seja inferior a 15 - 20 anos, sendo que a sementeira artificial ou plantação de espécimes podem ser necessárias (Catry *et al.*, 2010). Caso se verifiquem condições ambientais menos propícias ao estabelecimento de novos pinheiros, poderá ser importante proceder aos métodos referidos anteriormente. Nesta situação, a presença de uma camada de folhada acumulada pode favorecer a regeneração natural, uma vez que esta pode funcionar como proteção contra a predação, o stress hídrico, as temperaturas extremas e a erosão.

A profundidade a que se encontra a semente no solo, as condições meteorológicas pós-fogo, a topografia e a severidade do fogo são fatores que afetam profundamente a regeneração natural, pois apresentam uma influência considerável na composição e estrutura da comunidade vegetal que conseqüentemente despontará após o incêndio (Castro *et al.*, 1990; Santos *et al.*, 2010; Miller *et al.*, 2009).

Tendo em conta o anteriormente referido, pode-se categorizar o tipo de resposta das plantas ao fogo em três estratégias: resiliência, resistência e evasão. A primeira estratégia consiste essencialmente na capacidade de "rebentação" vegetativa, sendo que o género *Pinus* não se mostra muito apto neste aspeto, quando comparado com outros (Agee, 1998). A resistência ao fogo revela-se intimamente ligada à maturidade e estabilidade das espécies vegetais (Landers, 1991). O tamanho da árvore afeta a sobrevivência individual, pois interfere no isolamento do câmbio e na quantidade de tecido fotossintético que está sujeito às altas temperaturas. Por norma, este tipo de tecidos morre por volta dos 60°C (Byram, 1958). Os pinheiros, tendo uma casca relativamente grossa, possuem uma vantagem considerável em relação a outras espécies em que o fogo atinge muito mais rapidamente o tecido vivo (Hengst & Dawson, 1994). Por fim, a estratégia de evasão está fortemente ligada à deiscência térmica em que, por ação do calor, ocorre a dispersão das sementes. As pinhas, quando fechadas, são extremamente sensíveis às altas temperaturas e acabam por dispersar as sementes, aumentando o banco destas no solo, após a passagem do fogo (Pausas, 1999).

### 3.2.4. Erosão

O solo é considerado um bem a proteger e a conservar, devido ao facto de este ser um fator importante para o desenvolvimento e crescimento da vegetação, neste caso da floresta (Gomes, 2015). No entanto, este enfrenta diversos riscos, entre eles a erosão do solo, classificado como risco misto, que é considerado uma das principais ameaças a que se encontram expostos os solos na Europa (Julião *et al.* 2009; AEA, 2002).

E o solo português não é exceção, este encontra-se severamente ameaçado por diversas manifestações de degradação de solos, das quais se destaca a erosão hídrica laminar, por sulcos e por ravinas). Sendo a erosão do solo um processo sequencial que resulta do destacamento e transporte de partículas do solo, por agentes erosivos (água e vento), este leva a uma diminuição da espessura do solo e conseqüentemente à perda da sua fertilidade (Imenson & Curfs, 2005).

De acordo com a Carta de Suscetibilidade à Desertificação dos Solos em Portugal Continental, para o ano de 2011 (ESA, 2011), e com base nos indicadores aí utilizados, concluiu-se que cerca de 33% dos solos encontram-se degradado. (Figura 8).

Existem diversos fatores intervenientes na erosão hídrica do solo, sendo eles o fator de erosividade da precipitação (fator R), o fator de erodibilidade do solo (Fator K), o fator topográfico (Fator LS), que exprime a importância conjugada do comprimento da encosta (L) e do seu declive (S), o fator antrópico ou prática de conservação do solo (Fator P) e por último o fator de cobertura do solo (Fator C). Todos estes fatores juntos, exprimem a Equação Universal de Pedra de Solo (EUPS), que nos dá a quantificação de erosão potencial do solo (A) por ano de uma dada área (Wischmeier & Smith, 1978).

$$A = R \times K \times LS \times P \times C$$

Os valores apresentados por Guerra *et al.* (2012), para a espécie de *Pinus pinaster*, no que toca aos fatores P e C, são 1 e 0,050, respetivamente. No entanto, não podemos esquecer dos outros fatores intervenientes na erosão, que conjuntamente influenciam a quantidade de solo erodido, fatores naturais, fator R, K e LS.

Porém, apesar dos valores apresentados por Guerra *et al.* (2012), para os fatores antrópicos, não se pode deixar de referir que com uma manutenção adequada do coberto vegetal maximiza a infiltração e minimiza a erosão hídrica (APFC, 2016), uma vez que solos nus ou com pouca vegetação são os solos mais expostos a erosão.

Em suma, o papel do coberto florestal tem sido apontado cada vez mais como um fator determinante na prevenção da erosão do solo, uma vez que este aumenta a resistência do solo ao impacto das gotas da chuva, diminuindo o escoamento superficial, aumentando a rugosidade hidráulica e a infiltração de água no solo. Por outro lado, o sistema radicular permite ainda um aumento da estabilidade dos agregados do solo (Martins, 2016).

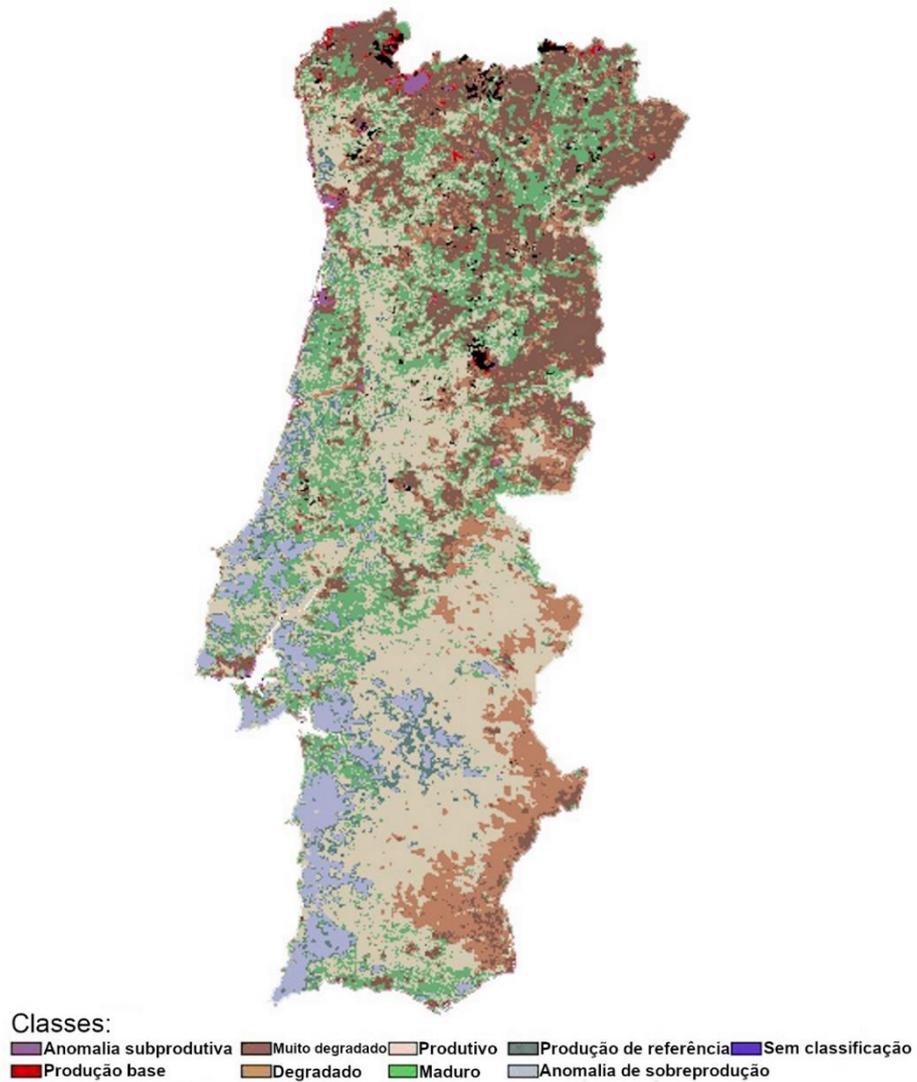


Figura 8 - Degradação dos solos em Portugal (ESA, 2011)

### 3.3. Modelos silvícolas

Os modelos de silvicultura são uma ferramenta essencial na otimização do potencial produtivo dos povoamentos. Eles têm como função indicar a sequência de intervenções silvícolas a efetuar na unidade de gestão florestal, ao longo de um período, de modo a garantir que os objetivos pré-estabelecidos sejam cumpridos. A sua seleção deve ser feita de acordo com as características edafoclimáticas do local e das características ecológico-culturais das espécies, bem como dos objetivos dos povoamentos em questão, como por exemplo os referidos na Tabela 1 (Gonçalves *et al.*, 2008).

Os modelos de silvicultura à escala do ordenamento florestal, incidem na definição de estratégias que tenham em consideração a aptidão da espécie e os produtos e serviços que estas possam vir a desenvolver (Gonçalves *et al.*, 2008). Os modelos de silvicultura devem ser adaptados a cada situação. Desta forma não existem modelos específicos que definam exatamente o que se deve efetuar no tempo e a hierarquização das técnicas a usar. Devido a isso têm sido propostas orientações gerais que permitem a sua adaptação para a situação em particular.

O pinheiro-bravo é explorado essencialmente em povoamentos puros regulares. A regeneração natural é bastante nos povoamentos desta espécie, sendo que o aproveitamento da regeneração natural, tem sido um método de repovoamento, bastante utilizado nos últimos tempos.

Sendo uma espécie predominante na floresta portuguesa a indústria adaptou-se a maximizar a sua utilização havendo um destino/utilização para quase todas as características de toros (Tabela 1).

Em função dessa utilização final, o silvicultor pode adaptar o modelo de silvicultura ao resultado que pretende atingir durante ou no final da exploração do povoamento.

Para a espécie pinheiro-bravo é comum aplicarem-se quatro tipos de intervenção cultural: a limpeza de matos, a desramação, os desbastes e o corte final, este último no caso de se planear um corte raso no povoamento (Oliveira, 1999).

As limpezas intraespecíficas realizam-se em povoamentos de regeneração natural ou sementeira, ou em plantações com densidades elevadas. A baixa área foliar da maioria dos povoamentos favorece o desenvolvimento da vegetação espontânea, a qual contribui para a alta suscetibilidade destes povoamentos para fogos florestais. Em plantações pouco densas é indispensável realizar limpezas de mato, duas a três vezes, nos primeiros 10 anos

de vida do povoamento. Em povoamentos pouco densos, sendo exemplo as plantações, o pinheiro-bravo tem algumas dificuldades a fazer a desrama naturalmente, sendo necessário recorrer a desramações artificiais, geralmente duas. A primeira ocorre entre os cinco e os sete metros de altura, desramando-se todas as árvores até a altura de dois m. A segunda ocorrerá aos 10 m de altura dominante, desramando-se até três a quatro metros de altura, escolhendo as melhores 300 - 500 árvores do povoamento (Oliveira, 1999; ICNF, 2018).

Tabela 1 - Objetivos de produção lenhosa (adaptado de Correia & Oliveira, 2003; Gonçalves, *et al.*, 2020, Carmo wood, 2020)

<b>Características dos toros</b>	<b>Destino/Utilização</b>
> 35 cm	Folhas de madeira
	Aplicações em carpintaria e marcenaria
20 a 35 cm	Serração
	Produção de tabuado
	Resinagem
14 a 20 cm	Serração
	Produção de paletes e caixotaria
7 a 14 cm	Trituração (aglomerados, pasta para papel)
	Tratamento* (varas, postes)
	Produção de painéis e papel
< 7 cm	Produção de energia e calor
	Lenha
*Tratamento	
3 a 10 cm	Varas Curtas
4 a 11 cm	Varas cumpridas
9 a 13 cm	Madeira de torno
11 a 16 cm	Postes

Normalmente realizam-se dois a três desbastes, espaçados com cinco a dez anos ou de acréscimos em altura na ordem dos dois metros. O primeiro desbaste deve ocorrer entre os 15 a 20 anos, em função da classe de qualidade da estação (Tabela 2). A sua execução no tempo certo é fundamental, pois as árvores podem perder a capacidade de resposta ao desbaste (Correia & Oliveira, 1999; Correia & Oliveira, 2003).

Tabela 2 - Orientações silvícolas para o pinheiro-bravo (Correia &amp; Oliveira, 1999)

Idade (anos)	Desbaste
15 - 20	1º desbaste- retirar 20% a 40% das árvores em pé. Identificação e desramação das árvores de futuro (AF)
25 - 30	2º desbaste- retirar 20% a 30% das árvores em pé
35 - 40	3º desbaste- retirar 20% a 30% das árvores em pé
40 - 45	corte final de 300 a 500 árvores

Dependendo do objetivo de produção do povoamento, podem-se obter diferentes produtos, já identificados na Tabela 1. Na Tabela 3, descreve-se um modelo silvícola apresentado pelo ICNF para o pinheiro-bravo, com vista a produção de lenho (Oliveira, 1999; Correia & Oliveira, 2003; ICNF, 2018).

Tabela 3 - Modelo silvícola para produção de lenho (ICNF, 2018)

Intervenção	Idade (anos)	Critério de aplicação
Instalação	0	Plantação a compassos apertados com plantas em contentor
Limpeza de mato	2 a 5	Quando a vegetação espontânea entra em concorrência direta com as plantas jovens
Eliminação de matos lenhosos	2 a 5	Quando o estrato arbustivo entra em contacto com a parte inferior da copa
Limpeza de povoamento	8 a 10	Povoamentos com densidade superior a 1500 árv/ha: usar critério seletivo, removendo árvores mortas, doentes e de pior qualidade (com forma deficiente); Povoamentos com densidade inferior a 1500 árv/ha: retirar apenas árvores mortas e doentes
Desramação	10 a 15	Desrama em árvores que atingirão o corte final. Só se desramam árvores com diâmetro (d) compreendido entre os 10 e os 15 cm. Não se devem cortar ramos com mais de 2 a 3 cm de diâmetro de base.
Desbastes	14 a 40	Desbaste seletivo pelo baixo. Realizar a operação quando houver contacto entre as copas das árvores (frequência de aproximadamente 10 anos)
Corte de realização/final	40 a 45	Corresponde ao termo de explorabilidade e à obtenção da receita principal do povoamento

O corte final pode-se realizar de diversas formas, podendo ser o corte único por manchas e corte único por faixas, usualmente usado em regiões de montanha. O corte

único em grandes superfícies ou também o corte raso com sementões que consiste em deixar no povoamento exemplares que apresente boas características e capacidades de promoverem a regeneração natural (Oliveira, 1999).

Um fator de extrema importância a ter em consideração, no planeamento das operações de gestão dos povoamentos é a estabilidade das árvores e do povoamento, de forma a impedir a ocorrência de danos associados a intempéries, que podem causar impactos e diminuição dos espaços florestais (ICNF, 2018). Sendo assim, para a espécie pinheiro-bravo são indicados valores de adelgaçamento, avaliado pelo quociente entre a altura da árvore e o diâmetro medido a 1,30 m, inferiores ao limite de 80, para o indivíduo independente, sendo que é abaixo deste valor que normalmente se obtém uma boa estabilidade ao efeito do vento (Cucchi & Bert, 2003). O valor crítico para as árvores dominantes, relativamente ao adelgaçamento, é de 54 (Fonseca, 2004).

Em relação à regulação da densidade e prescrição de desbastes, pode recorrer-se a índices de lotação ou a fatores de espaçamento, como por exemplo o Índice de Densidade do Povoamento (SDI) e o Fator de Wilson (Fw).

O SDI é um índice de lotação que permite, através das variáveis, média quadrática do diâmetro das árvores ( $dg$ ) e número de árvores por ha ( $N$ ), determinar em que situação de evolução e densidade é que o povoamento se encontra. Este índice tem por base a investigação realizada por Reineke (1933), acerca da linha de máxima densidade ou linha de auto-desbaste. O índice define o número de árvores por ha que o povoamento iria ter, para um diâmetro médio de referência de 25 cm, para calcular este índice utiliza-se a expressão seguinte:

$$SDI = N \left( \frac{dg}{25} \right)^b$$

Segundo Luís & Fonseca (2004), para a espécie do pinheiro-bravo a constante  $b$  é 1,897, sendo que esta constante varia de espécie para espécie. Para converter o índice num valor relativo utiliza-se a expressão  $SDI\% = 100 SDI / SDI_{max}$ . Os autores supracitados concluíram que para o pinheiro-bravo o SDI máximo é 1859. Este índice permite identificar o grau de ocupação de um povoamento

O SDI% tem um máximo teórico de 100%, situação em que o povoamento se apresenta sobrelotado, com ocorrência de auto-desbaste, ou seja, a morte dos indivíduos devido à competição pelo espaço. Na realidade, é de esperar que o auto-desbaste ocorra mais cedo, por volta de um índice próximo dos 60% (Luís & Fonseca, 2004). Entre os 35% e os 60% é considerado tratar-se de um intervalo de densidade ótimo, onde a

produção do povoamento atinge o seu máximo. Se o objetivo for maximizar a produção, o planeamento de desbastes com base no SDI deve ser efetuado de modo a que o povoamento se mantenha nesta amplitude de valores. Na Tabela 4 podem-se observar valores típicos de SDI, que permitem identificar valores críticos da evolução dos povoamentos.

Tabela 4 - Índice de densidade dos povoamentos (Long, 1985)

Valores críticos da evolução dos povoamentos	%SDI máximo
Máximo	100
Limite inferior de auto-desbaste	60
Limite inferior de ocupação completa da estação	35
Início da competição	25

O fator de Wilson ( $F_w$ ), apresentado por Wilson (1946), é um fator de espaçamento que assinala, consoante a altura dominante e o número de árvores no povoamento, o grau em que se encontra a densidade do mesmo, possibilitando a regulação dos desbastes a realizar (Alegria, 2004). O  $F_w$  é um índice de densidade independente da qualidade da estação e da idade.

$$F_w = \frac{a}{h_{dom}}, \quad \text{em que } a = 10000/N$$

Segundo Oliveira (1984), no caso de compassos irregulares, deve-se aplicar uma constante na fórmula, sendo calculada da seguinte forma:  $a = 10000/(0,933 N)$ .

De acordo com Oliveira (1999), o  $F_w$  pode apresentar valores que variam entre 0,11 - 0,28. Quanto menor for o valor de  $F_w$ , menor vai ser o espaçamento existente entre as árvores, fazendo com que a possibilidade de ocorrer mortalidade natural aumente, devido à competição, entre árvores, por recursos.

Este índice ajuda na tomada de decisões na aplicação do grau de desbaste, sendo que, para um valor pré-definido de  $F_w$ , é possível estimar o número de árvores que devem ser retiradas do povoamento para se obter um equilíbrio, entre a quantidade e qualidade.

Num estudo realizado por Fonseca e Duarte (2017), para o pinheiro-bravo, identificou-se que o índice de espaçamento ideal para povoamentos desta espécie, quando a regulação da densidade tenha como objetivo a redução de vegetação de sob coberto, é

de 0,21. Ao aplicar-se este fator de espaçamento é possível maximizar a produtividade do povoamento sem que ocorram prejuízos ao nível da competição, assegurando que exista um nível de mortalidade natural baixo.

Além dos modelos silvícolas e critérios de apoio à gestão da densidade e, pinheiro-bravo, já referidos, é apropriado referir os modelos silvícolas apresentados recentemente por Fonseca e Lousada (2020), para povoamentos provenientes de regeneração natural, com densidade muito elevada. No estudo realizado, os autores compararam os modelos de silvicultura clássicos, com novas orientações especificamente desenvolvidas para regeneração natural de pinheiro-bravo, e aproveitamento de material para fins energéticos. Os modelos propostos por Fonseca e Lousada (2020), estão reproduzidos em anexo, apresentando-se também em anexo, as características do povoamento ao longo da rotação, de acordo com os resultados das simulações realizadas pelos autores com o simulador ModisPinaster (Anexo 7 e Anexo 8).

### 3.4. Modelo ModisPinaster

O ModisPinaster é uma ferramenta de Apoio à Gestão Florestal Sustentável, que permite simular, através de equações matemáticas, o crescimento e a produção dos povoamentos de pinheiro-bravo, dando a liberdade de seleccionar os procedimentos alternativos para a execução de desbastes. Este modelo foi desenvolvido por Fonseca (2004), sendo posteriormente, em 2009, implementado na plataforma Capsis, onde pode ser consultado e utilizado de forma gratuita (<http://inra.fr/capsis>). Este simulador foi apresentado no âmbito do projeto COST FP0603 “*Forest models for research and decision support in sustainable forest management*”.

O modelo ModisPinaster possibilita a simulação de crescimentos num intervalo de tempo seleccionado pelo utilizador, bem como aplicar e prever os resultados de desbastes no povoamento, tendo por suporte um conjunto de modelos e algoritmos. Para uma análise mais concisa do modelo é indicada a consulta dos trabalhos de Fonseca (2004) e Fonseca *et al.* (2012), onde é feita uma descrição mais específica dos modelos e algoritmos incorporados no ModisPinaster.

A base de dados utilizada no desenvolvimento do modelo ModisPinaster, tem origem em parcelas de estudo, temporárias e permanentes, instaladas em povoamentos de pinheiro-bravo, que se encontram no Vale do Tâmega, Norte de Portugal. O ModisPinaster é constituído por 6 componentes, que se relacionam entre si (Figura 9):

1. Crescimento em altura dominante;
2. Crescimento em área basal;
3. Mortalidade de árvores;
4. Distribuição de diâmetro;
5. Algoritmo de desbastes;
6. Avaliação de volume, biomassa, carbono e energia por classe de diâmetros.

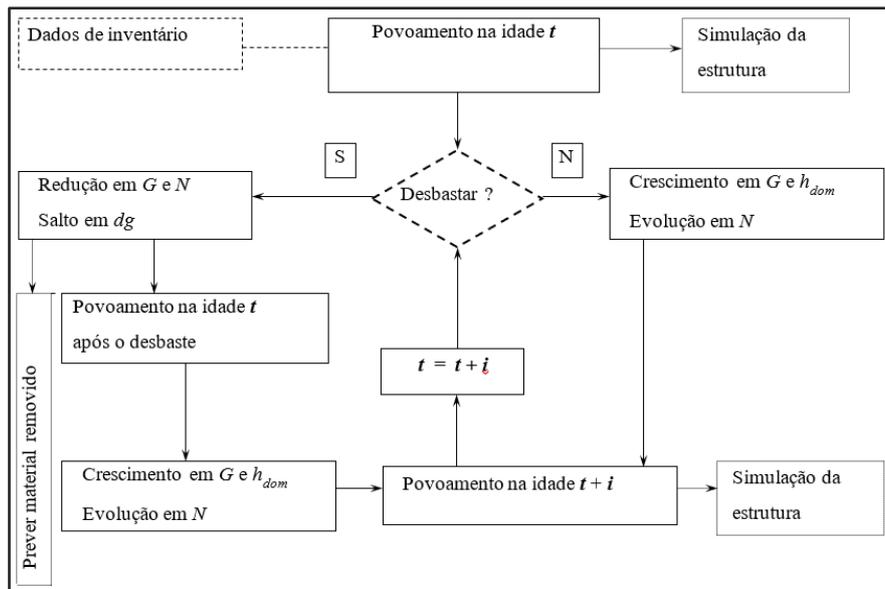


Figura 9 - Relação entre as componentes principais do modelo ModisPinaster (Fonseca, 2004)

Este sistema consiste numa entrada e saída de dados. Como *input* (Figura 10) tem-se um conjunto de variáveis acessíveis através de inventário florestal. Estas entendem-se como:

#### Variáveis do povoamento:

- Idade ( $t$ , anos)
- Altura média (m) das 100 árvores mais grossas por ha ( $h_{dom}$ , m) ou o índice de qualidade (SI, m, idade base - 35 anos)
- Área basal ( $G$ ,  $m^2/ha$ )
- Diâmetro médio das árvores dominantes ( $d_{dom}$ , cm)

#### Variáveis do terreno:

- Inclinação do terreno (Inc, °)
- Direção do terreno (Exp, °)

#### Natureza do povoamento:

- Especificada como variável qualitativa (homogénea ou heterogénea quanto à uniformidade da idade das árvores) ou por avaliação da distribuição do diâmetro em termos do número de classes (5 cm de amplitude)
- Desvio padrão dos diâmetros (sd, cm)

**Variáveis de condução (opcional):**

- Número de árvores cortadas recentemente (caso haja) (Nt, árv/ha).

**Detalhes históricos da mortalidade das árvores (opcional):**

- Presença ou ausência de árvores mortas (0/1)

Figura 10 - Dados de entrada do modelo ModisPinaster (ModisPinaster, 2020)

O ModisPinaster produz um *output* (Figura 11) focado nas características mais importantes dos povoamentos, ao nível de gestão, como, por exemplo, lotação, volume, biomassa ou carbono, desagregados por classes de diâmetro, e estabilidade, ao longo do período de simulação. Aconselha-se que este modelo seja apenas aplicado em povoamentos puros de pinheiro-bravo, tendo, ou não, sido alvo de desbastes, apresentando uma estrutura homogénea com distribuição horizontal ou uma distribuição irregular de diâmetro.

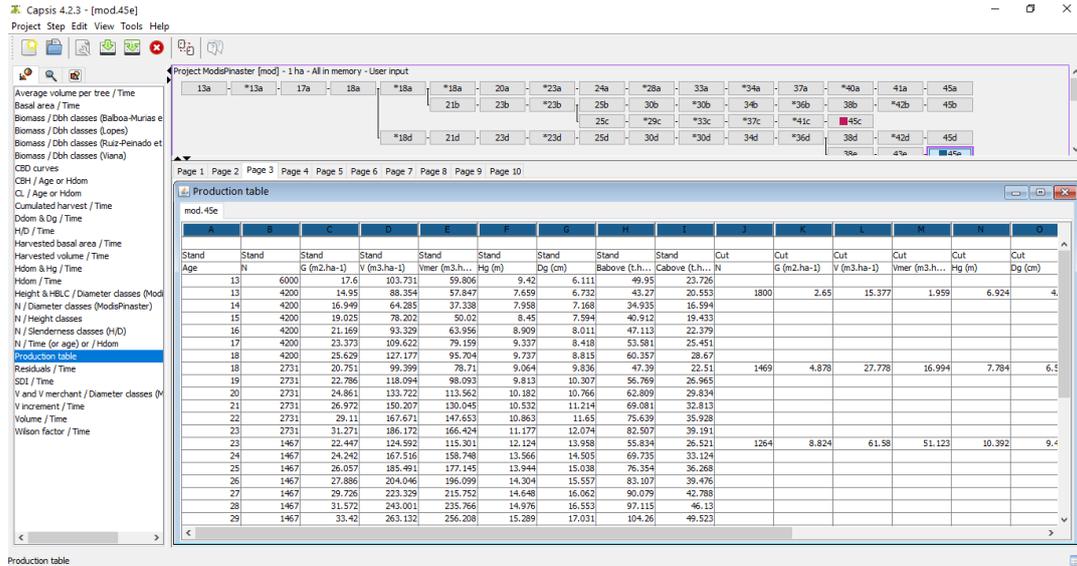


Figura 11 - Exemplo de um layout com dados de saída do modelo ModisPinaster (ModisPinaster, 2020)

Os resultados alcançados através das simulações do ModisPinaster são variáveis. Através da seleção de um período de evolução específico, por exemplo cinco anos, conseguem-se simulações do que irá acontecer com aquele povoamento durante esse período. A execução de intervenções pode ser sustentada na especificação do peso do desbaste, no número de árvores, ou nos fatores ou índices de espaçamento médio entre árvores, tais como o Índice de Densidade do Povoamento (“*Stand Density Index*”, SDI) ou no Fator de espaçamento de Wilson (Fw). As intervenções podem ser escolhidas pelo usuário do modelo, em momento (idade do povoamento) a definir pelo mesmo, ou sob a forma de gestão automática, definindo-se, para o efeito, *a priori*, limiares de Fw ou de SDI.

## 4. APROVEITAMENTO INDUSTRIAL DA MADEIRA DE PINHEIRO-BRAVO

A madeira é um material de origem biológica, formado por matéria heterogénea e anisotrópica elaborada por um ser vivo (árvore). É importante ter conhecimento das características e propriedades da madeira, de modo que a sua transformação seja feita de forma otimizada, para serem empregues as tecnologias mais adequadas e ser feito um uso racional desta matéria-prima de modo a obter o melhor produto final (Paterlini, 2011).

A madeira possui diversas propriedades, que a tornam mais atraente comparativamente a outros produtos que podem ter a mesma utilização. Entre estas propriedades pode-se apontar o baixo consumo de energia para o seu processamento, a alta resistência específica, as boas características do isolamento térmico e elétrico, sendo ainda um material com uma trabalhabilidade manual ou através de máquinas relativamente fácil. A característica que diferencia a madeira dos restantes materiais (por exemplo cimento ou ferro) é a sua renovabilidade (Zenid, 1997). De facto, a utilização da madeira, tem como aspeto positivo o seu ciclo de vida (Figura 12), uma vez que a madeira é um produto renovável e bastante adaptável havendo dentro do ciclo silvícola várias fases onde existe a possibilidade de se obter rendimento, sendo este influenciado essencialmente pelo diâmetro e pela forma da árvore.



Figura 12 - Ciclo de vida da madeira (Silva *et al.*, 2013)

O progressivo aumento da diversidade de produtos de madeira e respetivas utilizações contradizem a ideia de que a madeira é um material tradicional, desde sempre utilizado pelo Homem, apresentando um baixo nível de transformação tecnológico. Esta noção há muito que está ultrapassada devido ao aparecimento de novos materiais derivados de madeira, à disseminação de novos sistemas construtivos e ao desenvolvimento de regras de dimensionamento mais objetivas. Atualmente, existe uma multiplicidade de novos produtos de madeira processados, com características muito interessantes sob os pontos de vista da forma, dimensão, aspeto e sobretudo das características físicas e mecânicas. As técnicas de ligação sofreram igualmente uma evolução muito importante, traduzidas no desenvolvimento de colas de grande resistência e durabilidade e na evolução de ligadores que sustentam ligações mais eficientes (Cruz & Nunes, 1997).

### **4.1. Valorização dos produtos florestais**

O termo valor económico faz alusão a um valor monetário, ou estratégico de um determinado conjunto de elementos ou elemento em risco, cujo preço deverá corresponder ao custo de mercado da sua respetiva recuperação, sendo determinados o tipo de construção ou outros fatores que possam condicionar esse valor (Julião *et al.*, 2009).

Para definir o valor económico de uma floresta é preciso definir o valor da terra e o valor das reservas de madeira em produção nessas terras. É necessário ter em conta o preço de mercado da madeira, de uma parcela florestal, cujo valor económico está dependente de um distinto conjunto de fatores, tais como, a idade do povoamento, a sua localização e as condições de acesso, a composição de espécies arbóreas e a capacidade de produção dos solos. Definir o valor económico de uma floresta não é uma tarefa simples e nem sempre é possível alcançar um valor, pois os valores económicos em causa por vezes não possuem um preço de mercado (TCE, 2013; Mendes 2004).

A sustentabilidade das florestas passa pela valorização dos produtos florestais e dos seus serviços. A madeira de pinheiro-bravo apresenta uma grande capacidade de adaptação, versatilidade e produtividade. Estes fatores levaram a que a produção nacional de madeira desta espécie tenha um valor significativo no valor económico da floresta portuguesa. De acordo com o trabalho “A Fileira do Pinho em 2019 – Indicadores da fileira de pinho” editado pelo Centro Pinus (2020b), o mercado do pinho em Portugal, no

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

ano de 2019, representou cerca de 50% do VAB da fileira florestal, o que corresponde a 1 225 milhões de euros, apresentando um volume de negócios de 4 348 milhões. A fileira do pinho emprega cerca de 57 843 mil pessoas, mais 4% comparativamente ao ano de 2018. Em 2019, existiam 8 516 empresas relacionadas com a fileira do pinho. Ao nível das exportações, a fileira do pinho representou 36% das exportações de bens da indústria florestal (1 876 milhões de euros), a nível nacional esta fileira representou 3,1% de exportações de bens.

Esta fileira é extremamente importante nas regiões rurais menos desenvolvidas de Portugal, pois gera uma série de empregos para pessoas mais desfavorecidas. Nos últimos 20 anos tem-se verificado uma diminuição nas áreas de pinhal, existindo perdas de cerca de 29% da área total e 15% no volume. Estas perdas devem-se essencialmente a grandes incêndios que ocorrem nas áreas de baixa ou pouca gestão, o que acarreta consequências bastante acentuadas na indústria do pinho (Silva *et al.*, 2013).

Segundo Gonçalves *et al.*, (2020) os principais fatores qualitativos que determinam a valorização da madeira são a apresentação de um tronco direito e redondo, apresentar uma copa equilibrada, ter uma boa porção do tronco sem ramos. Os ramos devem ser finos e redondos, com grau de inserção o mais horizontal possível e a madeira não deve ter sinais ou sintomas de pragas e/ou doenças. O diâmetro do tronco e a sua forma são as características que mais influenciam o tipo de aproveitamento industrial potencial. Uma gestão adequada do pinhal permite que ao longo da sua vida seja possível ir retirando uma grande variedade de produtos com diferentes potencialidades de transformação, mas aptas para o mercado de forma que a rentabilidade do pinhal seja distribuída ao longo do seu ciclo produtivo (Figura 13).

Os mercados estão a tornar-se cada vez mais globais e o aumento da procura de produtos de madeira tem crescido significativamente nos últimos tempos, esperando-se que o crescimento continue a prosperar. A utilização de produtos de base florestal tem vindo a aumentar devido ao aumento da população mundial, da urbanização e da utilização crescente de produtos de madeira na construção civil. O aumento do comércio eletrónico, que está dependente de embalagens de cartão e o aumento das políticas públicas que promovem a economia circular, para a redução do uso de plásticos e de materiais não renováveis e fomentam a produção de energias a partir de fontes renováveis conduzem ao aumento da procura de madeira no mundo. Cada vez mais se assiste ao desenvolvimento de novos produtos a partir de material de base florestal (Gonçalves *et al.*, 2020).



Figura 13 - Principais utilizações do pinhal ao longo do ciclo produtivo (Gonçalves *et al.*, 2020)

O Sistema Simplificado de Cotações de Mercado dos Produtos Florestais (SIMeF), é uma plataforma online (<https://simef.icnf.pt/>) que permite aos utilizadores (associações e confederações) inserir dados acerca das cotações dos produtos florestais praticados na produção de madeira, resina, cortiça e pinhas (pinheiro-manso). Esta plataforma foi criada devido à falta de informação atualizada sobre as cotações de matérias-primas florestais, sendo que a pouca informação disponível não se encontrava devidamente organizada, sendo necessária à sua compilação. O SIMeF é importante no sistema de comercialização de produtos florestais, devido à transparência que o mesmo impõe em todas as transações (ICNF, 2019b).

Segundo o ICNF (2019b), O SIMeF, numa fase inicial, apenas estará disponível para cotações relacionadas com a madeira, resultantes da comercialização de madeira das áreas públicas que se encontrem sob gestão do ICNF e das áreas privadas. Mais tarde a plataforma será alargada para os restantes produtos florestais. A submissão da informação relativa aos produtos florestais ficará a cargo do ICNF e dos representantes do setor privado, designadamente as organizações dos produtores florestais e pelas associações empresariais do setor florestal. Através da plataforma consegue-se recolher dados referentes ao tipo de produto, a espécie em questão (classes do IFN6 e outras espécies importantes para a formação das cotações), a quantidade e Unidade, a localização geográfica da origem do produto, o preço de venda, o modo de fixação do preço (em pé/carregadouro/em pilha), a origem do corte (normal ou extraordinário), a natureza do corte (único ou salteado), o esquema de certificação (FSC, PEFC ou ambos) e o destino da madeira (serração, trituração, postes ou energia).

## 4.2. Mercados de produtos florestais

Segundo o Centro Pinus (2020b), o consumo de madeira em 2019 (Figura 14), ascendeu os 4,5 Mm<sup>3</sup>Sc, face a 2018 foram consumidos mais 276 mil Mm<sup>3</sup>Sc. O setor que consumiu mais madeira foi o da serração com 1,82 Mm<sup>3</sup>, o que correspondeu a menos 2%, comparativamente a 2018. O mercado da fileira do pinho, em 2019, apenas conseguiu disponibilizar 1,77 Mm<sup>3</sup>, levando a um défice de madeira de pinho, de cerca de 2,71 Mm<sup>3</sup>. Devido às tendências de evolução da floresta portuguesa, tem-se verificado que a madeira existente não é suficiente para abastecer as necessidades de toda a capacidade industrial instalada. Por esta razão, o investimento privado e público em áreas de pinhal é basilar para a sustentabilidade das atividades económicas que dependem deste.

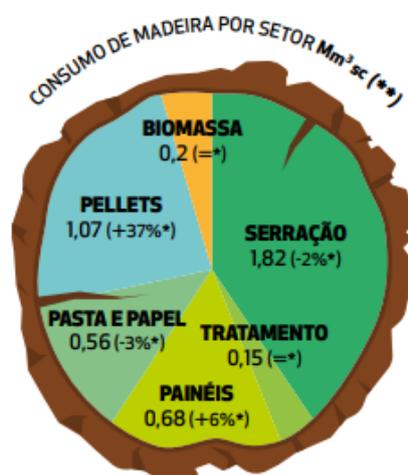


Figura 14 - Consumo de madeira por setor, em 2019 (Centro Pinus, 2020a)

\*Evolução face ao ano anterior \*\* Milhões de metros cúbicos sem casca

A indústria dos pellets consome fundamentalmente madeira de pinheiro-bravo, incluindo rolaria e subprodutos de serração. A biomassa florestal residual não é utilizada como matéria-prima para a produção de pellets, mas para a produção de calor numa fase do processo. Da produção nacional de pellets cerca de 80% destina-se a exportação (Centro Pinus, 2019a; Centro Pinus, 2019b).

A procura de madeira serrada para a utilização em construção tem aumentado, assim como a indústria de paletes, ambas impulsionadas pelo contexto macroeconómico favorável. Existem vários mercados que utilizam postes e varas à base de madeira de pinheiro-bravo, que têm estado em expansão, como a agricultura (vinha, pomares) e as telecomunicações. O setor dos painéis de madeira tem sido influenciado pelo setor da construção e pela utilização crescente de painéis em mobiliário à base de madeira, a

## 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

procura de painéis de madeira tem aumentado, quer a nível internacional, quer nacional. Como já referido, o aumento do comércio eletrónico está associado ao aumento da utilização de embalagens de cartão cujo papel utilizado na sua produção requer fibras longas, como as do pinheiro-bravo, que lhe confere uma maior resistência (Centro Pinus, 2019b).

De acordo com o Centro Pinus (2020b), em 2019 existiam 249 indústrias da área da serração, 22 indústrias da área do tratamento, pasta, papel e painéis e 38 indústrias na área da energia que consomem madeira de pinheiro-bravo (Figura 15).

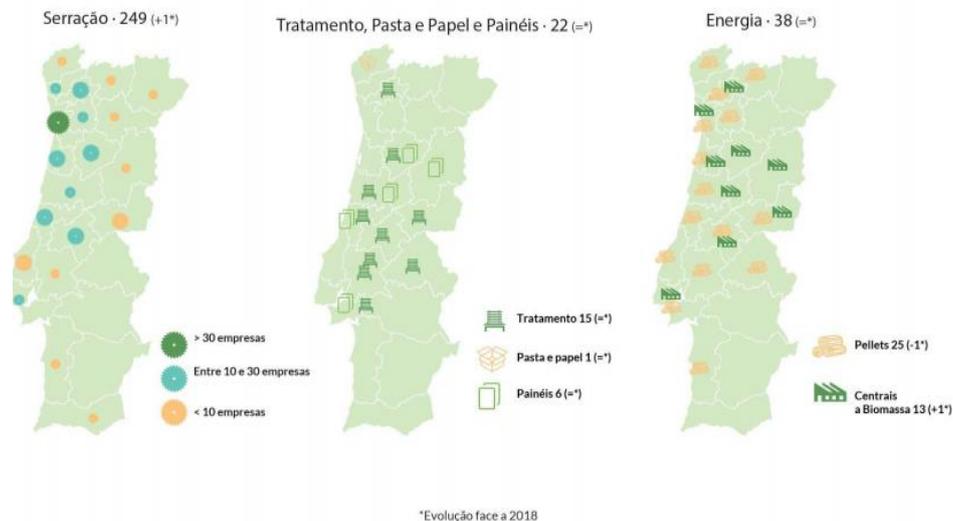


Figura 15 - Número e localização de indústrias consumidoras de madeira de pinheiro-bravo por subsetor (Centro Pinus, 2020b)

### 4.2.1. Biomassa florestal

A biomassa vegetal é a fonte de energia mais antiga, sendo uma peça essencial em variados processos, como criação de energia elétrica ou calor para variados fins, para processos de gaseificação, pirólise, combustão, fermentação, digestão anaeróbia, processos químicos, como a esterificação (Ferreira *et al.*, 2009). Sendo usada inicialmente para aquecimento e para a confeção de alimentos, e passando por ser um processo de geração de energia elétrica, a biomassa é uma fonte de energia muito importante nos dias de hoje, devido à sua história e às suas possibilidades de utilização.

De acordo com o Decreto-Lei nº 64/2017, de 12 de junho de 2017, a biomassa vegetal é um conjunto de produtos resultantes da atividade agroflorestal, dividindo-se em três componentes: biomassa agrícola, biomassa florestal residual e culturas energéticas.

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

A biomassa agrícola constitui a fração biodegradável de produtos e resíduos da agricultura, incluindo substâncias vegetais e animais, ou seja, sobrantes da cadeia de valor dos cereais, das vinhas, dos olivais e dos pomares, incluindo material proveniente de outras atividades agroalimentares e de explorações pecuárias, mas apenas quando provêm da preparação da matéria-prima.

No enquadramento florestal, a biomassa residual consiste na fração biodegradável dos produtos e dos desperdícios de atividade florestal, tais como, material resultante de operações de exploração florestal, operações de manutenção florestal, tais como: cepos, toças, material resultante de podas, desramações, material lenhoso resultante de controlo fitossanitário e controlo de invasoras, material resultante da defesa da floresta contra incêndios e o material resultante da atividade transformadora (serrim, casca, aparas, etc.).

As culturas energéticas, que se entendem por culturas florestais de rápido crescimento com corte a idades inferiores aos seis anos, e destinam-se para o consumo da produção de energia elétrica, biocombustível ou ser canalizado para as centrais térmicas.

Segundo Loução (2008), em termos industriais, a biomassa florestal é classificada em quatro produtos (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**):

- **Estilhado de Biomassa (EB):** Este tipo de denominação aplica-se a biomassa florestal estilhada, de forma homogénea com comprimento inferior a 10 cm e largura inferior a cinco centímetros, apresentando teores de humidade entre 20% - 55% e poder calorífico superior entre 4 200 - 4 700 kcal/kg.
- **Triturado de Biomassa (TB):** Esta designação aplica-se a biomassa florestal destrocada, normalmente por destrocador de martelos, de forma homogénea com comprimento inferior a 20 cm e largura inferior a 5 cm, com teores de humidade entre 20% - 55%.
- **Rolaria Fina (RF):** É a denominação dada a biomassa florestal resultante da exploração usualmente com diâmetros inferiores a 10 cm, podendo ter vestígios de fungos, fuligem ou carvão, não sendo admitidos ramos e folhas destacadas dos ramos ou bicadas.
- **Biomassa Florestal em Bruto (BFB):** Esta denominação aplica-se ao material originário de espaços florestais, composto por mato, ou árvores inteiras, ou cavacos de lenha, ou bicadas, ou ramos, ou folhagem com ramagem, ou cascas,

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

ou cepos. A composição deve ser homogénea na dimensão e na mistura dos materiais que compõe a carga, a dimensão não tem restrições de comprimento, contudo, a largura não deve ser superior a 30 cm.

Classificar os produtos de biomassa, de acordo com as normas do Centro de Normalização Europeu (CEN) para biocombustíveis sólidos, é extremamente importante pois permite uma valoração monetária diferencial dos diversos produtos de biomassa. Na classificação dos produtos de biomassa tem-se em consideração as variáveis: a tipologia do produto; a granulometria; o teor em cinzas; a percentagem de humidade; o poder calorífico superior e inferior e a análise elementar (teor em K, Na, Ca). Na biomassa florestal, a granulometria (Figura 16), é uma variável que necessita de regulamentação e de avaliações criteriosas, pois a sua uniformização permitirá um aumento do rendimento de queima (Loução, 2008).

Segundo Singh *et al.* (2014), pode-se classificar a biomassa de três formas diferentes: biomassa primária, biomassa secundária e biomassa terciária.

De acordo com Enersilva (2007), biomassa primária compreende a queima direta de material lenhoso. A biomassa secundária refere-se ao material transformado, como etanol e outros biocombustíveis. Já a biomassa terciária é proveniente dos restantes das atividades animais e humanas. Variados tipos de óleos e gorduras, restos de embalagens, e até alguns materiais de construção.

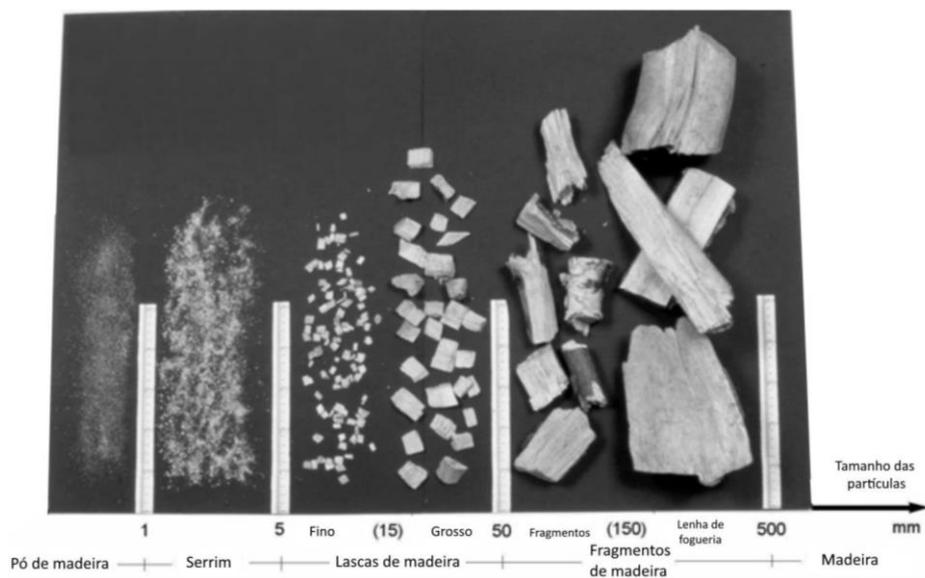


Figura 16 -Tipo de produtos de biomassa segundo classes de tamanho (adaptado de Loução, 2008)

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

Ao longo dos anos, tem-se verificado que, em Portugal, a produção de energia através de biomassa sofreu algumas oscilações, no entanto tem apresentado um padrão de crescimento, atingindo o pico no ano de 2019, e tendo como período mais fraco o ano de 2010 (Tabela 5). Outro ponto a observar é a região onde se produz mais energia através de biomassa. A zona centro do território continental é o local onde se produz mais energia com recurso à biomassa vegetal, atingindo o pico nos anos de 2014 e 2020, naturalmente associado à localização das próprias centrais (DGEG, 2019).

De acordo com EurObserv'ER (2018), em termos europeus, a produção de energia através de biomassa vegetal tem evoluído bastante, tendo sofrido um crescimento constante desde 2000.

Tabela 5 - Produção de energia por região, em termos de biomassa (DGEG, 2021)

	Produção por região (GWh)										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Portugal</b>	<b>2614</b>	<b>2924</b>	<b>2951</b>	<b>3052</b>	<b>3097</b>	<b>3104</b>	<b>3070</b>	<b>3220</b>	<b>3156</b>	<b>3363</b>	<b>3818</b>
Continente	2586	2898	2930	3031	3073	3077	3040	3177	3117	3320	3780
<i>Norte</i>	285	341	382	392	378	398	395	416	423	444	505
<i>Centro</i>	1663	1866	1881	1912	1960	1930	1911	1959	1935	2115	2408
<i>Lisboa</i>	633	684	645	704	707	723	706	778	736	732	834
<i>Alentejo</i>	0	3	11	11	15	12	12	10	7	9	10
<i>Algarve</i>	4	4	11	12	13	14	17	15	16	21	24
R.A. Açores	2	2	1	1	1	1	6	8	11	11	9
R.A. Madeira	26	24	19	18	22	26	24	35	26	30	29
Não especificado	0	0	0	1	1	0	0	1	2	2	0

Analisando a Figura 17, que diz respeito à produção e consumo de energia através de biomassa florestal primária na Europa, pode-se concluir que se consome mais energia do que aquela que se produz.

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

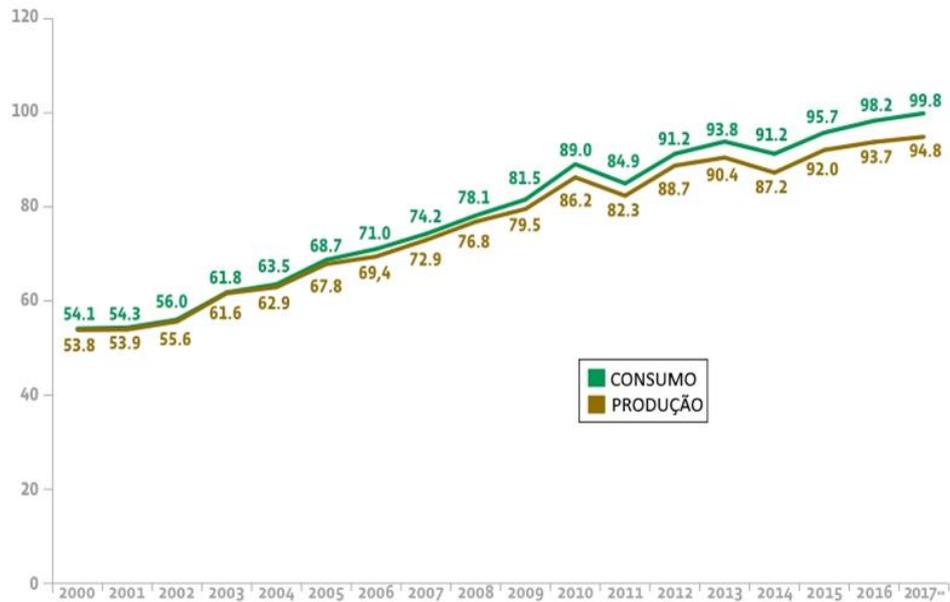


Figura 17 - Evolução da produção de energia através de biomassa na Europa, de 2000 até 2017  
(Adaptado de “Solid Biomass Barometer”, 2018)

Na Tabela 6, pode-se ler que, tal como seria de esperar, a zona centro é aquela que mais madeira fornece à indústria.

Tabela 6 - Existências de biomassa florestal primária em Portugal, zona norte e centro (adaptado de Enersilva, 2007)

Espécie	BFP (t mat. seca)	
	Região Norte	Região Centro
Matos (sub-coberto)	680 760	851 130
<i>Pinus pinaster</i>	1 039 467	1 633 760
<i>Eucalyptus spp.</i>	389 713	620 958
<i>Pinus pinea</i>	290	1 095
<i>Castanea sativa</i>	40 996	7 624
<i>Quercus suber</i>	8 821	11 557
<i>Quercus ilex</i>	8 433	13 133
Outros <i>Quercus</i>	73 313	69 608
<b>TOTAL</b>	<b>2 242 193</b>	<b>3 208 865</b>

### 4.2.2. Madeira tratada

Pode-se classificar a utilização da madeira maciça em duas grandes formas: madeira em rolo e madeira serrada. A madeira em rolo são as varas (Figura 18 e Figura 19) e os postes (Figura 20 e Figura 21). Estes são produtos de madeira mais simples, visto que são peças que apresentam um grau de processamento reduzido. Estes produtos têm origem em troncos de árvores limpos de ramos e pontas, cortados em dimensões padronizadas.



Figura 18 - Varas Torneadas (MTL, 2012)

Estes troncos são classificados em grupos, em função do diâmetro médio sem casca e do comprimento (Silva *et al.*, 2013), veja-se exemplo de classificação no Anexo 2. O tópico da madeira serrada será abordado no capítulo seguinte.



Figura 19 - Varas em tosco (MTL, 2012)

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

Os postes podem ser utilizados para criação de vedações, fins agrícolas, mobiliário de exteriores, contenções, tutores, retenção, paliçadas, pérgulas, degraus, etc. já as varas podem ser utilizadas na vinha, para a fruticultura, arboricultura, vedações e em jardins (MTL, 2012). Ou seja, a madeira em toro, segundo Silva *et al.* (2013) é indicada para ser aplicada em móveis de exterior (bancos e mesas); elementos de arquitetura urbana (postes telefónicos, por exemplo); jogos infantis, elementos desportivos, escadas ou ainda podem ser usados como pilares ou vigas, coberturas ou passadiços.



Figura 20 - Postes torneados (Carmo wood, 2020)

As peças de madeira em toro e as peças de madeira serrada, após serem produzidas, devem ser submetidas a um processo de secagem, que pode ser natural ou em estufa, de modo a obter a humidade adequada para o uso final que foram produzidas.



Figura 21 - Postes cónicos (Carmo Wood, 2020)

A presença de teores de humidade inapropriados estão na origem de defeitos graves da madeira em serviço. Se as peças produzidas forem para ser utilizadas em exteriores, então estas devem passar por um processo de tratamento mais ou menos profundo, que lhe confira proteção contra ataques de térmitas, insetos e fungos de putrefação. Apesar da madeira de pinho ser bastante suscetível à biodegradação, é uma madeira facilmente tratável e quando tratada convenientemente, adquire uma resistência no exterior bastante satisfatória. Se juntarmos a facilidade de uso e às suas qualidades estéticas, temos uma excelente alternativa ecológica (Silva *et al.*, 2013).

### 4.2.3. Madeira serrada

As pranchas, vigas, tábuas, caibros, são peças de madeira serrada, provenientes da transformação de segmentos de troncos de árvores em peças de secção quadrangular ou retangular, com dimensões variáveis de acordo com o objetivo do produto final pretendido. Dependendo da forma como o tronco é cortado (Figura 22 e Figura 23), as peças obtidas podem adquirir aspetos e características diferentes (Silva *et al.*, 2013)

O processo de serragem da madeira é realizado em serrações, que são indústrias com maquinaria e pessoal especializado para a realização deste trabalho.

Para a linha da construção, os toros devem apresentar 2,6 m de comprimento de forma a produzirem-se tábuas com 2,5 m de comprimento, com 0,2 m de largura e 0,025 m de espessura. Já os barrotes devem ter 2,5 m de comprimento, com 0,05 m de largura e 0,1 m de espessura (Knapic *et al.*, 2003).

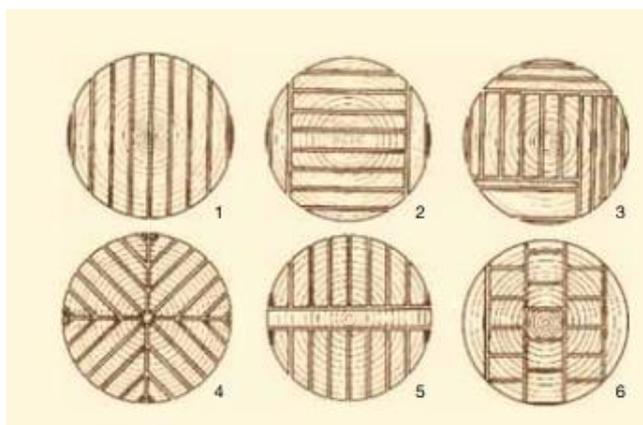


Figura 22 - Diferentes padrões de serragem de um tronco (Silva *et al.*, 2013)

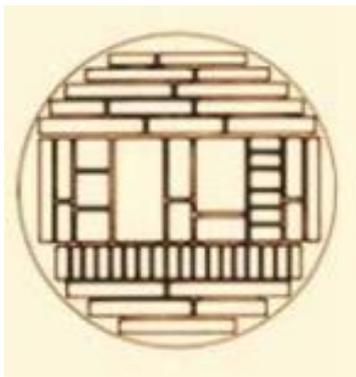


Figura 23 - Variedade de peças que podem ser retiradas de um tronco (Silva *et al.*, 2013)

A madeira de pinho é uma madeira facilmente trabalhada em carpintaria manual ou mecânica, devendo estar devidamente seca e não possua nós ou outros defeitos de grande extensão e quantidade. Este tipo de madeira apresenta boa aptidão à colagem, permite um bom acabamento e apresenta uma boa capacidade de recessão e segurança a pregos e parafusos. Os toros com diâmetros consideráveis e que não apresentem defeito, podem ser usados através de desenrolamento ou guilhotagem, folhas para contraplacados ou folheados (Knapic *et al.*, 2003).

A facilidade em trabalhar esta madeira também está relacionada com o facto de a densidade da madeira de pinho ser média, o que permite uma maior velocidade de corte sem que se danifique as serras, situação diferente, caso a serragem seja de madeiras de maior densidade. As lâminas da serra possuem normalmente dois lados distintos, um onde se situam os dentes, parte responsável pelo corte e outra parte lisa.

Às serras estão associados os charriots que transportam o tronco e o levam em direção à parte da serra onde se situam os dentes. Todos os desperdícios produzidos na serração de um tronco podem ser reutilizados, por exemplo por uma destroçadora, para a produção de estilha, para a indústria da pasta de papel (Knapic *et al.*, 2003).

À medida que o charriot se vai movendo, vai sendo realizado o corte no toro. Existem outros tipos de serras que podem realizar a serragem de madeiras, como as serras múltiplas de quadro, ou de disco, sendo estas, porém menos utilizadas.

Da serragem de um tronco podem resultar diversos tipos de produtos que tanto podem ser comercializados como produto final, podendo ser usados na construção civil, como cofragem, na realização de coberturas de casas, anexos, telheiros e tábuas para paletes e embalagens, sendo este o destino principal da madeira de pinho serrado em Portugal. Ou então podem ser uma matéria-prima para outros setores da atividade

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

madeira, como em carpintarias para a realização de mobiliário, empresas de laminados de madeira.

No uso direto da madeira de pinho em cofragem, utilizado pela construção civil temos três tipos principais de peças produzidas. São elas as tábuas de cofragem de dimensões  $0,025 \times 2,6$  m sendo as larguras variáveis consoante a forma e dimensão a dar à estrutura em betão a realizar. São também usados os caibros, de dimensões  $0,07 \times 0,07 \times 2,6$  m e meios fios com  $0,15 \times 0,7 \times 5,3$  m.

Na cobertura de casas, bem como na construção de anexos, telheiros, a madeira de pinho é também um material utilizado. Aqui a dimensão das peças produzidas varia muito, consoante as dimensões do espaço a cobrir. De uma forma geral na cobertura de casas e construção de anexos utilizam-se vigas, caibros, ripas e pilares, sendo estes últimos apenas usados nas construções de telheiros, fazendo a função de suporte da estrutura. As vigas possuem dimensão muitos variáveis, tendo de possuir secções com tamanho suficiente de forma a poder aguentar com a estrutura que terão de suportar. Estas dimensões variam também consoante o vão, comprimento da viga sem qualquer suporte, a que as vigas vão ser sujeitas. Por exemplo uma viga com um vão de cinco metros, tem de ter, por norma, uma secção superior a uma com um vão de três metros.

A serragem de madeira para o fabrico de paletes e embalagens para o transporte de mercadorias, é, como referido, o principal destino do pinho serrado que sai das serrações portuguesas (Silva *et al.*, 2013). Estas peças serradas conhecidas por tabuinha possuem comprimentos diversos, possuindo espessuras, por norma não superiores a 3 cm e larguras na ordem dos 10 cm. Estas peças formam depois os produtos já mencionados através da pregação das diferentes peças conforme as medidas estipuladas para o fabrico das paletes e embalagens.

Em Portugal a produção de madeira para serrar (Figura 24), é essencialmente constituída por madeira de pinheiro-bravo. Após um acentuado decréscimo a partir de 2001, tem vindo a ter produções anuais regulares, com tendência de aumento desde 2008. A matéria-prima das indústrias de serração, que abastecem a indústria de embalagens (paletes e caixas), de mobiliário e a construção, tem sido insuficiente. Isto tem vindo a acontecer devido a dificuldade de regeneração de alguns povoamentos, ao decréscimo de plantações e sobretudo devido aos incêndios de 2017. Em 2018, houve um acréscimo de madeira de serrar em volume de 2%, face ao ano anterior, devido aos cortes e remoções de madeira de pinheiro-bravo resultantes dos incêndios de 2017. Porém, o aumento da

oferta originou uma diminuição do preço, tendo-se registado um decréscimo em valor de -2,4% (INE, 2020).

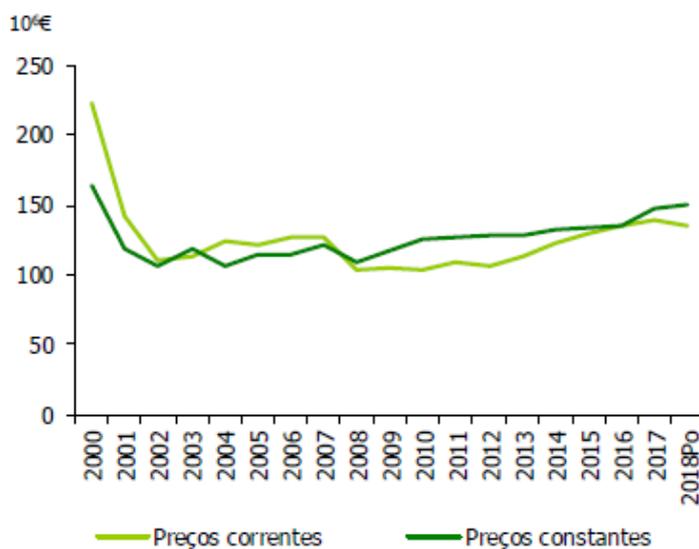


Figura 24 - Produção madeira para serrar (INE, 2020)

### 4.2.4 Resinagem

Em Portugal, as principais espécies produtoras de resina, com interesse comercial, são o pinheiro-bravo e o pinheiro-manso, destacando-se aqui o pinheiro-bravo. No território português, as principais regiões produtoras de resina são o litoral centro (distrito de Leiria e Coimbra) e o interior norte e centro (distritos de Viseu e Vila Real).

A resina é uma secreção que existe nas espécies vegetais, de uma forma mais abundante nas espécies resinosas. Esta secreção é produzida no tronco da árvore por estruturas especializadas, quando as árvores sofrem danos ou feridas nos troncos/ramos. A resina é um líquido com viscosidade translúcido e pegajoso, com cor amarelada amarelo-claro e apresenta um cheiro característico. Este líquido distingue-se da seiva pois este é um líquido aquoso com tonalidade clara e as suas finalidades são diferentes. Assim sendo, pode dizer-se que a resina é uma mistura complexa de componentes orgânicos (terpenos), que são insolúveis em água, mas solúveis em determinados solventes orgânicos, como por exemplo hidrocarbonetos, éter e etanol. A resina tem como função a proteção da árvore das agressões do meio estimulando a cicatrização. É também reguladora do crescimento e pode atuar como repelente de herbívoros (Resipinus, 2020).

A resinagem é uma atividade florestal que consiste em aproveitar a secreção resinosa, para fins industriais. Esta atividade é praticada manualmente pelo resineiro, e

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

consiste em realizar incisões no tronco da árvore, que fazem com que esta produza e liberte resina, que é colhida num recipiente preso ao tronco da mesma. A resina, ao sair espontaneamente do interior do tronco do pinheiro, faz com que a “ferida” tape e cicatrize, protegendo assim a árvore. Para que se possa fazer a exploração da resina é necessário aplicar uma “pasta” estimulante na incisão, que tem a dupla função de estimular a produção de resina e impedir a rápida cicatrização da “ferida”. Por outro lado, ao longo da campanha de resinagem vai-se fazendo a renovação da renova com uma periodicidade de 15 a 20 dias de intervalo. Numa campanha a altura máxima do conjunto das incisões é 50 cm. Quando uma árvore é resinada 4 anos ela vai ter uma fiada de 2 m de resinagem que é o máximo de altura permitido, no ano seguinte inicia-se nova fiada na base do tronco a 12 cm de distância da primeira (Figura 25).



Figura 25 - Povoamento resinado (Resipinus, 2020)

A forma como é efetuada a resinagem nos pinhais é vulgarmente classificada em Portugal de duas formas: resinagem à morte ou resinagem à vida. A modalidade a ser praticada depende da finalidade que se dará à madeira das árvores resinadas. Estas duas modalidades estão em geral, condicionadas (Figura 26) ao cumprimento de alguns requisitos de execução, de acordo com o Decreto-Lei n.º 181/2015, de 28 de agosto (Duarte, 2016). Na resinagem à morte o pinheiro é resinado nos últimos 4 anos antes do corte final e fazem-se o número máximo possível de incisões à volta do tronco. Na resinagem à vida o pinheiro é resinado ao longo da sua vida a partir do momento que tem determinado perímetro e só é permitida a instalação de uma fiada de cada vez.

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

- Resinagem à morte	- Resinagem à vida
<ul style="list-style-type: none"><li>• Não existe dimensão mínima;</li><li>• <b>Nº fiadas:</b> Podem ser colocadas tantas quanto possível, desde que exista uma distância mínima entre cada uma de 8 cm, a chamada presa;</li><li>• <b>Largura da incisão:</b> 14 cm nos 3 primeiros anos e 12 no 4º ano.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>DAP mínimo:</b> 20 cm;</li><li>• <b>Nº fiadas:</b> Uma fiada até um DAP de 25cm e duas fiadas com DAP superior a 25 cm;</li><li>• <b>Largura da incisão:</b> 12 cm nos 3 primeiros anos e 11 cm no 4º ano;</li><li>• <b>Distância entre feridas (presa):</b> 10 cm</li></ul>

Figura 26 - Resumo dos condicionalismos das duas modalidades de resinagem praticadas em Portugal (Pinho *et al.*, 2013)

A produtividade de pinheiro em resina pode variar muito dependendo das condições edáficas, das condições climáticas, das características genéticas e da interação destas com o ambiente. No entanto, dizer é indicado que, em média, um pinheiro pode produzir cerca de dois kg de resina por cada ferida e três a quatro kg de resina por ano (COTF, 2016).

Portugal durante os anos 70 e 80, foi o segundo maior produtor mundial de resina, atingindo produções superiores a 100 mil ton/ano. Infelizmente devido à concorrência chinesa, os incêndios florestais, a alteração da ocupação florestal para espécies de crescimento rápido e o abandono do êxodo rural levou a que ocorresse um declínio na produção de resina. O mínimo da produção de resinagem ocorreu em 2008, com produções inferiores a 5 mil ton/ano (Figura 27). Nos anos a seguir existiu um aumento da produção, tendo esta alcançado cerca de 8 mil ton/ano em 2015 (Resipinus, 2020). A Resipinus (2020) prevê uma diminuição da produção da resina nos próximos anos, devido aos devastadores incêndios de 2017.

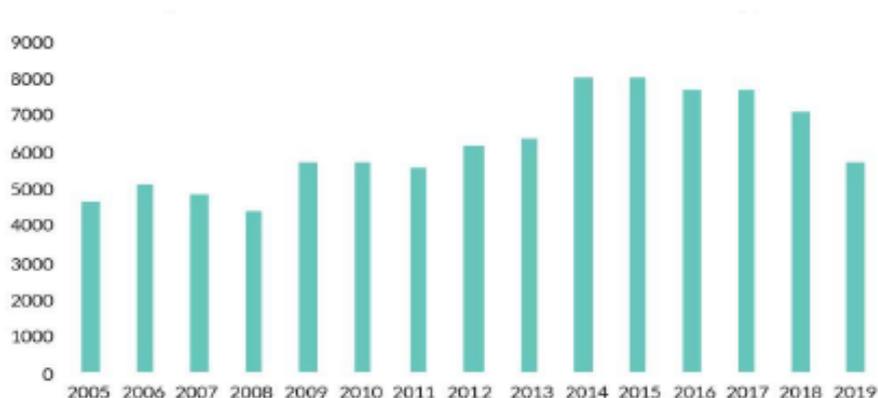


Figura 27 - Produção de resina nacional à entrada da fábrica, em toneladas (Centro Pinus, 2020b)

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

Segundo Gonçalves *et al.* (2020), o mercado para a resina nacional é influenciado pelo preço dos produtos dos mercados internacionais comparativamente à da madeira. A extração de resina é uma operação influenciada pela disponibilidade e custo da mão-de-obra. Normalmente é negociado entre o resineiro e o proprietário do terreno um preço por bica/ano que pode ir desde 10 cêntimos, em locais menos produtivos e mais afastados das unidades de consumo, até 60 - 70 cêntimos em locais com condições mais favoráveis. A resinagem pode representar para o proprietário de uma receita adicional anual de 50 a 500 euros por hectare.

Segundo a Resipinus (2020), os valores mais baixos praticados por kg de resina, ocorreram em 2004 (0,42 €/kg). Ao longo dos últimos anos o valor médio tem vindo a aumentar, sendo que em 2019 atingiu o 1,1 €/kg (Figura 28).

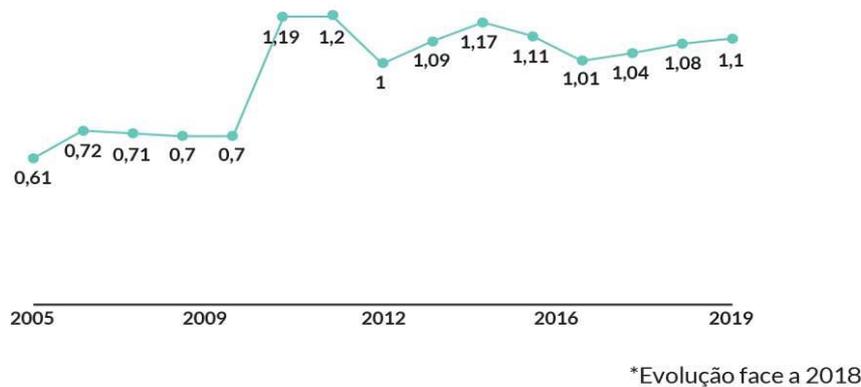


Figura 28 - Preço médio da resina nacional à entrada da fábrica, em €/kg (Centro Pinus, 2020b)

A resina é um produto que pode valorizar os pinhais em Portugal e pode contribuir para o emprego e desenvolvimento regional. A atividade da resinagem constitui um rendimento para o proprietário florestal contribuindo para o aumento do valor económico dos pinhais.

Segundo o Centro Pinus (2019b), em Portugal existem 205 operadores registados na extração resina, sete empresas industriais de primeira transformação e oito empresas industriais de segunda transformação.

### 4.3. Certificação dos produtos florestais

Segundo o Centro Pinus (2006) “a certificação é um procedimento formal em que uma entidade certificadora independente fornece uma licença para a utilização de uma marca que reconhece que as práticas de gestão florestal definidas por uma entidade gestora se encontram de acordo com um documento de referência”.

A certificação florestal surgiu devido a conjuntura mundial, que permitiu que os consumidores se tornassem mais informados, exigentes e preocupados com a pegada ecológica dos produtos que adquirem. É uma dinâmica de mercado com caráter voluntário, ou seja, não é uma exigência legal, mas sim uma opção do consumidor final que se reflete em toda a cadeia de valor até ao produtor florestal (Gonçalves *et al.*, 2020).

A certificação florestal consiste na atribuição de um certificado (válido por cinco anos), que permite verificar, de forma independente e credível, que uma dada área florestal é gerida de acordo com as normas internacionalmente reconhecidas. A certificação florestal pode ser de dois tipos: Certificação da Gestão Florestal, que é destinada a produtores, tendo por objetivo a gestão do espaço florestal e a Certificação da Cadeia de Custódia, que é destinada a entidades que transformam e comercializam produtos florestais, tem por objeto todo o processo até ao cliente, desde a exploração até à comercialização. A escolha do tipo de sistema de certificação florestal a adotar depende do tipo de produtos florestais produzidos e respetivas exigências de comercialização, nacionais e internacionais. Os esquemas de certificação com aplicação global que mais se destacam relativamente à área florestal são o FSC (*Forest Stewardship Council*) e PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes*) (Centro Pinus, 2006).

A Certificação Florestal permite que exista um reconhecimento do esforço desenvolvido por parte das empresas certificadas, e estas demonstrem ao mercado que a sua produção e os seus produtos seguem os padrões de qualidade e de sustentabilidade estabelecidos a nível internacional por referenciais normativos internacionalmente reconhecidos. A Certificação Florestal tem por base três pilares da sustentabilidade: primeiro tem de ser ambientalmente correto, segundo tem de ser socialmente justo e economicamente viável e terceiro tem de ter em conta o valor económico dos produtos florestais (Sarmiento & Dores, 2013).

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

Os produtores florestais têm vantagens em aderir à certificação, desta forma conseguem mostrar que as suas florestas são geridas de acordo com normas sólidas de conduta ambientais, sociais e económicas, conseguindo com maior facilidade o escoamento e a valorização do material lenhoso. Já o consumidor tem a garantia de que os produtos florestais que está a adquirir provêm de florestas geridas de forma sustentável. O consumidor que adquire produtos a partir de madeira certificada contribui para a sobrevivência da floresta nas próximas gerações, bem como está a promover a certificação ao preferir adquirir produtos certificados. As indústrias ao adquirirem produtos certificados estão a melhorar a sua imagem no setor, bem como a promover o uso de produtos florestais e a tornar a sua atividade mais sustentável. Já para os retalhistas/comerciantes (clientes das indústrias florestais) a certificação é uma oportunidade para incentivar o uso de produtos florestais com origem em recursos geridos de forma sustentável, permitindo assim melhorar a sua imagem (Centro Pinus, 2006)

Tendo em conta todos os fatores mencionados anteriormente, a certificação tem como objetivo o aumento do valor dos produtos, a modernização e capacitação das empresas florestais e o desenvolvimento e a promoção de novos produtos e mercados (Sarmiento & Dores, 2013).

No setor florestal, os consumidores de madeira são os que se encontram mais sensibilizados para a importância da certificação florestal. Na Fileira do Pinho existe uma crescente procura de madeira certificada, nomeadamente nas indústrias de maior dimensão, que exportam para mercados mais exigentes, onde os clientes exigem que os produtos sejam certificados, ou países que pretendem adquirir madeira certificada. A exigência dos consumidores vai variando consoante o tipo de produto florestal. Aquando da utilização de produtos florestais utilizados como embalagem ou no transporte de outros produtos, os consumidores geralmente são menos propensos a notar a sua origem, razão pela qual a pressão do mercado para certificar possa ser menor. Por sua vez, para produtos que dependem da decisão de compra consumidor individual, como móveis, a certificação é geralmente mais exigida pelo comprador, que é repassado a montante para toda a cadeia de valor para a floresta (Gonçalves *et al.*, 2020).

A emissão de certificados de gestão florestal em Portugal começa a ter alguma expressão, de acordo com PEFC Portugal (2020) existem neste momento 295 513 ha certificados pelo sistema PEFC. Tendo em conta FSC Portugal (2020) existem 490 212 ha certificados no sistema FSC.

#### 4 Aproveitamento industrial da madeira de pinheiro-bravo

Caracterizando a procura de madeira certificada, na fileira do pinho é importante referir que existe procura diferenciada por esquemas de certificação. Nesta fileira, existe uma procura por madeira certificada tanto no sistema PEFC, quer no FSC. Cada unidade industrial tem preferências associadas, que são impostas pelas exigências dos seus clientes, sendo extremamente importante saber as preferências dos clientes de dada região, de forma a adequar o sistema de certificação às exigências do mercado. A procura por madeira certificada está com uma tendência crescente, estando a ser acompanhada com uma maior preocupação da sociedade e dos consumidores com as alterações climáticas, questões ambientais e a sustentabilidade do planeta. Segundo Gonçalves *et al.* (2020), a prática da certificação e a crescente procura de madeira certificada está a levar a implementação de práticas diversificadas de pagamentos de bónus na madeira certificada de pinheiro-bravo, que podem chegar aos 4 €/ton (Figura 29).

A certificação é um caminho para a valorização do pinhal. A certificação é uma dinâmica de mercado, sendo considerada uma excelente ferramenta para melhorar a gestão florestal e a produtividade das áreas florestais, salvaguardando, paralelamente, valores sociais e ambientais. Os benefícios da certificação podem ir além de vantagens competitivas na colocação no mercado ou à obtenção de um bónus no preço da madeira (Gonçalves *et al.*, 2020).

Associado	Setor	Prémio	PROCURA POR ESQUEMA
Investwood	Painéis de madeira	4 €/ton.	FSC
Luso Finsa		2 €/ton.	PEFC ou FSC
Sonae Arauco		2 €/ton.	PEFC ou FSC
DSMith Paper Viana	Papel	2 €/ton.	PEFC ou FSC
MADECA	Serração	3 €/ton.	FSC
Pinhoser		3 €/ton.	PEFC ou FSC

Figura 29 - “Bónus” madeira certificada de pinho, setembro de 2020 (Carneiro, 2020)

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Localização área de estudo

Os Baldios de Paradança, Ponte de Olo e Carrazedo (1393,7 ha), doravante designados por Baldios de Paradança, são uma propriedade comunitária localizada na região Norte, NUT II e pertencem à região NUTS de nível III - Ave, no distrito de Vila Real, concelho de Mondim de Basto. Situam-se maioritariamente na união de freguesias de Campanhó e Paradança, abrangendo uma pequena parte das freguesias de São Cristóvão de Mondim de Basto (Norte), Vilar de Ferreiros (Nordeste), e Rebordelo (Sudoeste) - Figura 30.

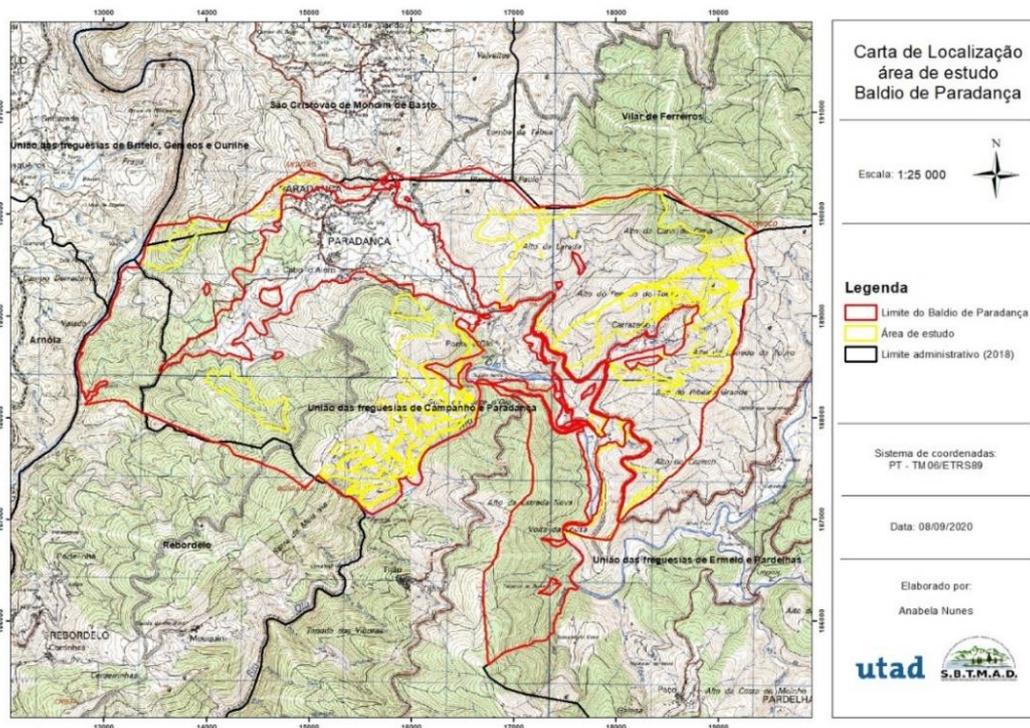


Figura 30 - Carta de Localização

Os Baldios de Paradança confrontam a Este com os Baldios de Ermelo e Tejão, a Sul com os Baldios de Rebordelo, a Oeste rio Tâmega e a Norte com os Baldios de Vilar de Ferreiros, Vilar de Viande e terrenos do Município. Encontram-se, na sua maioria, submetidos ao Regime Florestal Parcial, decretado a 14 de fevereiro de 1933, localizando-se no Perímetro Florestal de Mondim de Basto (PFMB) estando a ser geridos, à data de elaboração de esta dissertação, em regime de gestão autónoma. O

acesso aos Baldios faz-se através da estrada N304, distando cerca de 7 km da sede do concelho de Mondim de Basto.

A área de estudo considerada nesta dissertação corresponde a um conjunto de parcelas do Baldio, totalizando cerca de 448 ha, ocupada quase exclusivamente por regeneração de pinheiro-bravo e que vai ser intervencionada ao abrigo de um projeto PR2020, à medida 8.1.5 - Melhoria da Resiliência e do Valor Ambiental das Florestas (Anexo 3, Figura 30) – Gomes (2019).

### **5.2. Caracterização da área de estudo**

#### **5.2.1. Relevo e altimetria**

Segundo Mourão (2017), o relevo é um dos principais fatores que determina a distribuição da precipitação, exercitando influência destacada na revelação de outros fatores climáticos, como a temperatura. O relevo condiciona a distribuição da precipitação, da temperatura e, conseqüentemente, da evapotranspiração numa bacia hidrográfica (Reis, 2000). As diferenças de dureza das rochas vão desempenhar, também, um papel fundamental no relevo.

Em termos hidrográficos existem no Baldio duas linhas de água permanentes, o Rio Tâmega e o Rio Olo. Existem ainda algumas ribeiras e algumas linhas de água temporárias facilmente identificáveis através da Carta Militar 1:25 000 (n.º 86, 87, 100, 101).

Em termos de altimetria (Figura 31), relativamente à área de estudo, varia entre os 108,8 m junto ao rio Tâmega e os 784,4 m junto ao marco geodésico do Corisco. O relevo é na generalidade muito acidentado, apresentando declives entre os 0º e os 48º, como se pode ver na Figura 32.

Como se pode observar na Figura 33 a exposição é bastante variável, com predomínio de áreas voltadas a Oeste.

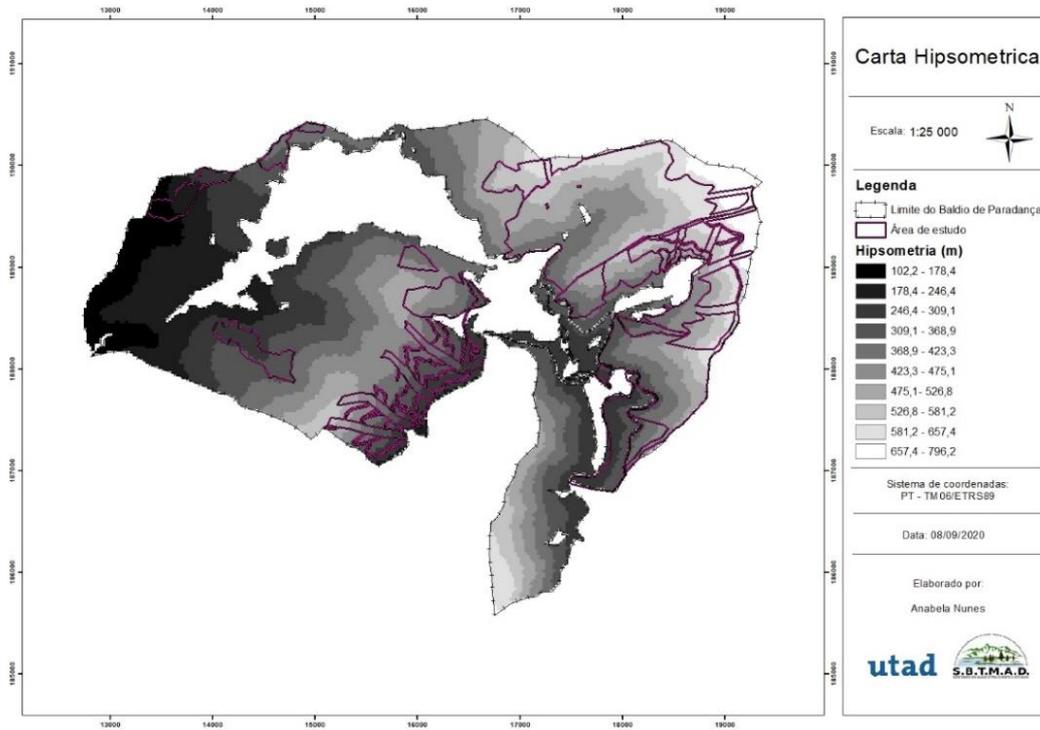


Figura 31 - Carta Hipsométrica

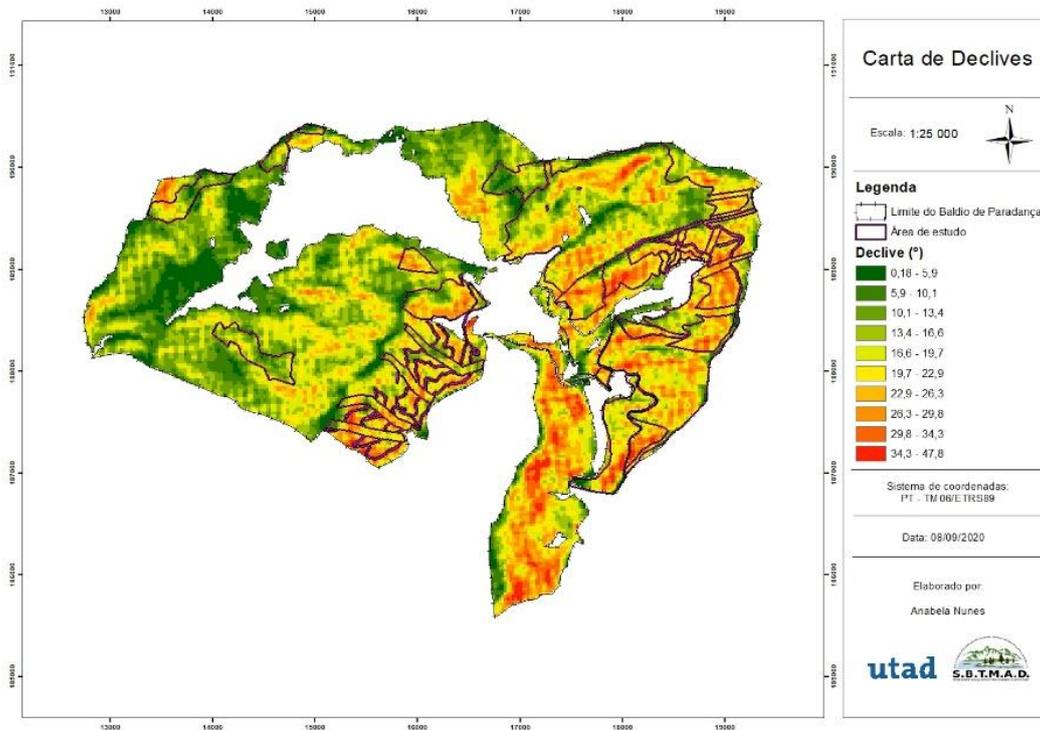


Figura 32 - Carta de Declives

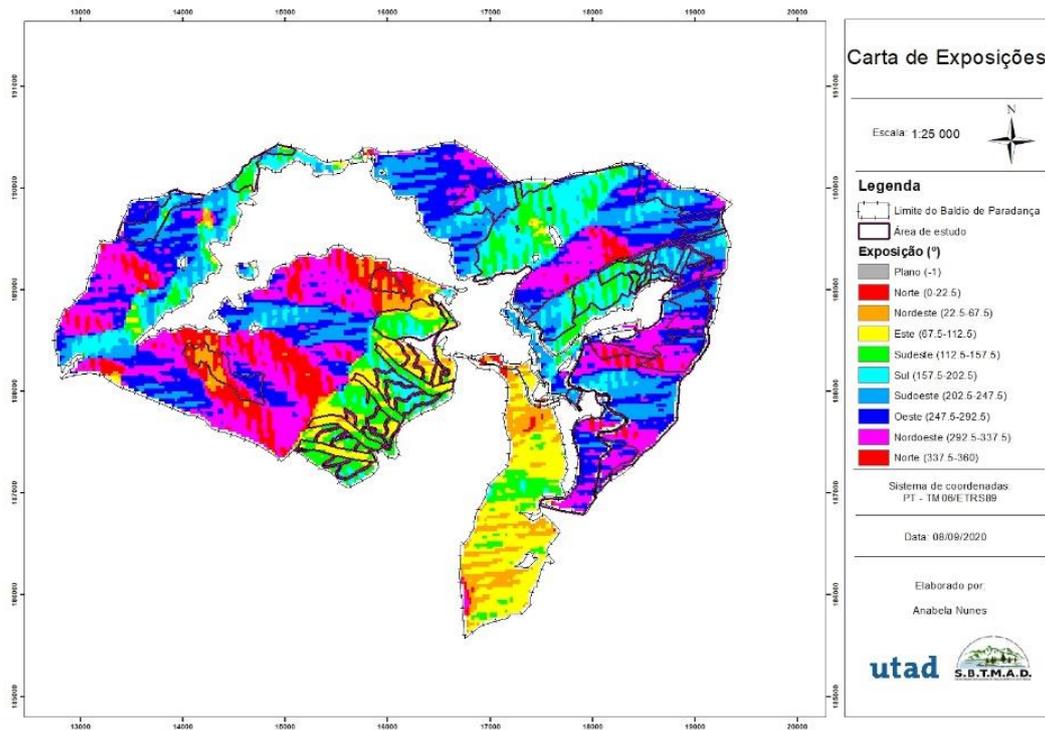


Figura 33 - Carta de Exposição

### 5.2.2. Elementos climáticos

O clima exerce sensíveis influências em outros aspetos do ambiente físico. Para além de comandar os processos erosivos e interferir assim no modelado das formas de relevo, a sua ação faz-se sentir nas características dos cursos de água, dos solos, e da vegetação (Medeiros, 2009).

De acordo com o Atlas do Ambiente (2012), a temperatura média anual na região onde se insere a área em estudo, varia entre 12,5 °C e os 15 °C. A precipitação média anual varia entre os 1200 – 1600 mm, o que corresponde a 75 - 100 dias de chuvas anuais, sendo que a humidade relativa do ar anda entre os 80 - 85%. As geadas duram cerca de quatro a cinco meses, anualmente, o que corresponde a 60 - 70 dias anuais (Figura 34).

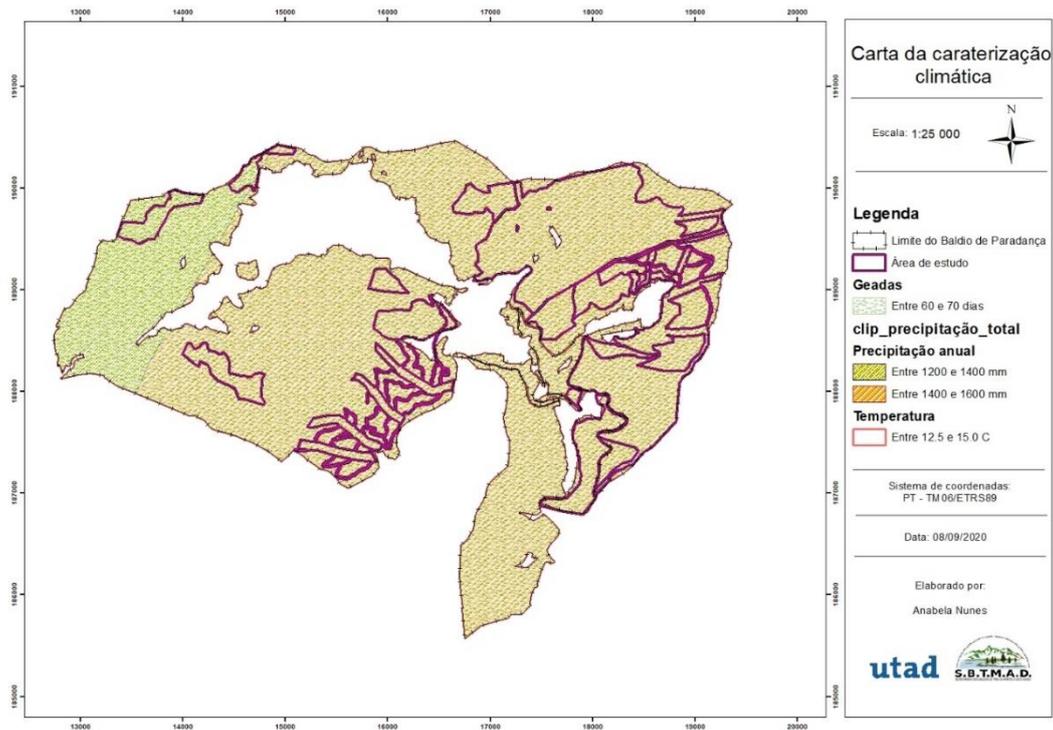


Figura 34 - Carta da caracterização climática

Segundo o POPNA (2004), a região apresenta um clima temperado atlântico de características mediterrâneas. Os Invernos são frios e chuvosos sendo frequente as ocorrências de neve nas terras altas, contrapondo-se aos Verões muito secos e quentes (Mourão, 2017).

### 5.2.3. Solos

De acordo com Agroconsultores & Coba (1991) e o Atlas do Ambiente (2012), na região predominam os Cambissolos húmicos (Figura 35). Os solos são derivados de Xisto, com uma camada de solo pouco profunda. Muitas vezes a rocha mãe encontra-se à superfície.

Os solos transmontanos são geralmente delgados e pobres, frequentemente sujeitos a fortes fenómenos erosivos, consequência, quer das formações geológicas dominantes, quer da orografia.

Na área de estudo, a Norte, os solos são derivados de formações eruptivas plutónicas (granitos). Já na zona Centro e Sul os solos são derivados de formações sedimentares e metamórficas (xistos e grauvaques). Nas zonas de montanha, o solo é frequentemente erodido pela precipitação e o substrato rochoso encontra-se à vista. Na

zona em estudo os solos são delgados e pobres (Cambissolos), sendo estes solos de fraca aptidão agrícola (Gomes, 2010).

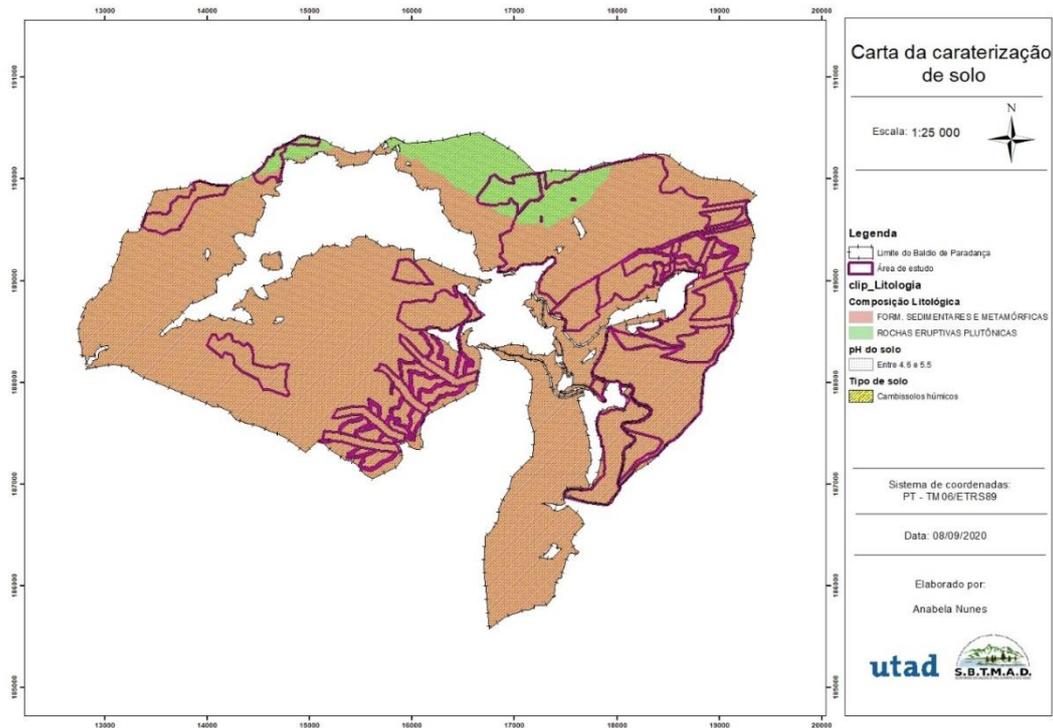


Figura 35 - Carta da caracterização do solo

### 5.3. Metodologia

#### 5.3.1. Aquisição de dados em campo

Com recurso ao software ArcGis 10.7.1, e sabendo de antemão que todas as parcelas continham regeneração natural de pinheiro-bravo, foi realizada previamente em gabinete uma classificação das áreas a serem intervencionadas pelo projeto do PDR2020, quanto ao tipo de densidade. Considerou-se, para o efeito, uma escala com três categorias: baixa, média e alta densidade. A classificação foi feita através de uma análise visual dos ortofotomapas, de 2018 da área de estudo, identificando para cada uma das diversas parcelas a tipologia de densidade que melhor se adequava (Anexo 4). Paralelamente foi estimada e classificada a idade da regeneração natural tendo como suporte informação quanto a incêndios (Anexo 5) que deflagraram na área de estudo utilizando as bases de dados com registo de incêndios disponíveis no site do ICNF (ICNF, 2020b).

Posteriormente fez-se a seleção das áreas que iriam ser estudadas e a distribuição de parcelas de amostragem (Figura 36), uma por classe de densidade. Escolheram-se áreas de densidade alta (parcela DAL - Figura 37) e de densidade média (parcela DMED - Figura 38) ambas com 13 anos e selecionou-se uma área de regeneração natural de pinheiro-bravo com densidade baixa, que possuía regeneração com 16 anos (parcela DBA - Figura 39). Para o cálculo da idade teve-se em consideração, o tempo decorrido após incêndio (2005 para DAL e DMED e 2002 para DBA) e descontou-se 2 anos, correspondendo ao tempo que em média, levaram as plantas a nascerem. Este valor teve como referência os resultados referidos em Cabral (2019).

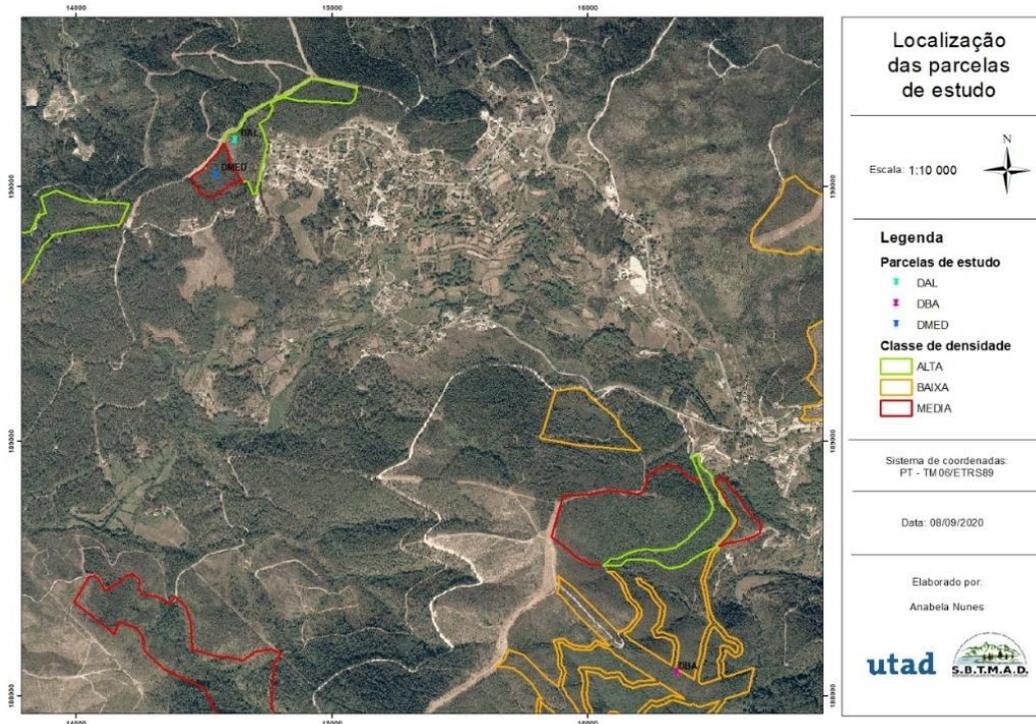


Figura 36 - Localização das parcelas de estudo

Em campo procedeu-se à instalação de três parcelas, de forma circular e com 500 m<sup>2</sup> cada uma. Para a instalação destas parcelas começou-se por selecionar um local que fosse representativo da área e que fosse homogéneo.

De seguida foi avaliada a inclinação do terreno, com recurso a um clinómetro e depois mediu-se a exposição usando uma bússola. Procedeu-se à correção do raio da parcela e numeraram-se as árvores utilizando cartões. A numeração foi feita no sentido dos ponteiros do relógio, sendo que a primeira árvore era a que se encontrava mais próximas do Norte.



Figura 37 - Parcela com densidade alta de árvores - DAL



Figura 38 - Parcela com densidade média de árvores - DMED

Depois de todas as árvores terem sido numeradas, procedeu-se à seleção de 5 árvores por classe de  $d$  (árvores modelo), por parcela, que apresentaram um valor de diâmetro mais próximo do valor central da classe, em conformidade com o apresentado no método de Hossfeld (Marques *et al.*, 2017).

Em campo foram recolhidos dados relativamente ao diâmetro ao nível de altura de 1,30 m, à altura total ( $h$ ), das 5 árvores selecionadas por classe de  $d$ . Se as árvores amostradas apresentassem anomalias ou estivessem atacadas, eram substituídas por outras da mesma classe de diâmetro e que se encontrassem em bom estado fitossanitário e com boa conformação.



Figura 39 - Parcela com densidade baixa de árvores - DBA

### 5.3.2. Tratamento de dados

Em gabinete procedeu-se ao tratamento dos dados recolhidos em campo, com auxílio de uma folha de cálculo Excel, determinando-se, para cada parcela, as variáveis dendrométricas número de árvores por hectare ( $N$ , árv/ha), área basal ( $G$ ,  $m^2/ha$ ), diâmetro quadrático médio ( $dg$ , cm), altura dominante ( $h_{dom}$ , m), diâmetro dominante ( $d_{dom}$ , cm). Calculou-se também o valor do índice de densidade (SDI) e o fator de espaçamento de Wilson (Fw) e procedeu-se à caracterização da distribuição das séries de dados respeitantes ao diâmetro medido a 1,30 m acima do solo.

Os valores das variáveis estudadas, para cada parcela, encontram-se apresentados na Tabela 7 e na Tabela 8.

Tabela 7 - Caracterização dendrométrica das parcelas instaladas

Parcela	t (anos)	N (árv/ha)	G ( $m^2/ha$ )	dg (cm)	$h_{dom}$ (m)	$d_{dom}$ (cm)	Fw	SDI%
<b>DAL</b>	13	8020	21,9	5,9	9,9	16,9	0,11	27,9
<b>DMED</b>	13	6000	17,6	6,1	10,5	16,0	0,12	22,3
<b>DBA</b>	16	1560	3,3	5,1	6,0	10,2	0,42	4,3

Tabela 8 - Caracterização complementar de elementos dendrométricos e físicos, das parcelas instaladas

<b>Parcelas</b>	<b>Nº de classes de d</b>	<b>sd (cm)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (cm)</b>	<b><math>d_{\min}</math> (cm)</b>	<b><math>d_{\max}</math> (cm)</b>	<b>EXP (°)</b>	<b>INC (°)</b>
<b>DAL</b>	4	3,3	4,9	0,7	19,4	190	21
<b>DMED</b>	4	3,8	4,8	0,3	18,4	188	15
<b>DBA</b>	3	2,7	4,4	0,4	13,4	127	18

Para o cálculo do SDI utilizou-se a fórmula apresentada na seção 3.3. Ao analisar-se os resultados obtidos, verificou-se que a parcela DAL e DMED apresentam um índice de densidade próximos do início da competição. Quanto à parcela DBA apresenta um SDI% bastante baixo.

Para do cálculo de Fw recorreu-se à fórmula apresentada na seção 3.3. Analisando os resultados verifica-se que a parcela DAL e DMED apresentam os valores de espaçamento mais baixo e a parcela DBA apresenta um espaçamento entre indivíduos muito elevado.

Analisando a Tabela 8, pode-se verificar que para efeito de simulação do crescimento com recurso ao ModisPinaster, deve-se considerar que todos os pinhais amostrados apresentam estrutura homogênea, uma vez que as árvores se distribuem por um número de classes de d inferior ou igual (Fonseca *et al.*, 2005).

De seguida apresenta-se a metodologia adotada para os diferentes casos de estudo, que irão ser apresentados, usando o modelo ModisPinaster para realizar a simulação do crescimento e das intervenções. Para dar início às simulações, com o ModisPinaster foi necessário a utilização das variáveis expressas na Tabela 7 e na Tabela 8. Para a quantificação do volume mercantil, teve-se em conta um valor de diâmetro de topo de 7 cm. Os procedimentos usados para a elaboração de propostas de modelos silvícolas, consideraram algumas restrições, tais como: não remover, por intervenção, um número de árvores superior a 50% da lotação para não incorrer em agravamento de instabilidade do povoamento; existir um número mínimo de 5 anos entre cada desbaste, de forma que estes sejam economicamente viáveis, tendo por objetivo a produção de material lenhoso de acordo com a Tabela 1. Estes critérios foram tidos em conta na elaboração de todos os modelos sugeridos

### 5.3.2.1. Caso de estudo 1 - Modelo DBA

Os valores de inicialização do simulador ModisPinaster, estão identificados na Tabela 7 e na Tabela 8. Dada a baixa densidade inicial do povoamento fez a simulação do crescimento durante 29 anos usando valores de SDI entre os 55% e os 60%.

### 5.3.2.2. Caso de estudo 2 - Modelo DMED

De forma a maximizar a rentabilidade do povoamento e tendo como objetivo final a produção de material lenhoso diferenciado de acordo com o exposto na Tabela 1, foi criado o modelo DMED, este modelo tem por base as orientações gerais de silvicultura referidas na Tabela 2 e Tabela 3 presentes na secção 3.3. Foram ensaiados alguns cenários no simulador ModisPinaster, tendo como objetivo cumprir as orientações gerais de silvicultura, desta forma foi selecionado o seguinte procedimento ao nível das intervenções culturais:

- 1º Desbaste aos 13 anos, grau de desbaste de 30%;
- 2º Desbaste aos 18 anos, grau de desbaste de 35%;
- 3º Desbaste aos 27 anos, valores de SDI entre 45 e 30%;
- 4º Desbaste aos 36 anos, valores de SDI entre 45 e 30%;
- Corte final aos 45 anos.

### 5.3.2.3. Caso de estudo 3 - Modelo DAL

Para povoamentos de densidade elevada foi criado o modelo DAL, tendo em conta o esquema de intervenção (Figura 40) de acordo com o projeto à Medida 8.1.5 - Melhoria da Resiliência e do Valor Ambiental das Florestas ao PDR2020, aprovada para a área de estudo. Este projeto preconiza a existência de três tipologias de faixas. As faixas arborizadas devem ter cerca de 7 m de largura, procurando estabelecer uma distância média de cerca de 1 m entre árvores (compasso  $1 \times 1$  m). Estas faixas ( $Fa_1$ ) repetem-se ao longo do povoamento. Entre as faixas arborizadas,  $Fa_1$ , deve existir uma faixa com cerca de 3 m de largura onde toda a vegetação deve ser removida ( $F_{rv}$ ). Nas faixas arborizadas localizadas à beira de caminhos e aceiros ( $Fa_2$ ), com largura de aproximadamente 4 m, o compasso entre árvores deverá ser de  $2 \times 2$  m. É de notar que as faixas arborizadas à beira de caminhos e aceiros,  $Fa_2$ , não se inserem na repetição referida anteriormente ( $Fa_1$ ,  $F_{rv}$ ,  $Fa_1$ ,  $F_{rv}$ , e assim sucessivamente).

Deste modo foi selecionado o seguinte procedimento ao nível das intervenções culturais para as faixas arborizadas (DAL – 1, Fa<sub>1</sub>):

- 1º Desbaste aos 20 anos, com grau de desbaste de 33%;
- 2º Desbaste aos 25 anos, com grau de desbaste de 33%;
- 3º Desbaste aos 30 anos, para obter um compasso de 2 × 2 m;
- 4º Desbaste aos 35 anos, para obter um compasso de 2 × 3 m;
- Corte final aos 45 anos.

Para as faixas arborizadas a beira de caminhos ou aceiros (DAL – 2, Fa<sub>2</sub>), foi selecionado o seguinte procedimento:

- 1º Desbaste aos 13 anos, para obter um compasso de 2 × 2 m;
- 2º Desbaste aos 30 anos, para obter um compasso de 3 × 2 m;
- 3º Desbaste aos 37 anos, para obter um compasso de 3 × 3 m;
- Corte final aos 45 anos.

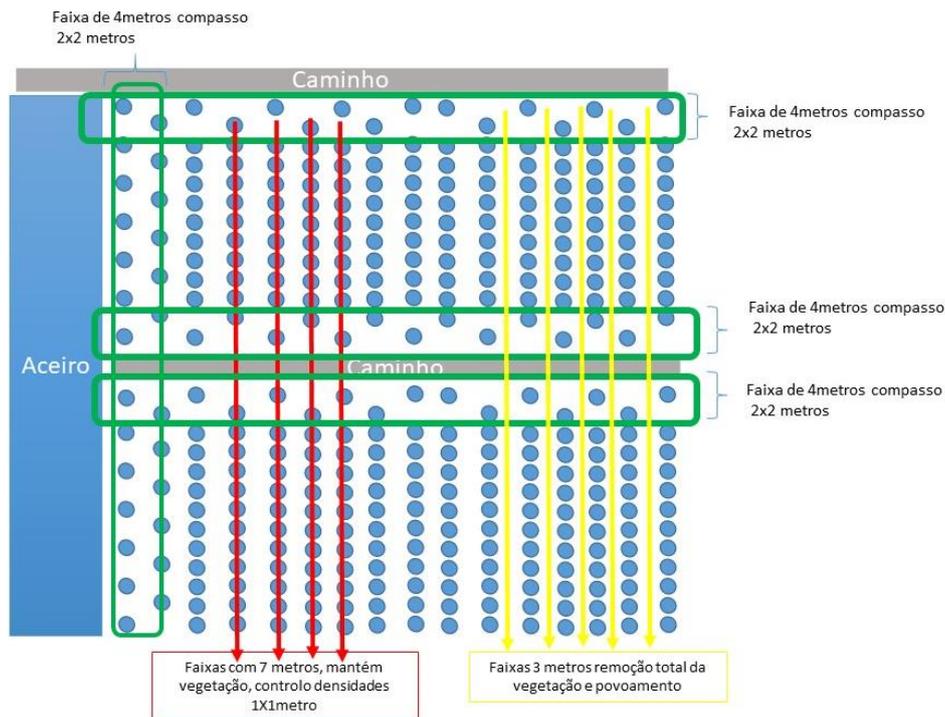


Figura 40 - Esquema de intervenções de acordo com projeto 8.1.5 PDR2020 (Gomes, 2019)

#### 5.3.2.4. Caso de estudo 4 - Modelo DMAL

Para povoamentos com densidade muito alta (DMAL), situação não amostrada em trabalho de campo, sugere-se a adoção do modelo correspondente ao cenário três (Anexo 7), apresentado por Fonseca e Lousada (2020).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para dar início às simulações com o ModisPinaster foi necessário a utilização das variáveis obtidas na Tabela 7 e na Tabela 8, presentes na secção 5.3.2. Para a quantificação do volume mercantil, teve-se em conta um valor de diâmetro de topo de 7 cm. No presente capítulo apresentam-se os resultados conseguidos para os casos de estudo.

O simulador ModisPinaster fornece uma diversidade de informação a partir de dados das tabelas de produção produzidas para cada caso de estudo contemplado pela presente dissertação. Na tabela de produção é possível obter a idade do povoamento (t, anos), o número de árvores no povoamento (N, árv/ha), a área basal do povoamento (G, m<sup>2</sup>/ha), o volume do povoamento (V, m<sup>3</sup>/ha), o volume mercantil (V<sub>mercantil</sub>, m<sup>3</sup>/ha), a altura média do povoamento (hg, m), o diâmetro médio do povoamento (dg, cm), a biomassa do povoamento (ton/ha) e o carbono fixado do povoamento (ton/ha). O simulador também fornece os valores das variáveis anteriores, para quando ocorre um desbaste, ou seja, para o material que foi removido naquele momento da intervenção. Nesse caso usa-se o índice “r”, junto ao símbolo geral da variável, para indicar tratar-se de material removido. Na tabela de produção foi adicionada informação respeitante à lotação e estabilidade do povoamento (SDI, Fw, estabilidade de hg/dg e estabilidade h<sub>dom</sub>/d<sub>dom</sub>).

### 6.1. Modelo DBA

A Tabela 9 foi elaborada com base na tabela de produção do modelo DBA (Anexo 9), que por sua vez foi construída tendo em conta a metodologia apresentada na secção 5.3.2.1 usada nas simulações do ModisPinaster

Tabela 9 - Planeamento das intervenções ao longo do tempo relativamente ao modelo DBA

DBA	Antes				Material removido			
	N (árv/ha)	dg (cm)	V (m <sup>3</sup> /ha)	B (t/ha)	Nr (árv/ha)	dgr (cm)	Vr (m <sup>3</sup> /ha)	Br (t/ha)
16	1560	5,2	8,1	5,1	-	-	-	-
45	1560	17,3	264,2	114,2	-	-	-	-
50	1560	18,5	322,1	136,1	-	-	-	-

Através da análise da Tabela 9 verifica-se que a produção estimada (V) aos 45 é de 264,2 m<sup>3</sup>/ha, e que as árvores possuem um diâmetro médio de 17,3 cm. Tendo em conta os valores de referência da Tabela 1, presente na seção 3.3, já se pode extrair material para a indústria da serração, mas ainda de dimensão reduzida, sendo o material mais indicado para paletes e caixotaria. No que diz respeito a extração de material para biomassa (B), pode-se extrair 114,2 t/ha. Se o corte final for 5 anos mais tarde (50 anos), consegue-se um valor de 322,1 m<sup>3</sup>/ha em volume, com material de 18,5 cm em diâmetro, ou seja, não há uma alteração significativa do uso final que se pode dar a esta madeira e 136,1 t/ha de biomassa. Isto significa que, de acordo com os resultados apresentados pelo ModisPinaster, o material que sai de um povoamento com densidade baixa de árvores aos 45 ou 50 anos é material de baixo valor comercial cujo uso final tem pouco valor acrescentado. Uma vez que a densidade neste povoamento é baixa não se espera retirar qualquer tipo de material desde o seu início até ao corte final, e por esse facto os valores apresentados na Tabela 9 para material removido são nulos.

Para maximizar a rentabilidade em povoamentos com densidade baixa seria aconselhável um adensamento inicial do mesmo. Caso não seja possível sugere-se que se aplique resinagem à morte (uma vez que à vida as árvores não atingem o diâmetro mínimo de 20 cm obrigatório por lei), de forma a conseguir-se uma maior valorização do povoamento.

## 6.2. Modelo DMED

A Tabela 10 diz respeito aos resultados das simulações do ModisPinaster para o povoamento de média densidade e foi elaborada com base na tabela de produção do Anexo 10.

Observando a Tabela 10 pode-se verificar que a produção estimada aos 45 anos é de 387,0 m<sup>3</sup>/ha, tendo um diâmetro quadrático médio, dg, de 28,0 cm. No que toca à produção de material para biomassa, consegue-se extrair 153,6 t/ha. Em termos globais, ao aplicar-se este modelo é possível extrair 680,3 m<sup>3</sup>/ha de material lenhoso, ou 273,4 t/ha de material para biomassa.

Ao longo da vida útil do povoamento é aconselhável a realização de quatro desbastes, como referido na metodologia. O primeiro desbaste deve ocorrer aos 13 anos com um grau de corte de 30%, pois o povoamento inicial encontrava-se com um número

elevado de árvores e a essa idade já é possível retirar material lenhoso para a produção de varas curtas e compridas (o diâmetro médio das árvores removidas é 4,3 cm), ou é possível extrair 6,3 t/ha de material para biomassa.

Tabela 10 - Planeamento das intervenções ao longo do tempo relativamente ao modelo DMED

<b>Dmed</b>	<b>Antes</b>				<b>Material removido</b>			
<b>t(anos)</b>	<b>N (árvo/ha)</b>	<b>dg (cm)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>B (t/ha)</b>	<b>Nr (árvo/ha)</b>	<b>dgr (cm)</b>	<b>Vr (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Br (t/ha)</b>
<b>13</b>	6000	6,1	74,9	33,6	1800	4,3	14,5	6,3
<b>18</b>	4200	8,8	127,2	60,4	1469	6,5	27,8	13,0
<b>27</b>	2731	13,7	268,2	111,9	1495	10,8	108,6	44,5
<b>36</b>	1236	20,7	355,2	142,6	611	17,3	142,4	56,0
<b>45</b>	625	28,0	387,0	153,6	-	-	-	-
<b>Corte final (total)</b>	-	-	<b>680,3</b>	<b>273,4</b>	-	-	-	-

O segundo desbaste deve ocorrer aos 18 anos, com um grau de desbaste de 35%. Com este desbaste, pode-se retirar material com dimensões para a produção de varas curtas e compridas (dgr = 6,5 cm), ou 13,0 t/ha de material para biomassa.

O terceiro desbaste deverá ocorrer aos 27 anos, serve para que o índice de densidade do povoamento (SDI) se encontre entre os valores de 45 - 30%. Se não se efetuar este desbaste as árvores vão continuar a crescer e entrar em competição, levando a mortalidade de algumas, sendo necessário a realização de uma operação de gestão para prevenir essa perda em mortalidade. Com este desbaste é possível extrair material para madeira de torno (dgr = 10,8 cm) ou então 44,5 t/ha de material para biomassa.

O último desbaste é recomendado aos 36 anos, com um grau de corte de 49%. Com este pode-se retirar material com dgr de 17,3 cm, podendo obter material para serração, paletes e caixotaria, e 56,0 t de material para biomassa. Este último desbaste é o mais rentável, uma vez que é o que apresenta maior valor em volume (142,4 m<sup>3</sup>/ha) a ser retirado.

Analisando a tabela de produção do Anexo 10 é praticável a aplicação de resinagem a partir do 34º ano (dg = 19,8 cm).

O corte final pode-se realizar aos 45 anos, obtendo material com dg de 28,0 cm, que pode ser utilizado para a indústria da serração e produção de tabuado, ou seja, produtos com maior valor comercial.

### 6.3. Modelo DAL

Na presente secção serão expostos os resultados obtidos para os dois modelos de densidade alta (DAL – 1, Fa<sub>1</sub> e DAL – 2, Fa<sub>2</sub>). Estes foram criados tendo por base a metodologia empregue no esquema de intervenção do projeto à Medida 8.1.5 - Melhoria da Resiliência e do Valor Ambiental das Florestas do PDR2020 (Gomes, 2019), aprovada para a área de estudo (Figura 40). Este tipo de intervenção preconizada no projeto PDR2020 tem vindo a ser implementada no terreno, mostrando-se bastante prática e eficiente ao nível da execução. Com a criação dos modelos DAL pretendeu-se ajustar a tipologia já aplicada em campo, para parâmetros que a permitissem ser ainda mais eficaz. O projeto PDR2020 preconiza a existência de três tipologias de faixas: faixas arborizadas (Fa<sub>1</sub>), faixas arborizadas localizadas à beira de caminhos e aceiros (Fa<sub>2</sub>), e faixas com a remoção total da vegetação (F<sub>rv</sub>).

A Tabela 11 faz alusão aos dados obtidos para o modelo de densidade alta, nas faixas arborizadas (Fa<sub>1</sub>) tendo sido obtida através da tabela de produção do Anexo 11.

Tabela 11 - Planeamento das intervenções ao longo do tempo relativamente ao modelo DAL, para as faixas arborizadas

DAL – 1, Fa <sub>1</sub>	Antes				Material removido			
	t(anos)	N (árv/ha)	dg (cm)	V (m <sup>3</sup> /ha)	B (t/ha)	Nr (árv/ha)	dgr (cm)	Vr (m <sup>3</sup> /ha)
13	8020	5,9	93,2	40,2	-	-	-	-
20	8020	8,0	220,4	90,5	2647	5,6	41,9	16,4
25	5373	10,5	291,4	118,5	1773	7,6	65,8	26,0
30	3600	13,3	347,3	139,4	1100	9,9	71,2	27,9
35	2500	16,3	402,4	158,7	832,0	12,5	96,8	37,3
45	1668	21,0	529,3	201,3	-	-	-	-
<b>Corte final (total)</b>	-	-	805,0	308,9	-	-	-	-

Para o modelo de densidade alta, nas faixas arborizadas começou-se por fazer crescer o povoamento 32 anos (valores de SDI entre 60 - 55%) e verificou-se que ia existir mortalidade aos 24 anos, caso não fosse intervencionado até essa idade. Por esse motivo, optou-se por fazer um desbaste aos 20 anos com um grau de desbaste de 33%. Ao fazer o desbaste a essa idade consegue-se um maior valor em volume e em diâmetro, do que se fosse realizado mais cedo, não existindo diferenças expressivas quanto à

finalidade a dar à madeira ao longo de esse período. Com este primeiro desbaste é possível retirar material com dg de 5,6 cm, que pode ser utilizado para a produção de varas curtas e compridas, ou extrair-se 16,4 t/ha de material para biomassa, a opção por um ou outro material far-se-á de acordo com regras de mercado.

O segundo desbaste seria aos 25 anos, com um grau de corte de 33%, sendo possível retirar madeira para a produção de varas curtas e compridas (dg = 7,6 cm) ou extrair 26,0 t/ha de material para biomassa.

Seria recomendado um terceiro desbaste aos 30 anos, permitindo que o povoamento tivesse uma redução de número de árvores para cerca de 2 500 árv/ha, de forma que este adquira um compasso de  $2 \times 2$  m. Nesta intervenção é possível retirar 27,9 t/ha de material para biomassa, ou extrair material para a produção de madeira de torno (dg = 9,9 cm).

O último desbaste deverá ocorrer aos 35 anos, devendo retirar-se árvores de forma que o povoamento adquira um compasso de  $2 \times 3$  m. Com este desbaste é possível retirar cerca de 830 árv/ha com diâmetro de 12,5 cm, podendo ser utilizadas para a produção de madeira de torno ou postes. Em alternativa, pode extrair-se 37,3 t/ha de material para biomassa.

O corte final está apontado para os 45 anos, mas aos 40 anos o povoamento atinge diâmetros médios aconselháveis para a realização de resinagem, deste modo seria recomendado que o corte final do povoamento ocorra depois de o mesmo se encontrar resinado à morte, pois assim a rentabilidade do povoamento será maximizada.

No momento do corte final é de prever que se extraia 529,3 m<sup>3</sup>/ha de material lenhoso, apresentando um dg de 21,0 cm, podendo este material ser usado para a indústria da serração e produção de tabuado. Em termos de biomassa é possível retirar 201,3 t/ha.

Importa notar que os dados apresentados pelo modelo de densidade alta, nas faixas arborizadas, foram calculados para o hectare, mas a área de aplicação deste representa 70% desta unidade de área, devido a ser uma faixa de sete metros. Ao aplicar-se o esquema de intervenção de acordo com o projeto PDR2020 (Figura 40), o número de árvores por hectare vai diminuir, conseqüentemente a área basal do povoamento e o volume também. No caso de se pretender saber o valor real existente é necessário fazer a proporção para os 70%.

A Tabela 12 faz referência aos dados obtidos para as faixas arborizadas localizadas à beira de caminhos e aceiros (Fa<sub>2</sub>), tendo por base a tabela do Anexo 12.

Tabela 12 - Planeamento das intervenções ao longo do tempo relativamente ao modelo DAL, para as faixas arborizadas à beira de caminhos

DAL – 2, Fa <sub>2</sub>	Antes				Material removido			
	N (árv/ha)	dg (cm)	V (m <sup>3</sup> /ha)	B (t/ha)	Nr (árv/ha)	dgr (cm)	Vr (m <sup>3</sup> /ha)	Br (t/ha)
13	8020	5,9	93,2	40,2	5520	4,5	47,9	19,5
30	2500	16,1	366,9	153,9	832	12,4	87,7	35,8
37	1668	20,4	456,6	185,0	552	16,2	115,2	45,5
45	1116	25,1	531,5	210,8	-	-	-	-
<b>Corte final (total)</b>	-	-	782,3	311,6	-	-	-	-

No modelo de densidade alta, para as faixas arborizadas localizadas à beira de caminhos e aceiros, começou-se por fazer um desbaste aos 13 anos, de forma que o povoamento adquirisse um compasso de 2 × 2 m, de seguida fez-se crescer o povoamento 32 anos.

Com a realização do primeiro desbaste foi possível extrair madeira com diâmetro de 4,5 cm, podendo ser utilizado para a produção de varas curtas e compridas. Ou, em alternativa, extrair-se 19,5 t/ha de material para biomassa.

Aos 30 anos deve-se efetuar um segundo desbaste, podendo dirigir-se a operação para obter um povoamento a compasso aproximado de 3 × 2 m. Nesta intervenção vai-se extrair 35,8 t/ha de material para biomassa e o material a retirar apresenta diâmetro médio de 12,4 cm, obtendo assim material para madeira de torno ou postes.

O último desbaste é aconselhável aos 37 anos, por forma a obter um espaçamento médio corresponde a compasso de 3 × 3 m. Com este desbaste é possível extrair material com dg de 16,2 cm, podendo ser utilizado na indústria da serração, paletes ou caixotaria. Em alternativa, será possível remover 45,5 t/ha de material para biomassa.

Consultando a tabela de produção do Anexo 12, verifica-se que o povoamento atinge um diâmetro de 20,0 cm aos 36 anos, sendo viável a prática da resinagem. Neste caso seria resinagem à vida uma vez que não ocorrerá apenas nos últimos 4 anos antes do corte final do povoamento. De facto, o corte final está apontado para os 45 anos, mas se a produção de resina estiver a ser rentável, pode-se adiar a data do corte final para mais tarde. Se o corte final ocorrer aos 45 anos é possível extrair 210,8 t/ha de material para biomassa. O material apresenta diâmetro médio de 25,1 cm, pelo que pode ser utilizado pela indústria da serração e produção de tabuado, em vez de ter utilização como biomassa.

Se comparamos os dados dos modelos apresentados nesta secção (Tabela 11 e Tabela 12), verifica-se que o que apresenta maior produções em volume ( $805,0 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) e é o modelo DAL – 1,  $F_{a1}$ . Mas o DAL – 2,  $F_{a2}$  é o que apresenta maiores crescimentos em diâmetro, dado o maior espaçamento a que é conduzido, atingindo os 25,1 cm e uma produção em biomassa ligeiramente superior ( $311,6 \text{ t/ha}$ ).

#### 6.4. Modelo DMAL

Apesar de na área de estudo existirem povoamentos de regeneração natural de pinheiro-bravo com densidade muito alta, devido ao covid-19 e a condições meteorológicas adversas, foi impossível realizar mais trabalho de campo que nos permitisse recolher a informação base necessária para proceder à simulação do crescimento com o ModisPinaster. No sentido de suprir essa falta optou-se por utilizar o modelo silvícola, apresentado por Fonseca e Lousada (2020), cujos cenários de condução dos povoamentos são apresentados no Anexo 7 e Anexo 8.

Estes autores propõem que em povoamentos com densidade elevada de regeneração natural ( $40\ 000 \text{ árv/ha}$ ), seja realizado um desbaste mecânico aos 8 anos, criando faixas de 3 m por 1 m entre árvores, de forma a reduzir 25% da densidade do povoamento. Ainda aos 8 anos deve-se efetuar um controlo da vegetação espontânea. Deve ocorrer um segundo desbaste (desbaste por baixo) aos 12 anos, de forma a remover 50% das árvores por hectare em cada faixa de 1 m. Sugerem ainda que ocorram mais quatro desbastes por baixo: aos 16, 20, 28 e 36 anos, removendo cerca de 35% - 45%  $\text{árv/ha}$  em cada desbaste. O corte final é aconselhado aos 45 anos.

Analisando a tabela do Anexo 8 verifica-se que o volume total removido aos 45 anos é de  $741 \text{ m}^3/\text{ha}$ , sendo removidas  $710 \text{ árv/ha}$  com um dg de 28,8 cm, sendo este diâmetro médio indicado para a indústria da serração e produção de tabuado.

#### 6.5. Considerações finais

Tendo em conta os Anexo 9 a 12, foram elaboradas as Tabela 13 a Tabela 16, onde serão apresentados os valores iniciais e finais (45 anos) para todos os modelos, relativamente aos valores de SDI%, Fw, estabilidade, avaliada pelo coeficiente de adelgaçamento correspondente ao quociente entre a altura e o diâmetro das árvores,  $h_g/d_g$ , para a árvore média, ou  $h_{dom}/d_{dom}$ , para as árvores dominantes.

Analisando a Tabela 13, verifica-se que à idade atual o índice de densidade do povoamento (SDI), está abaixo do limite inferior de competição (SDI 25%) nas parcelas DBA e DMED e próximo de esse limite na DAL. No modelo DBA o povoamento apresenta um valor de SDI% de 4,3, sendo este muito baixo, o povoamento não está a ser rentabilizado para se retirar a máxima produção. Nas parcelas DMED e DAL pode ser preconizado um desbaste para redução da competição. Para o modelo DAL – 1, Fa<sub>1</sub> e DAL – 2, Fa<sub>2</sub> o corte final está apontado para os 45 anos, mas se este se encontrar resinado, poder-se-ia prolongar a vida do povoamento enquanto este estivesse a ser resinado, mas analisando a Tabela 13, verifica-se que a essa idade o povoamento já terá uma lotação muito elevada, com SDI superior a 60%, sendo previsível que o povoamento entre em auto desbaste. É recomendado o corte final, pois o povoamento poderá não ter estabilidade individual e sim em bloco pelo que antes que exista uma perda de material é preferível reduzir o tempo de resinagem e fazer o corte raso do povoamento.

Tabela 13 - Comparação entre SDI % inicial e final

<b>Modelos</b>	<b>SDI % (início)</b>	<b>SDI % (final 45 anos)</b>
<b>DBA</b>	4,3	47,4
<b>DMED</b>	22,3	41,6
<b>DAL – 1, Fa<sub>1</sub></b>	27,8	64,6
<b>DAL – 2, Fa<sub>2</sub></b>	27,8	60,6

A Tabela 14 refere-se aos valores do fator de espaçamento Fw (Fator de Wilson). Ao analisar-se a tabela verifica-se um valor de Fw muito elevado no modelo DBA (Fw = 0,42) confirmando a análise realizada com base no SDI, de que as árvores estão muito espaçadas entre si. Quanto aos restantes modelos os valores de Fw são baixos, traduzindo espaçamentos baixos, o que indica que as árvores se encontram muito próximas umas das outras. Quanto menor for o valor de Fw, menor vai ser o espaçamento existente entre as árvores, fazendo com que a possibilidade de ocorrer mortalidade natural aumente devido à competição entre árvores. Ou seja, os modelos DMED, DAL – 1, Fa<sub>1</sub> e DAL – 2, Fa<sub>2</sub>, encontravam-se em lotação elevada sendo recomendada uma operação de gestão, para reduzir a competição.

Tabela 14 - Comparação entre Fw inicial e final

<b>Modelos</b>	<b>Fw (início)</b>	<b>Fw (final 45 anos)</b>
<b>DBA</b>	0,42	0,14
<b>DMED</b>	0,12	0,17
<b>DAL – 1, Fa<sub>1</sub></b>	0,11	0,11
<b>DAL – 2, Fa<sub>2</sub></b>	0,11	0,13

No que diz respeito à estabilidade dos povoamentos e analisando a Tabela 15, verifica-se que os valores obtidos de coeficiente de adelgaçamento são bastante superiores aos recomendados, sugerindo que a estabilidade ao efeito do vento não estava assegurada. De referir que para o pinheiro-bravo são indicados valores de adelgaçamento, avaliado pelo quociente entre a altura da árvore e o diâmetro medido a 1,30 m, inferiores ao limite de 80, para a árvore individual, sendo que é abaixo deste valor que normalmente se obtém uma boa estabilidade ao efeito do vento (Cucchi & Bert, 2003). Note-se, contudo, que os povoamentos amostrados são bastante jovens pelo que o valor crítico referido poderá carecer de ajustamento neste estágio inicial. Já quanto à avaliação da estabilidade no final do período de crescimento (aos 45 anos) apenas no modelo DBA é necessário ter algum cuidado pois o quociente entre a altura da árvore e o diâmetro medido a 1,30 m é de 82,8. No entanto, é razoável admitir que a baixa densidade a que as árvores se desenvolveram, durante um período substancial, lhes poderá ter proporcionado alguma resistência individual.

Tabela 15 - Comparação entre a estabilidade hg/dg inicial e final

<b>Modelos</b>	<b>Estabilidade hg/dg (início)</b>	<b>Estabilidade hg/dg (final 45 anos)</b>
<b>DBA</b>	106,1	82,8
<b>DMED</b>	154,1	65,6
<b>DAL – 1, Fa<sub>1</sub></b>	169,7	73,6
<b>DAL – 2, Fa<sub>2</sub></b>	169,7	67,3

Segundo Fonseca (2004) o valor crítico para as árvores dominantes, relativamente ao adelgaçamento, é de 54. Analisando a Tabela 16 verifica-se que nenhum modelo se encontra abaixo do valor crítico, apesar dos modelos DAL – 1, Fa<sub>1</sub> e DAL – 2, Fa<sub>2</sub> se encontrarem muito próximos desse valor (54,7). O modelo DBA é o que apresenta um quociente entre a altura dominante e o diâmetro dominante mais alto (58). Estes resultados devem ser considerados devidamente aquando da realização das intervenções, sugerindo-se uma prova de avaliação da estabilidade prévia à realização das intervenções, procedendo ao ajustamento do peso do desbaste, sempre que a estabilidade possa estar em risco.

Tabela 16 - Comparação entre a estabilidade  $h_{dom}/d_{dom}$  inicial e final

<b>Modelos</b>	<b>Estabilidade <math>h_{dom}/d_{dom}</math> (início)</b>	<b>Estabilidade <math>h_{dom}/d_{dom}</math> (final)</b>
<b>DBA</b>	58,8	58,0
<b>DMED</b>	65,6	57,0
<b>DAL – 1, Fa<sub>1</sub></b>	58,6	54,7
<b>DAL – 2, Fa<sub>2</sub></b>	58,6	54,7

## 7. CONCLUSÕES

Em Portugal, as áreas florestais representam um grande valor, sendo capazes de proporcionar consideráveis benefícios, ambientais, económicos e sociais. No entanto, a floresta portuguesa encontra-se cada vez mais vulnerável a ameaças sazonais, como fogos florestais, deixando para trás um rasto de destruição. Assim, é necessário que todos os intervenientes do sector conheçam as novas formas e metodologias para maximizar a produção florestal, criando assim um maior interesse na floresta.

Os modelos silvícolas aqui abordados fazem parte de um conjunto de opções silvícolas que permitem a potencialização, não só das áreas baldias, mas também de outros terrenos em que se verifique viável a aplicação destes. Claro que se deve ter em conta o interesse principal do povoamento e dos objetivos definidos para as culturas instaladas. Nada se pode fazer sem primeiro ter em conta o propósito da exploração, tornando-se assim da maior importância um planeamento adequado ao contexto, à qualidade da estação, e aos objetivos e produtos que se pretendem retirar do povoamento.

Outra problemática que se verifica na indústria da madeira é a falta de matéria-prima, nomeadamente a falta de madeira de pinheiro-bravo. Com isto, é importante que, não só se recolha a melhor madeira possível, em grande quantidade, mas também aproveitar os subprodutos que um povoamento cria ao longo da sua vida. Isto deve-se ao facto de haver uma maior procura do que a oferta consegue fornecer, pois tem-se verificado um aumento considerável de produtos feitos à base de madeira de pinho, acompanhada pela destruição de áreas extensas de floresta, por causas diversas, sendo os incêndios um dos principais problemas que comprometem o pinhal-bravo na região.

Tendo por base todas as análises desenvolvidas durante a componente prática desta dissertação, pode-se afirmar que, dos quatro modelos apresentados, o modelo para a densidade alta em faixas arborizadas ( $DAL - 1, F_{a1}$ ) mostra os maiores valores de produção no final da revolução (45 anos), em termos de volume, na ordem dos 805,0  $m^3/ha$ . Em termos de remoção de biomassa o modelo mais rentável é o modelo de densidade alta para as faixas à beira de caminhos ( $DAL - 1, F_{a2}$ ), com 311,6 t/ha. No entanto, em termos de material removido ao longo da vida do povoamento, antes do corte final, o que apresenta maior rentabilidade é o modelo para a densidade média (DMED), com um volume de 293,3  $m^3/ha$ , e um valor de biomassa de 119,8 t/ha. Em termos de dimensão média das árvores, o modelo para a densidade muito alta (DMAL)

é o que apresenta o maior valor em diâmetro médio (28,8 cm), aquando do corte final (45 anos). O modelo DMED é o que apresenta, de entre os ensaios realizados, o valor superior de diâmetro, com 28,0 cm. Convém referir que estes resultados estão muito dependentes das intervenções definidas, pelo que a alteração no número de intervenções, e características dos desbastes, podem produzir resultados distintos.

Como seria de esperar, o modelo para a densidade baixa (DBA) é o que apresenta os menores valores em volume e em biomassa, mostrando-se muito pouco produtivo. Assim, é aconselhável que, em áreas de menor densidade seja feito um adensamento inicial de forma a potenciar um maior rendimento dos povoamentos, tendo em conta o seu estado inicial.

Por fim, verificou-se que nos primeiros desbastes, o material extraído servia principalmente para varas e postes. À medida que o povoamento se desenvolve e melhora, pelas intervenções silvícolas, o material disponível para corte apresenta-se adequado para a indústria da serração.

No projeto do PDR2020 para as faixas arborizadas é preconizada a realização de faixas com um grau de desbaste que permita obter um povoamento com o compasso  $1 \times 1$  m. Comparando com as projeções obtidas no ModisPinaster para o DAL, o modelo apresentado no PDR2020 não parece ser a opção mais adequada, pois o número de árvores que irá ser removido inicialmente é bastante elevado. Se o desbaste for preconizado tal como está no projeto o povoamento vai apresentar alguns desequilíbrios ao nível da estabilidade, sendo assim recomendado um desbaste mais moderado e equilibrado. Ainda para as faixas arborizadas à beira de caminhos (Fa<sub>2</sub>) previstas no projeto PDR2020, estudou-se um primeiro desbaste aos 13 anos, com um grau de desbaste que permitisse obter um povoamento num compasso de  $2 \times 2$  m, tal como está preconizado no projeto. Os resultados obtidos permitem considerar que esta opção técnica é a mais ajustada e, portanto, não se recomenda qualquer alteração.

Com os resultados obtidos nesse trabalho ficou igualmente demonstrado que as diferentes opções de gestão dos povoamentos podem fornecer materiais de diferentes dimensões e tipologias, mas todos eles com potencial para aproveitamento industrial, proporcionando rendimento financeiro ao proprietário florestal ao longo da vida do povoamento. Tal facto permitirá o reinvestimento de parte desse rendimento na gestão dos povoamentos e desta forma o natural aumento da produtividade.

As projeções obtidas através do simulador ModisPinaster demonstraram ser uma ferramenta de apoio a decisão, importante para maximizar e rentabilizar os

povoamentos florestais de *Pinus Pinaster* em função do objetivo de produção. A possibilidade de se poder estimar de forma expedita os valores de produção esperada e características da mesma, em função da intervenção realizada num dado período, permite analisar as opções mais interessantes ao nível de oferta-procura numa perspetiva de gestão económica do investimento.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEA (2010). Sinais da AEA 2010. Biodiversidade, Alterações Climáticas e Você. Agência Europeia do Ambiente, Copenhaga. doi: 10.2800/3599.
- Agee, J. K. (1998). Fire and pine ecosystems. In Ecology and biogeography of Pinus (ed. D.M. Richardson), Cambridge University Press, Cambridge. 193-218 pp.
- Agroconsultores & Coba. (1991). Carla de Solos, Carla do Uso Atual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Alegria, C. M. M. (2004). Lições de Dendrometria e Inventário Florestal II. [sebenta] Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Castelo Branco. 182 pp.
- Alía, R.; Martín. S. (2003). Technical guidelines for genetic conservation and use for maritime pine (*Pinus pinaster*). EUFORGEN. ISBN 92-9043-570-4.
- Alves, A. A. M. (1988). Técnicas de produção florestal. 2ª Edição. INIC, 331 pp.
- APA (2020). Alterações Climáticas. Consultado em: 21/10/2020. Disponível em: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81>
- APFC (2016). Plano de gestão florestal - Zona de intervenção florestal da Erra. 99 pp.
- Atlas do Ambiente (2012). Atlas Digital do Ambiente. Agência Portuguesa do Ambiente. SNIAmb. Informação geográfica. Disponível em: <https://sniamb.apambiente.pt/>
- Biorede (2005). *Pinus pinaster* Aiton. Consultado em: 14/02/2020. Disponível em: <http://www.biorede.pt/page.asp?id=90>
- Byram, G. M. (1958). Some basic thermal processes controlling the effects of fire on living vegetation. USDA For. Serv. Res. Note 114, Southeast. For. Exp. Stn., Asheville.
- Bytnerowicz, A.; Kenji, O.; Elena, P. (2007). Integrated effects of air pollution and climate change on forests: A northern hemisphere perspective. Environmental Pollution 147: 438-445. doi: 10.1016/j.envpol.2006.08.028.
- Cabral, A. M. (2019). Previsão do crescimento do pinhal bravo do Baldio de Paredes e Escariz (concelho de Vila Real) com recurso ao simulador ModisPinaster. Projeto de licenciatura em Engenharia Florestal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. 75 pp.
- Carmo Wood. (2020). Postes Madeira Trarada. Consultado em: 07/11/2020. Disponível em: <https://www.carmo.com/pt/produtos/postes-de-madeira-tratada-26>

- Carneiro, S. (2020). Pinus web cast. Valorizar o Pinheiro-bravo. A perspectiva de mercado. Centro Pinus. Comunicação oral. 17 de setembro de 2020.
- Castro, J. F.; Bento, J. S.; Rego, F. (1990). Regeneration of Pinus pinaster forests after wildfire. *Fire in Ecosystem Dynamics* 71-75 pp.
- Catry, F.; Silva, J. S.; Fernandes, P. (2010). Efeitos do fogo na vegetação. Em: F. Moreira, F.X. Catry, J.S. Silva, F. Rego (Eds.). *Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas*. ISA Press, Lisboa: 3.49-3.86.
- Centro Económico e Social – CES. (2017). *Economia da Floresta e Ordenamento do Território*. Debate 2017. 187 pp.
- Centro Pinus (1999). *Manual Boas Práticas Florestais para o Pinheiro-bravo*. Centro Pinus edição. ISBN 972-98306-0-0. 18 pp.
- Centro Pinus (2006). *Certificação Florestal*. Pinuspress. ISSN 0874-6109. Consultado em: 07/11/2020. Disponível em: [https://centropinus.org/files/2018/04/pinuspress\\_20.pdf](https://centropinus.org/files/2018/04/pinuspress_20.pdf)
- Centro Pinus (2019a). *Pinuspress 41, Primavera de 2019*. ISSN 0874-6109. Consultado em: 07/11/2020. Disponível em: [https://centropinus.org/files/2019/05/BOLETIM\\_41-view.pdf](https://centropinus.org/files/2019/05/BOLETIM_41-view.pdf)
- Centro Pinus (2019b). *Pinuspress 43, Outono de 2019*. ISSN 0874-6109. Consultado em: 07/11/2020. Disponível em: [https://centropinus.org/files/2019/10/BOLETIM\\_43\\_web-1.pdf](https://centropinus.org/files/2019/10/BOLETIM_43_web-1.pdf)
- Centro Pinus (2020a). *Pinuspress 46, Verão 2020*. ISSN 0874-6109. Consultado em: 07/11/2020. Disponível em: [https://centropinus.org/files/2020/08/PINUSPRESS\\_46\\_2020\\_Web-1.pdf](https://centropinus.org/files/2020/08/PINUSPRESS_46_2020_Web-1.pdf)
- Centro Pinus (2020b). *A fileira do Pinho em 2019. Indicadores da Fileira do Pinho. Julho 2020*. Consultado em: 07/11/2020. Disponível em: <http://centropinus.org/files/2020/08/INDICADORES-CENTRO-PINUS-2020-1.pdf>
- Correia, A. V.; Oliveira, A. C., (1999). Principais espécies florestais com interesse para Portugal: zonas de influência mediterrânica. *Estudos e Informação* nº318. Direcção-Geral das Florestas. Lisboa. 119 pp.
- Correia, V. A.; Oliveira, A. C. (2003). Principais espécies florestais com interesse para Portugal – zonas de influências atlântica. *Estudos e Informação* nº 322. Direcção Geral das Florestas. Lisboa. ISBN 972-8097-53-0. 174 pp.
- COTF (2016). *Resinagem // Resinagem-cartazes-2016 / ed. Florestais Centro de Operações e Técnicas*. - [s.l.]: Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas.

- Cruz, H.; Nunes, L. (1997). A madeira como material de construção. Ficha Técnica M10, LNEC, Lisboa, Portugal. 27 pp.
- Cucchi, Y.; Bert, D. (2003). Wind-firmness in *Pinus pinaster* Ait. stands in southwest France: influence of stand density, fertilisation and breeding in two experimental stands damaged during the 1999 storm. *Ann. For. Sci*, 60, 209A–226.
- Decreto-Lei nº 181/2015, de 28 de agosto. Estabelece o regime jurídico da resinagem e da circulação da resina de pinheiro no território do Continente. *Diário da República*, n.º 168/2015, Série I de 2015-08-28
- Decreto-Lei nº 64/2017, de 12 de junho. Aprova o regime para novas centrais de biomassa florestal. *Diário da República*, 113, Série 1.
- Direção Geral de Energia e Geologia – DGEG. (2021). Renováveis. Estatísticas rápidas 195(fevereiro), 22 pp.
- Duarte, C. A. M. (2016). Evolução do setor da resinagem em Portugal. Escola Superior Agrária de Coimbra. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais. Coimbra. 146 pp.
- Enersilva. (2007). Promoção do uso da biomassa florestal para fins energéticos no sudoeste da Europa (2004-2007). Projeto Enersilva. [Panfleto] Consultado em: 07/11/2020. Disponível em: <http://enersilva.navegantes.info/areasubir/resultados/Enersilva%20Portugues.pdf>
- Fernandes, L. (2007). Estacaria de pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.). Centro PINUS, Associação para a Valorização da Floresta do Pinho. Lisboa. 18 pp.
- Ferreira, S.; Moreira, N. A.; Monteiro, E. (2009). Bioenergy overview for Portugal. *Biomass and Bioenergy* 33(11), 1567-1576. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.07.020>
- Fonseca, T. F. (2004). Modelação do crescimento, mortalidade e distribuição diamétrica, do pinhal bravo no Vale do Tâmega. PhD. dissertation, Univ. of Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal. 248 pp.
- Fonseca, T. F.; Duarte, J. C. (2017). A silvicultural stand density model to control understory in maritime pine stands. *iForest* 10: 829-836 pp.
- Fonseca, T. F.; Lousada, J. L. (2020). Management of Maritime Pine: Energetic Potential with Alternative Silvicultural Guidelines. In *Forest Biomass - From Trees to Energy*. C Gonçalves (Ed.). IntechOpen, London. ISBN 978-1-83962-971-6 [13p. aceite p. publicação em 2020.05.20]

- Fonseca, T. F.; Luís, J. S.; Marques, C. P. (2005). AGD\_PP: Um algoritmo de gestão da densidade dos povoamentos de Pinus pinaster. In R Silva, F Páscoa, SPCF (Ed.). Actas das comunicações do V Congresso Florestal Nacional. Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 16 a 19 de maio de 2005. ISBN: 972-99656-0-9. 84 pp.
- Fonseca, T.; Parresol, B.; Marques, C.; Coligny, F. (2012). Models to Implement a Sustainable Forest Management - An Overview of the ModisPinaster Model. In Sustainable Forest Management - Current Research. ISBN: 978-953-51-0621-0. 321-338 pp.
- FSC Portugal. (2020). Estatísticas em Portugal. Consultado em: 01/11/2020. Disponível em: <https://pt.fsc.org/pt-pt>
- Gomes, A. (2015). O solo da estratégia nacional para as florestas. Comunicação no ciclo de Colóquios comemorativos do ano internacional dos solos, 2015, “healthy soils for a healthy life”.
- Gomes, P. M. M. (2010). Plano de Gestão Florestal Baldio de Paradança. Documento de Avaliação. Paradança. 13 pp.
- Gomes, P. M. M. (2019). Memória Descritiva. Medida 8.1.5 Melhoria da resiliência e do valor ambiental das florestas – Região Norte. Nome promotor: União das freguesias de Campanhó e Paradança. Baldios de Paradança, Ponte de Olo e Carrazedo.
- Gonçalves, A. C.; Dias, S. S.; Ferreira, A. G. (2008). Definição de Modelos de Silvicultura à Escala dos Planos de Ordenamento Florestal. Silva Lusitana, nº especial: 97 - 110, EFN, Lisboa. Portugal.
- Gonçalves, J.; Teixeira, P.; Carneiro, S. (2020). Valorizar o Pinheiro-bravo: a perspetiva de mercado. Centro Pinus. ISBN:978-972-98308-8-4
- Guerra, C.; Paredes, C.; Martins, I.; Costa, C.; Santos, S. (2012). Guia Metodológico para a elaboração de cartografia de suscetibilidade e localização de risco. Riscos Mistos. Comunidade Inter Municipal do Alto Minho. Autoridade Nacional de Protecção Civil, 93 pp.
- Hengst, G. E.; Dawson, J. O. (1994). Bark properties and fire resistance of selected tree species from the central hardwood region of North America. Can. J. For. Res. 24: 688-696 pp.
- ICNF. (2013). Programa Operacional de Sanidade Florestal. Consultado em: 15/02/2020. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/prag-doe/resource/doc/posf/posf>

- ICNF. (2018). Programa Regional de Ordenamento Florestal- Trás-os-Montes e Alto Douro. 282 pp.
- ICNF. (2019a). 6º Inventário Florestal Nacional. Consultado em: 24/09/2020. Disponível em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn6>
- ICNF. (2019b). SIMeF – Sistema Simplificado de Cotações de Mercados dos Produtos Florestais. Consultado em: 24/09/2020. Disponível em: <https://simef.icnf.pt/>
- ICNF. (2020a). Florestas. Gestão Florestal. Baldios. Comissão Nacional para a Valorização dos Territórios Comunitários. Consultado em: 28/11/2020. Disponível em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/gf/baldios/CNVTC>
- ICNF. (2020b). Informação Geográfica. Catálogo com informação geográfica de dados abertos (opendata) disponível para descarregamento em diversos formatos. Consultado em: 08/09/2020. Disponível em: <https://geocatalogo.icnf.pt/catalogo.html>
- Imeson, A; Curfs, M. (2005). Erosão do Solo. Land Care In Desertification Affected Areas. From Science Towards Application. Lucinda. 15 pp.
- Instituto Nacional de Estatística – INE. (2020). Contas económicas da Silvicultura 2018. 23 de junho de 2020. Consultado em: 24/09/2020. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaquese&DESTAQUESdest\\_boui=414432380&DESTAQUESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaquese&DESTAQUESdest_boui=414432380&DESTAQUESmodo=2)
- IPMA. (2020). Glossários - Glossário Climatológico/Meteorológico. Consultado em: 24/10/2020. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/glossario/meteorologico/index.jsp?page=index.xml>
- Julião, R.; Nery, F.; Ribeiro, J.; Branco, M.; Zêzere, J. (2009). Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de riscos e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal. Autoridade Nacional de Proteção Civil, 93 pp.
- Knapic, S.; Glória, A.; Pereira, H. (2003). Rendimentos industriais de Pinheiro-bravo em serração. Anais do Instituto Superior de Agronomia. 224-241 pp.
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura nos Trópicos. Cooperação Técnica-RFA. Eschborn. 343 pp.
- Landers, J. L. (1991). Disturbance influences on pine traits in the Southeastern United States. In High intensity fire in wildlands: management challenges and options, Proc. 10th Tall Timbers fire ecology conf., Tall Timbers Res. Stn., Tallahassee, 61-97 pp.

- Lindner, M.; Maroschek, M.; Netherer, S.; Kremer, A.; Barbati, A.; Garcia-Gonzalo, J.; Seidl, R.; Delzon, S.; Corona, P.; Kolström, M.; Lexer, M. J.; Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259: 698-709. doi: 10.1016/j.foreco.2009.09.023
- Long, J. (1985). A practical approach to density management. *For. Chronicle* 61: 23-27
- Loução, I. J. G. (2008). Valorização da biomassa florestal, proveniente da doença de nemátodo de pinheiro, para produção de peletes. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologias. Dissertação de Mestrado em Bioenergia. Lisboa. 187 pp.
- Loureiro, A. M. (1990). Apontamentos de Dendrologia Florestal. Universidade de Trás-os Montes e Alto Douro. Série Didática. Vila Real - Portugal. 126 pp.
- Loureiro, A. M. (1991). Sistemas de Produção florestal. Apontamentos de Silvicultura. Universidade de Trás-os Montes e Alto Douro. 2.ª Edição, Série Didática. Vila Real - Portugal. 30 pp.
- Luís, J. F. S.; Fonseca, T. F. (2004). The allometric model in the stand density management of *Pinus pinaster* Ait. in Portugal. *Amals of Florest Science*. 807-814 pp.
- Madeiras Tratadas, Lda – MTL. (2012). Madeiras Tratadas. Varas em Tosco. Consultado em: 07/11/2020. Disponível em: <http://mtl.pt/produtos/25/varas-em-tosco>
- Marques, C. P.; Fonseca, T. F.; Duarte, J. C. (2017). Guia prático de avaliações florestais- Dendrometria. Sílabas & Desafios Unipessoal, Lda., Faro. 230 pp.
- Martins, C. (2016). Diferentes formas da cobertura vegetal e a erosão em entres sulcos sob chuva simulada. Dissertação. Departamento de tecnologias rural. Universidade federal rural de Pernambuco, Recife, PE, 78 pp.
- Medeiros, C. A. (2009). Geografia de Portugal. Ambiente Natural e Ocupação Humana. Uma introdução. 6ª Edição. Editorial Estampa, Lda.
- Mendes, A. M. S. C. (2004). *Valuing ecosystems: a methodological applying approach*. Instituto Superior de Economia e Gestão - DE Working papers no 11-2004/DE/CIRIUS.

- Mendes, G. M. P. (2017). Caracterização de proveniências de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* para instalação de ensaios de proveniências. Dissertação de Mestrado. Escola Superior Agrária de Coimbra, Coimbra.
- Miller, J. D.; Safford, H. D.; Crimmins, M.; Thode, A. E. (2009). Quantitative evidence for increasing forest fire severity in the Sierra Nevada and Southern Cascade mountains, California and Nevada, USA. *Ecosystems* 12: 16-32 pp.
- ModisPinaster (2020). Simulador ModisPinaster.
- Moreira, F.; Rego, F. C.; Ferreira, P. G. (2001). Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. *Landscape Ecol.* 16: 557-567 pp.
- Mourão, H. L. A. (2017). Proposta de Valorização das Fisgas de Ermelo. Dissertação de Mestrado em Gestão dos Recursos Naturais. Universidade de Trás-os Montes e Alto Douro. Vila Real. 169 pp.
- Oliveira, A. C. (1999). Silvicultura do pinheiro-bravo. Manual. Centro PINUS, Associação para a Valorização da Floresta do Pinho. Porto. 12 pp.
- Oliveira, A. M. C. (1984). A Teoria da Produção Florestal. Centro de Estudos Florestais. Instituto Superior de Agronomia/ UTL.
- Paterlini, E. M. (2011). Caracterização Tecnológica da Madeira de Acácia (*Acacia mangium* WILLD) para Produtos Sólidos. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo.
- Pausas, J. G. (1999). *Mediterranean vegetation dynamics: modelling problems and functional types*. *Plant Ecol.* 140: 27-39 pp.
- PEFC Portugal (2020). Floresta Portuguesa. Consultado em: 14/02/2020. Disponível em: <http://www.pefc.pt/certificacao-gfs/introducao/floresta-portuguesa>
- PEFC Portugal. (2020). Estatísticas. Área certificada Portugal. Consultado em: 01/11/2020. Disponível em: <https://www.pefc.pt/>
- Peterson, D. L.; Ryan, K. C. (1986). Modeling post-fire conifer mortality for long-range planning. *Environmental Management* 10: 797–808 pp.
- Pinho, J.; Santos, C.; Anastácio, D.; Louro, G. (2013). Resinagem em Portugal. Situação Atual e Perspetivas Futuras. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. Lisboa. 15 pp.
- Plano de ordenamento do parque natural do Alvão – POPNA. (2004). Estudos de caracterização. Universidade de Aveiro.

- Portugal, A.; Teixeira, C.; Anastácio, D.; Ribeiro, D.; Salinas, F.; Louro, G.; Marques, H.; Gardete, J. (2003). Princípios de boas práticas florestais. Direcção-Geral das Florestas. Lisboa. 152 pp.
- Reineke, L. H. (1933). Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *J.Agric.* 627-638 pp.
- Reis, A. R. (2000). Condicionantes hidrogeológicas e antrópicas na mobilização de elementos poluentes. Um estudo nos rios Águeda e Cértima (Portugal Central). Dissertação de Mestrado em Geociências. Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Resipinus. (2020). Resinagem. Consultado em: 01/11/2020. Disponível em: <http://www.resipinus.pt/resinagem/resina/>
- Ribeiro N.; Siteo A. A.; Guedes B. S.; Staiss, C. (2002). Manual de Silvicultura Tropical. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de agronomia e engenharia Florestal, Departamento de engenharia Florestal, Maputo. 123 pp.
- Santos, L.; Capelo, J.; Tavares, M. (2010). Germination patterns of soil seed banks in relation to fire in portuguese litoral pine forest vegetation. *Fire Ecology* 6: 1-15.
- Sarmiento, E. M.; Dores, V. (2013). Desafios para a Gestão: Ambiental da Fileira Florestal em Portugal. *Silva Lusitana*, 21(1).
- Secretaria Regional da Agricultura e Florestas  
Direção Regional dos Recursos Florestais - SRAFDORRF. (2020). Podas e desramações. Consultado em 15/02/2020. Disponível em: [http://drrf-sraa.azores.gov.pt/areas/silvicultura/Paginas/Conducao\\_Desramacoes.aspx](http://drrf-sraa.azores.gov.pt/areas/silvicultura/Paginas/Conducao_Desramacoes.aspx)
- Seitz, R. A. (1995). Manual de poda de espécies arbóreas florestais. Curitiba: FUPEF. 88 pp.
- Silva, M. E.; Dias, A.; Lousada, J. L. (2013). Madeira de pinho: características e utilização; [ed.] Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. - ISBN 978-989-704-116-7, 118-119 pp.
- Silveira da Costa, M. A. (1985). Árvores e arbustos florestais – Arvores Florestais (Resinosas). Pinheiro-bravo. Vol. II. 88-95 pp.
- Singh, N. B.; Kumar, A.; Rai, S. (2014). Potential production of bioenergy from biomass in an Indian perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39 (novembro), 65–78 pp.
- Soares, P.; Calado, N.; Carneiro, S. (2020). Manual de Boas Práticas para o pinheiro-bravo. Centro Pinus. ISBN:978-972-98308-7-7

- EurObserv'ER. (2018). Solid Biomass Barometer [Panfleto]. Consultado em: 07/11/2020.  
Disponível em: <https://www.eurobserv-er.org/solid-biomass-barometer-2018/>
- The European Space Agency – ESA. (2011). Degradação dos solos em Portugal. Consultado em: 30/11/2020. Disponível em: [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2011/10/Degradacao\\_dos\\_solos\\_em\\_Portugal](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2011/10/Degradacao_dos_solos_em_Portugal)
- Timbal, J.; Kremer, A.; Goff, N.; Nepveu, G. (1994). Le chêne rouge d'amerique. Institut National de la Recherche Agronomique. 564 pp.
- Tribunal de Contas Europeu – TCE. (2013) Apoio do Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural à melhoria do valor económico das florestas. União Europeia. doi:10.2865/86974.
- United Nations Economic Commission for Europe, Food and Agriculture Organization of the United Nations (1999). TBFRA-2000: the UN-ECE/FAO Temperate and Boreal Forest Resource Assessment 2000. Volume 2. Components A, Table of essential TBFRA data. Nações Unidas, Geneva, 55 pp.
- Wilson, F. G. (1946). Numerical expression of stocking in terms of height. J. of Florestry, 44:758-761 pp.
- Wischmeier, W. H.; Smith D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. U.S. Departament of Agriculture, Agriculture Handboo, 67 pp.
- Zenid, G. J. (1997). Identificação e Grupamento das madeiras serradas empregas na construção civil habitacional na cidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Dissertação Mestrado. Universidade de São Paulo. Estado de São Paulo. 187 pp.

# ANEXOS

## Anexo 1 - Ficha de campo

<b>Inventário Florestal - Parcelas de amostragem</b>			
Parcela: _____	Local: _____	<b>utad</b>	
Data: _____	Densidade: _____	S.B.T.M.A.D.	
Inclinação: _____°	Estado de sanidade*: _____	Coordenadas GPS: Lat: _____	
Exposição: _____°	Qualidade do fuste*: _____	Long: _____	
R. corrigido: _____ m	Qualidade da copa*: _____	*Escala: M - Mau Re - Resinada A - Atacada	
		R - Regular T - Torta Ma - Marcada	
		B - Bom B - Bifurcada MT - Morta	

ÁRV.	Medição			Observações
	d (cm)	Classe d (cm)	h (m)	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
40				

Há cepos recentes? Sim/Não

Há plantas com h < 1,30m? Sim/Não

ÁRVORES DOMINAN (5 árvores mais grossas na medição anterior)

*Avaliação da Idade*

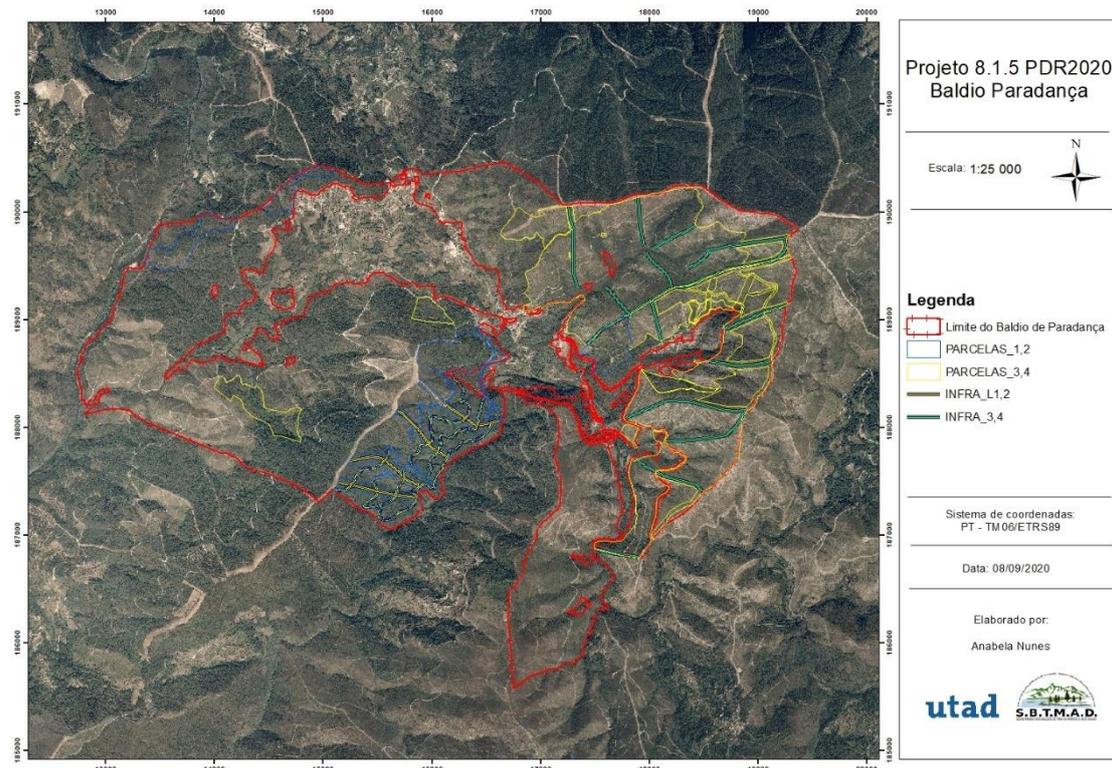
Ano do incêndio: \_\_\_\_\_

Tempo decorrido pós fogo: \_\_\_\_\_

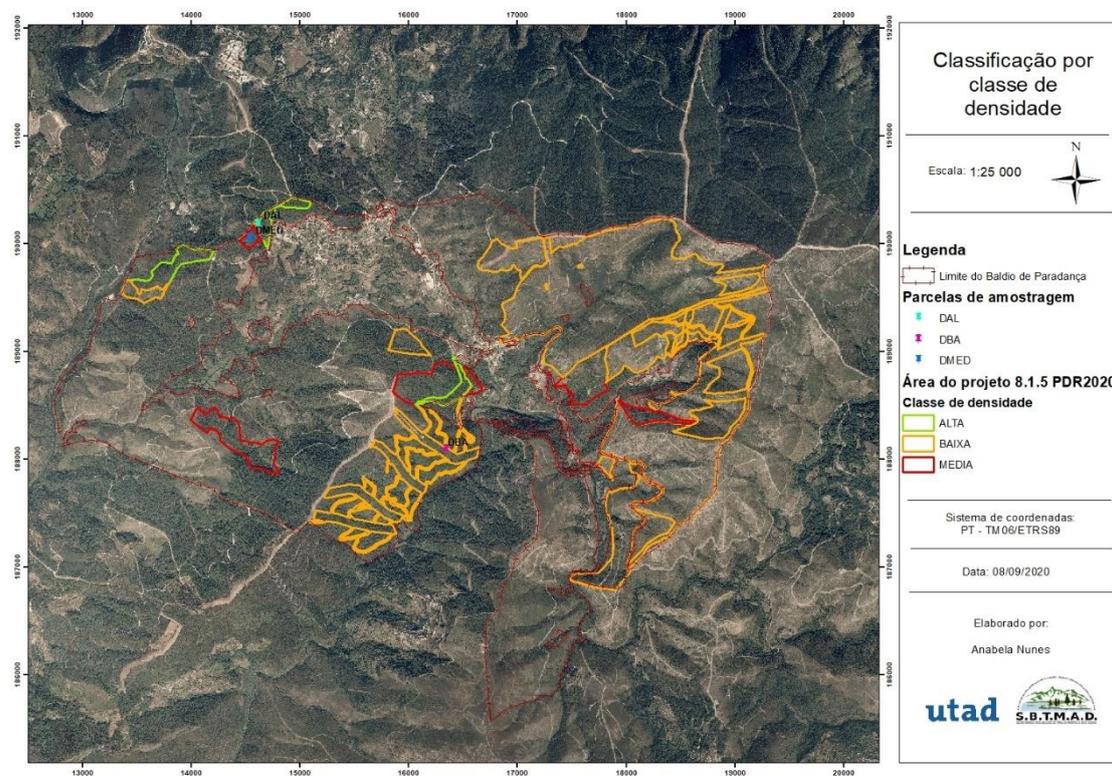
Anexo 2 - Exemplo de preço "à entrada da fábrica" (Carmo wood, 2020)

		<b>"TABELA DE COMPRA DE MADEIRA DE PINHO BRAVO"</b>		Código: DPA – TCM
				Revisão:
				Data: 01.09.2020
<b>FÁBRICA OLIVEIRA DE FRADES/PEGÕES/ALMEIRIM</b>				
<b>VARAS CURTAS</b>				
Comprimento	Diâmetro ponta fina	Preço ao Ester		Preço Tonelada
		C/Casca	S/Casca	
		€	€	€
1.50 m	3 a 7 cm	54	78	85.00 €
1.80 m	3 a 10 cm	54	78	85.00 €
2.20 m	3 a 10 cm	57	80	87.00 €
2.50 m	4 a 10 cm	57	80	87.00 €
<b>VARAS COMPRIDAS</b>				
Comprimento	Diâmetro na ponta fina		€	
4.00 m	Misturada	4 a 10 cm	98.00 €	
4.50 m		4 a 11 cm		
5.00 m		4 a 11 cm		
5.50 m		4 a 11 cm		
<b>Madeira de torno</b>				
Comprimento	Diâmetro na ponta fina		€	
1,50 m	9 a 13 cm		50.00 €	
2.50 m	9 a 13 cm		60.00 €	
3,00 m	9 a 13 cm		70.00 €	
<b>Postes</b>				
Comprimento	Diâmetro na ponta fina		€	
6.25 m	11 a 13 cm		75.00 €	
7.00 m	12 a 14 cm			
9.00 m	13 a 16 cm			
<p>Estes preços entendem-se para mercadorias colocadas nas nossas instalações          Para informações complementares poderão contactar          José Maria Pape: 919648692          Joaquim Frazão: 935460687</p>				
<p><b>NOTA:</b> Esta tabela poderá ser alterada sem aviso prévio.</p>				

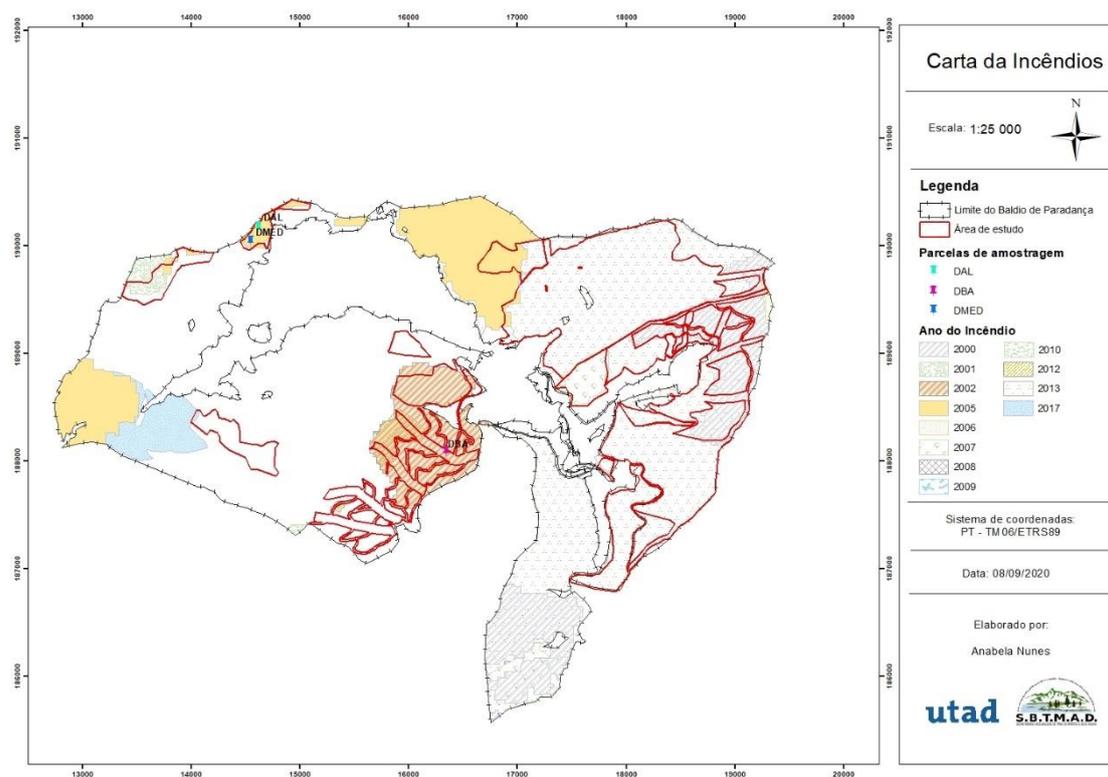
Anexo 3 - Projeto 8.1.5 PDR2020 Baldio de Paradaça



Anexo 4 - Caraterização da área de estudo, quanto ao tipo de densidade



Anexo 5 - Carta de Incêndios



Anexo 6 - Coordenadas dos centros de parcela das parcelas instaladas

Parcelas	Longitude (° W)	Latitude (° N)
DAL	-7°57'29"	41°22'50"
DMED	-7°57'33"	41°22'46"
DBA	-7°56'15"	41°21'42"

Anexo 7 - Modelos propostos por Fonseca e Lousada (2020)

Ano	Cenário 3	Cenário 4
0	Regeneração natural: assumiu-se um valor de 40,000 árv/ha	Regeneração natural: assumiu-se um valor de 40,000 árv/ha
7-8	Desbaste (8 anos) Redução da densidade para 30,000 árv/ha, através de desbaste mecânico, com faixas de 3 m, e 1 m entre árvores.	Desbaste (8 anos) Redução da densidade para 30,000 árv/ha, através de desbaste mecânico, com faixas de 3 m, e 1 m entre árvores.
3-10	Controlo de vegetação espontânea (8 anos)	Controlo de vegetação espontânea (8 anos)
8-12	Desbaste por baixo (12 anos). Remoção de 50% árv/ha em cada faixa de 1 m	Desbaste por baixo (12 anos). Remoção de 50% árv/ha em cada faixa de 1 m
15-40	4 desbastes por baixo (16, 20, 28, 36 anos). Remoção de 35% - 45% árv/ha por ação	Desbaste por baixo (16 anos). Remoção de 40% árv/ha
15-40	Abate aos 45 anos	Abate aos 20 anos

Anexo 8 - Resultados do Cenário 3 de Fonseca e Lousada (2020)

t (anos)	Intervenção	N <sub>b</sub> (árv/ha)	N <sub>r</sub> (árv/ha)	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	dg <sub>r</sub> (cm)
8	“Libertação de árvores”	40 000	30 000	-	-
12	“Libertação de arbustos”	-	-	-	-
12	1.º desbaste	10 000	6 000	45	3,8
16	2.º desbaste	4 000	1 600	27	6,8
20	3.º desbaste	2 400	840	35	9,3
28	4.º desbaste	1 560	470	59	13,9
36	5.º desbaste	1 090	380	107	18,9
45	Corte final	710	710	469	28,8
Total				741	

Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Estabilidade	Estabilidade	SDI%	Fw
Idade	N (ár/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	N (ár/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	hg/dg	h <sub>dom</sub> /d <sub>dom</sub>		
16	1560	3,3	8,1	0,3	5,5	5,2	5,1	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	106,1	58,8	4,3	0,42
17	1560	4,1	12,9	3,7	7,2	5,8	7,1	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	124,3	73,7	5,2	0,31
18	1560	4,9	15,7	6,3	7,5	6,3	8,5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	119,1	71,9	6,2	0,29
19	1560	5,8	20,9	11,1	7,9	6,9	11,1	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	114,7	70,4	7,2	0,28
20	1560	6,7	26,9	16,8	8,2	7,4	14	6,7	-	-	-	-	-	-	-	-	111,0	69,1	8,3	0,27
21	1560	7,7	33	22,6	8,5	7,9	17	8,1	-	-	-	-	-	-	-	-	107,7	68,0	9,5	0,26
22	1560	8,7	39,2	28,5	8,9	8,4	19,9	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	104,9	67,1	10,7	0,25
23	1560	9,8	46,1	35	9,2	8,9	23,1	11	-	-	-	-	-	-	-	-	102,5	66,2	11,9	0,24
24	1560	10,9	52,8	41,6	9,5	9,4	26,2	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	100,3	65,5	13,2	0,23
25	1560	12,1	59,8	48,5	9,8	9,9	29,4	14	-	-	-	-	-	-	-	-	98,4	64,8	14,5	0,22
26	1560	13,2	67,1	55,8	10	10,4	32,7	15,5	-	-	-	-	-	-	-	-	96,7	64,2	15,9	0,22
27	1560	14,4	74,8	63,6	10,3	10,8	36,2	17,2	-	-	-	-	-	-	-	-	95,1	63,6	17,2	0,21
28	1560	15,6	82,8	71,8	10,6	11,3	39,7	18,9	-	-	-	-	-	-	-	-	93,8	63,1	18,6	0,20
29	1560	16,9	91,5	80,7	10,9	11,7	43,6	20,7	-	-	-	-	-	-	-	-	92,5	62,6	20,0	0,20
30	1560	18,1	100,4	90	11,1	12,2	47,5	22,6	-	-	-	-	-	-	-	-	91,4	62,2	21,4	0,19
31	1560	19,3	109,8	99,7	11,4	12,6	51,6	24,5	-	-	-	-	-	-	-	-	90,4	61,8	22,8	0,19
32	1560	20,6	119,6	109,8	11,6	13	55,8	26,5	-	-	-	-	-	-	-	-	89,5	61,4	24,2	0,18
33	1560	21,9	129,8	120,3	11,8	13,4	60,1	28,6	-	-	-	-	-	-	-	-	88,6	61,1	25,6	0,18
34	1560	23,1	140,3	131,2	12,1	13,7	64,6	30,7	-	-	-	-	-	-	-	-	87,9	60,7	26,9	0,18
35	1560	24,4	151	142,2	12,3	14,1	69	32,8	-	-	-	-	-	-	-	-	87,2	60,4	28,3	0,17
36	1560	25,6	162	153,5	12,5	14,5	73,6	35	-	-	-	-	-	-	-	-	86,6	60,1	29,7	0,17
37	1560	26,9	173	164,8	12,7	14,8	78,1	37,1	-	-	-	-	-	-	-	-	86,0	59,9	31,1	0,17
38	1560	28,1	184,2	176,2	12,9	15,1	82,6	39,3	-	-	-	-	-	-	-	-	85,5	59,6	32,4	0,16
39	1560	29,4	195,4	187,7	13,2	15,5	87,2	41,4	-	-	-	-	-	-	-	-	85,0	59,4	33,8	0,16
40	1560	30,6	206,8	199,3	13,4	15,8	91,7	43,6	-	-	-	-	-	-	-	-	84,5	59,1	35,1	0,16
41	1560	31,8	218,2	211	13,6	16,1	96,2	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	84,1	58,9	36,4	0,16
42	1560	33	229,6	222,6	13,7	16,4	100,8	47,9	-	-	-	-	-	-	-	-	83,8	58,7	37,7	0,15
43	1560	34,2	241,1	234,3	13,9	16,7	105,2	50	-	-	-	-	-	-	-	-	83,4	58,5	39,0	0,15
44	1560	35,3	252,6	246	14,1	17	109,7	52,1	-	-	-	-	-	-	-	-	83,1	58,2	40,3	0,15

Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Estabilidade	Estabilidade	SDI%	Fw
Idade	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	hg/dg	h <sub>dom</sub> /d <sub>dom</sub>		
45	1560	36,5	264,2	257,7	14,3	17,3	114,2	54,2	-	-	-	-	-	-	-	-	82,8	58,0	41,5	0,15
46	1560	37,6	275,8	269,4	14,5	17,5	118,6	56,3	-	-	-	-	-	-	-	-	82,6	57,9	42,8	0,14
47	1560	38,7	287,3	281,1	14,6	17,8	123,00	58,4	-	-	-	-	-	-	-	-	82,4	57,7	44,0	0,14
48	1560	39,8	299,00	292,9	14,8	18,00	127,4	60,5	-	-	-	-	-	-	-	-	82,2	57,5	45,1	0,14
49	1560	40,9	310,6	304,6	15,00	18,3	131,8	62,6	-	-	-	-	-	-	-	-	82,0	57,3	46,3	0,14
50	1560	42,00	322,1	316,2	15,1	18,5	136,1	64,6	-	-	-	-	-	-	-	-	81,8	57,1	47,4	0,14

Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Estabilid ade	Estabilid ade	SDI%	Fw
Idade	N (ár/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	N (ár/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	hg/dg	h <sub>dom</sub> /d <sub>dom</sub>		
13	6000	17,6	74,9	29,7	9,4	6,1	33,6	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	154,1	65,6	22,3	0,12
13	4200	15,0	60,4	28,5	7,7	6,7	27,3	13,0	1800	2,7	14,5	1,1	6,9	4,3	6,3	3,0	113,8	65,6	18,8	0,15
14	4200	16,9	64,3	37,3	8,0	7,2	34,9	16,6	-	-	-	-	-	-	-	-	111,0	51,9	21,1	0,17
15	4200	19,0	78,2	50,0	8,5	7,6	40,9	19,4	-	-	-	-	-	-	-	-	111,3	52,8	23,6	0,16
16	4200	21,2	93,3	64,0	8,9	8,0	47,1	22,4	-	-	-	-	-	-	-	-	111,2	53,5	26,1	0,15
17	4200	23,4	109,6	79,2	9,3	8,4	53,6	25,5	-	-	-	-	-	-	-	-	110,9	54,2	28,6	0,14
18	4200	25,6	127,2	95,7	9,7	8,8	60,4	28,7	-	-	-	-	-	-	-	-	110,5	54,8	31,3	0,13
18	2731	20,8	99,4	78,7	9,1	9,8	47,4	22,5	1469	4,9	27,8	17,0	7,8	6,5	13,0	6,2	92,2	54,8	25,0	0,16
19	2731	22,8	118,1	98,1	9,8	10,3	56,8	27,0	-	-	-	-	-	-	-	-	95,2	55,3	27,4	0,15
20	2731	24,9	133,7	113,6	10,2	10,8	62,8	29,8	-	-	-	-	-	-	-	-	94,6	55,8	29,7	0,15
21	2731	27,0	150,2	130,0	10,5	11,2	69,1	32,8	-	-	-	-	-	-	-	-	93,9	56,2	32,1	0,14
22	2731	29,1	167,7	147,7	10,9	11,7	75,6	35,9	-	-	-	-	-	-	-	-	93,2	56,6	34,5	0,13
23	2731	31,3	186,2	166,4	11,2	12,1	82,5	39,2	-	-	-	-	-	-	-	-	92,6	56,9	36,9	0,13
24	2731	33,4	205,2	185,8	11,5	12,5	89,4	42,5	-	-	-	-	-	-	-	-	91,9	57,1	39,4	0,12
25	2731	35,6	225,5	206,5	11,8	12,9	96,7	46,0	-	-	-	-	-	-	-	-	91,2	57,3	41,8	0,12
26	2731	37,8	246,5	228,0	12,0	13,3	104,2	49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	90,5	57,5	44,2	0,12
27	2731	40,0	268,2	250,2	12,3	13,7	111,9	53,2	-	-	-	-	-	-	-	-	89,9	57,6	46,7	0,11
27	1236	26,2	159,6	153,2	14,1	16,4	67,4	32,0	1495	13,8	108,6	97,0	10,5	10,8	44,5	21,1	85,6	57,6	30,0	0,17
28	1236	27,9	200,8	195,5	13,0	17,0	86,4	41,0	-	-	-	-	-	-	-	-	76,8	57,7	31,9	0,16
29	1236	29,7	218,6	213,5	13,3	17,5	93,1	44,2	-	-	-	-	-	-	-	-	76,3	57,8	33,7	0,16
30	1236	31,4	236,9	232,0	13,6	18,0	99,9	47,4	-	-	-	-	-	-	-	-	75,7	57,9	35,6	0,16
31	1236	33,1	255,7	251,0	13,9	18,5	106,8	50,7	-	-	-	-	-	-	-	-	75,3	57,9	37,4	0,15
32	1236	34,8	275,0	270,5	14,2	18,9	113,8	54,1	-	-	-	-	-	-	-	-	74,8	57,9	39,3	0,15
33	1236	36,5	294,6	290,3	14,4	19,4	121,0	57,5	-	-	-	-	-	-	-	-	74,3	57,9	41,1	0,15
34	1236	38,2	314,6	310,4	14,7	19,8	128,2	60,9	-	-	-	-	-	-	-	-	73,9	57,9	42,9	0,14
35	1236	39,9	334,9	330,8	14,9	20,3	135,4	64,3	-	-	-	-	-	-	-	-	73,5	57,9	44,7	0,14
36	1236	41,6	355,2	351,3	15,1	20,7	142,6	67,7	-	-	-	-	-	-	-	-	73,1	57,8	46,5	0,14
36	625	27,2	212,8	211,2	18,4	23,5	86,6	41,1	611	14,4	142,4	140,1	13,4	17,3	56,0	26,6	78,1	57,8	30,0	0,19
37	625	28,5	255,4	254,0	16,4	24,1	104,9	49,8	-	-	-	-	-	-	-	-	67,9	57,7	31,3	0,19

Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Estabilid ade	Estabilid ade	SDI%	Fw
Idade	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	hg/dg	h <sub>dom</sub> /d <sub>dom</sub>		
38	625	29,8	272,3	270,9	16,6	24,6	111,4	52,9	-	-	-	-	-	-	-	-	67,6	57,7	32,7	0,19
39	625	31,1	288,6	287,2	16,9	25,2	117,5	55,8	-	-	-	-	-	-	-	-	67,2	57,6	34,0	0,18
40	625	32,3	304,8	303,5	17,2	25,7	123,5	58,6	-	-	-	-	-	-	-	-	66,9	57,5	35,3	0,18
41	625	33,6	316,3	315,1	17,4	26,1	127,1	60,4	-	-	-	-	-	-	-	-	66,6	57,4	36,6	0,18
42	625	34,8	331,6	330,4	17,6	26,6	132,8	63,1	-	-	-	-	-	-	-	-	66,3	57,3	37,9	0,18
43	625	36,0	348,4	347,2	17,9	27,1	139,0	66,0	-	-	-	-	-	-	-	-	66,0	57,2	39,1	0,17
44	625	37,2	367,0	365,8	18,1	27,5	146,0	69,4	-	-	-	-	-	-	-	-	65,7	57,1	40,4	0,17
45	625	38,4	387,0	385,9	18,3	28,0	153,6	73,0	-	-	-	-	-	-	-	-	65,5	57,0	41,6	0,17

Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Estabilidade	Estabilidade	SDI%	Fw
Idade	N (árv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	N (árv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	hg/dg	h <sub>dom</sub> /d <sub>dom</sub>		
13	8020	21,9	93,20	29,6	10,0	5,90	40,20	19,10	-	-	-	-	-	-	-	-	169,7	58,6	27,8	0,11
14	8020	24,4	97,70	39,1	9,3	6,20	47,20	22,40	-	-	-	-	-	-	-	-	150,1	48,2	30,8	0,13
15	8020	27,0	113,70	52,6	9,9	6,50	53,20	25,30	-	-	-	-	-	-	-	-	151,3	49,2	33,9	0,12
16	8020	29,6	131,70	68,4	10,4	6,90	59,80	28,40	-	-	-	-	-	-	-	-	151,8	50,0	37,0	0,11
17	8020	32,3	151,60	86,2	10,9	7,20	67,0	31,80	-	-	-	-	-	-	-	-	151,9	50,8	40,2	0,10
18	8020	35,0	173,20	105,8	11,3	7,50	74,50	35,40	-	-	-	-	-	-	-	-	151,7	51,4	43,4	0,10
19	8020	37,7	196,20	127,1	11,7	7,70	82,40	39,10	-	-	-	-	-	-	-	-	151,2	52,0	46,6	0,09
20	8020	40,5	220,40	149,6	12,1	8,0	90,50	43,00	-	-	-	-	-	-	-	-	150,5	52,5	49,9	0,09
20	5373	34,1	178,50	131,0	9,8	9,0	74,10	35,20	2647	6,4	41,90	18,60	8,10	5,60	16,40	7,80	108,9	52,5	41,5	0,11
21	5373	36,6	201,70	157,8	11,0	9,30	88,10	41,80	-	-	-	-	-	-	-	-	118,0	53,0	44,4	0,10
22	5373	39,2	224,10	179,3	11,3	9,60	95,90	45,60	-	-	-	-	-	-	-	-	117,3	53,4	47,3	0,10
23	5373	41,7	246,10	200,8	11,6	9,90	103,40	49,10	-	-	-	-	-	-	-	-	116,4	53,7	50,3	0,09
24	5373	44,3	268,40	222,5	11,8	10,20	110,90	52,70	-	-	-	-	-	-	-	-	115,6	54,0	53,2	0,09
25	5373	46,9	291,40	245,2	12,1	10,50	118,50	56,30	-	-	-	-	-	-	-	-	114,8	54,3	56,2	0,09
25	3600	38,9	225,50	195,4	11,9	11,70	92,50	43,90	1773	8,0	65,80	49,70	8,80	7,60	26,00	12,40	101,1	54,3	46,1	0,11
26	3600	41,2	258,30	230,9	11,7	12,10	109,0	51,80	-	-	-	-	-	-	-	-	97,3	54,5	48,6	0,10
27	3600	43,5	280,30	253,2	12,0	12,40	116,70	55,40	-	-	-	-	-	-	-	-	96,6	54,7	51,2	0,10
28	3600	45,8	301,40	274,8	12,2	12,70	123,90	58,80	-	-	-	-	-	-	-	-	95,9	54,8	53,8	0,10
29	3600	48,1	324,10	298,0	12,4	13,0	131,60	62,50	-	-	-	-	-	-	-	-	95,3	54,9	56,4	0,10
30	3600	50,4	347,30	321,7	12,6	13,3	139,40	66,20	-	-	-	-	-	-	-	-	94,6	55,0	58,9	0,09
30	2500	41,9	276,10	260,1	14,0	14,60	111,60	53,0	1100	8,5	71,20	61,60	9,70	9,90	27,90	13,20	95,6	55,0	48,5	0,11
31	2500	43,9	314,90	300,5	12,7	15,0	128,80	61,20	-	-	-	-	-	-	-	-	85,2	55,1	50,8	0,11
32	2500	46,0	336,50	322,6	13,0	15,30	136,20	64,70	-	-	-	-	-	-	-	-	84,7	55,2	53,0	0,11
33	2500	48,0	358,40	344,8	13,2	15,60	143,70	68,30	-	-	-	-	-	-	-	-	84,2	55,2	55,2	0,10
34	2500	50,0	380,30	367,2	13,3	16,0	151,20	71,80	-	-	-	-	-	-	-	-	83,7	55,2	57,4	0,10
35	2500	52,0	402,40	389,6	13,5	16,30	158,70	75,40	-	-	-	-	-	-	-	-	83,2	55,2	59,5	0,10
35	1668	41,7	305,60	298,1	16,1	17,80	121,40	57,60	832	10	96,80	91,60	10,90	12,50	37,30	17,70	90,1	55,2	47,3	0,12
36	1668	43,4	348,30	341,5	14,0	18,20	139,60	66,30	-	-	-	-	-	-	-	-	76,6	55,2	49,2	0,12
37	1668	45,1	368,10	361,5	14,1	18,60	146,50	69,60	-	-	-	-	-	-	-	-	76,2	55,2	51,0	0,12

Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Estabilidade	Estabilidade	SDI%	Fw
Idade	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	hg/dg	h <sub>dom</sub> /d <sub>dom</sub>		
38	1668	46,8	388,0	381,6	14,3	18,90	153,40	72,90	-	-	-	-	-	-	-	-	75,5	55,2	52,8	0,12
39	1668	48,5	408,10	401,9	14,5	19,20	160,40	76,20	-	-	-	-	-	-	-	-	75,5	55,1	54,6	0,12
40	1668	50,1	428,30	422,2	14,7	19,60	167,30	79,50	-	-	-	-	-	-	-	-	75,1	55,1	56,3	0,11
41	1668	51,7	448,60	442,6	14,9	19,90	174,20	82,70	-	-	-	-	-	-	-	-	74,8	55,0	58,0	0,11
42	1668	53,3	468,80	463,0	15,0	20,20	181,10	86,0	-	-	-	-	-	-	-	-	74,5	54,9	59,7	0,11
43	1668	54,9	489,10	483,4	15,2	20,50	187,90	89,20	-	-	-	-	-	-	-	-	74,2	54,9	61,4	0,11
44	1668	56,4	509,20	503,7	15,3	20,80	194,60	92,50	-	-	-	-	-	-	-	-	73,9	54,8	63,0	0,11
45	1668	57,9	529,30	523,8	15,5	21,0	201,30	95,60	-	-	-	-	-	-	-	-	73,6	54,7	64,6	0,11

Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé		Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Estabilid ade	Estabilid ade	SDI%	Fw
Idade	N (árv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	N (árv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	hg/dg	h <sub>dom</sub> /d <sub>dom</sub>		
13	8020	21,9	93,2	29,6	10	5,9	40,2	19,1	-	-	-	-	-	-	-	-	169,7	58,6	27,8	0,11
13	2500	13,2	45,3	25,5	7,6	8,2	20,7	9,8	5520	8,7	47,9	4,1	8,5	4,5	19,5	9,3	92,2	58,6	16,3	0,20
14	2500	15,1	60,2	44,9	7,5	8,8	35,4	16,8	-	-	-	-	-	-	-	-	85,7	48,2	18,4	0,23
15	2500	17,0	72,6	56,7	8,0	9,3	41,0	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	86,0	49,2	20,7	0,21
16	2500	19,0	85,6	69,3	8,5	9,8	46,8	22,2	-	-	-	-	-	-	-	-	86,1	50,0	23,0	0,20
17	2500	21,1	99,5	82,8	8,9	10,4	52,7	25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	86,1	50,8	25,3	0,19
18	2500	23,2	114,5	97,7	9,4	10,9	59,0	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-	86,0	51,4	27,8	0,17
19	2500	25,4	130,6	113,8	9,8	11,4	65,6	31,2	-	-	-	-	-	-	-	-	85,7	52,0	30,2	0,17
20	2500	27,6	147,2	130,5	10,1	11,9	72,2	34,3	-	-	-	-	-	-	-	-	85,4	52,5	32,7	0,16
21	2500	29,9	165,9	149,5	10,5	12,3	79,7	37,9	-	-	-	-	-	-	-	-	85,1	53,0	35,2	0,15
22	2500	32,1	185	169,0	10,8	12,8	87,2	41,4	-	-	-	-	-	-	-	-	84,7	53,4	37,7	0,14
23	2500	34,4	205,3	189,7	11,2	13,2	95,0	45,1	-	-	-	-	-	-	-	-	84,3	53,7	40,3	0,14
24	2500	36,7	226,4	211,3	11,5	13,7	103,0	48,9	-	-	-	-	-	-	-	-	83,9	54,0	42,8	0,13
25	2500	39,1	248,4	233,8	11,8	14,1	111,2	52,8	-	-	-	-	-	-	-	-	83,5	54,3	45,4	0,13
26	2500	41,4	271,1	256,9	12,1	14,5	119,6	56,8	-	-	-	-	-	-	-	-	83,1	54,5	47,9	0,13
27	2500	43,7	294,4	280,7	12,3	14,9	128,1	60,8	-	-	-	-	-	-	-	-	82,6	54,7	50,5	0,12
28	2500	46,0	318,2	304,9	12,6	15,3	136,7	64,9	-	-	-	-	-	-	-	-	82,2	54,8	53,0	0,12
29	2500	48,3	342,4	329,5	12,8	15,7	145,3	69,0	-	-	-	-	-	-	-	-	81,8	54,9	55,5	0,12
30	2500	50,6	366,9	354,5	13,1	16,1	153,9	73,1	-	-	-	-	-	-	-	-	81,4	55,0	58,0	0,11
30	1668	40,6	279,2	272,0	14,9	17,6	118,1	56,1	832	10	87,7	82,5	10,8	12,4	35,8	17	84,6	55,0	46,1	0,14
31	1668	42,6	320,5	314,0	13,5	18,0	136,4	64,8	-	-	-	-	-	-	-	-	75,0	55,1	48,3	0,13
32	1668	44,6	342,6	336,3	13,8	18,5	144,5	68,6	-	-	-	-	-	-	-	-	74,7	55,2	50,4	0,13
33	1668	46,6	365,0	358,9	14,0	18,9	152,6	72,5	-	-	-	-	-	-	-	-	74,3	55,2	52,5	0,13
34	1668	48,5	387,8	381,8	14,2	19,2	160,7	76,4	-	-	-	-	-	-	-	-	74,0	55,2	54,6	0,13
35	1668	50,5	410,8	405,0	14,5	19,6	168,9	80,2	-	-	-	-	-	-	-	-	73,6	55,2	56,7	0,12
36	1668	52,4	434,0	428,4	14,7	20,0	177,1	84,1	-	-	-	-	-	-	-	-	73,3	55,2	58,8	0,12
37	1668	54,3	456,6	451,1	14,9	20,4	185,0	87,9	-	-	-	-	-	-	-	-	73,0	55,2	60,8	0,12
37	1116	42,9	341,4	338,2	17,8	22,1	139,5	66,3	552	11,4	115,2	112,9	12,6	16,2	45,5	21,6	80,3	55,2	47,6	0,15
38	1116	44,5	388,4	385,4	15,5	22,5	159,6	75,8	-	-	-	-	-	-	-	-	69,0	55,2	49,3	0,14

Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Em pé	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Removido	Estabilidade	Estabilidade	SDI%	Fw
Idade	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	N (árvo/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)	Vmer (m <sup>3</sup> /ha)	hg (m)	dg (cm)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)	hg/dg	h <sub>dom</sub> /d <sub>dom</sub>		
39	1116	46,1	408,7	405,8	15,8	22,9	167	79,3	-	-	-	-	-	-	-	-	68,7	55,1	51,0	0,14
40	1116	47,7	429,0	426,3	16,0	23,3	174,4	82,8	-	-	-	-	-	-	-	-	68,4	55,1	52,7	0,14
41	1116	49,3	449,5	446,8	16,2	23,7	181,7	86,3	-	-	-	-	-	-	-	-	68,2	55,0	54,3	0,14
42	1116	50,8	470,0	467,4	16,4	24,1	189,0	89,8	-	-	-	-	-	-	-	-	67,9	54,9	55,9	0,14
43	1116	52,4	490,5	487,9	16,5	24,4	196,3	93,3	-	-	-	-	-	-	-	-	67,7	54,9	57,5	0,13
44	1116	53,9	511,0	508,5	16,7	24,8	203,6	96,7	-	-	-	-	-	-	-	-	67,5	54,8	59,1	0,13
45	1116	55,3	531,5	529,0	16,9	25,1	210,8	100,1	-	-	-	-	-	-	-	-	67,3	54,7	60,6	0,13