



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa

Análise do módulo da queda de folhada em eucaliptais no modelo 3-PG

Paulo Neves Firmino

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Florestal e Dos Recursos Naturais

Orientador: Doutora Ana Paula Soares Marques de Carvalho

Co-orientador: Professora Catedrática Maria Margarida Branco de Brito Tavares
Tomé

Júri:

PRESIDENTE - Doutor Pedro César Ochôa de Carvalho, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

VOGAIS - Doutora Ana Paula Soares Marques de Carvalho, Técnica Superior do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutora Sofia Cerasoli Salvatori.

Lisboa, 2011

AGRADECIMENTOS

Na finalização deste ciclo na minha vida tenho o gosto de apresentar a minha gratidão a todas as pessoas que se esforçaram incessantemente pelo meu sucesso, às pessoas com as quais travei amizades duradouras e a todos que de qualquer maneira me apoiaram pelos motivos mais variados, tendo tornado este percurso académico tão aprazível. Dessas pessoas, destaco:

- À Doutora Paula Soares, por todo o seu empenho no sucesso deste trabalho, desde o primeiro dia de procura de povoamentos admissíveis à última correcção, pela sua amizade e apoio e pela sua disponibilidade total. Uma pessoa com a que claramente fico em dívida.
- À professora Margarida Tomé, por me ter proporcionado esta oportunidade, pelos seus ensinamentos e pela sua motivadora e permanente boa disposição.
- À Engenheira Clara Araújo, pela sua prestabilidade na disposição de locais propícios à instalação de parcelas e ao professor Arruda, pela sua pronta disponibilidade em ir ao campo analisar os solos do ensaio.
- Ao Pep (Joseph Crous), pelos ensinamentos, amizade e apoio, momentos caricatos e por uma alegria inata capaz de contagiar o próximo.
- Ao João Silva e Paulo Henriques da Arboris, pelo seu apoio na instalação do ensaio, pela companhia e alegria nas manhãs de segundas feiras quinzenais e por permitirem apresentar as suas imagens nas fotografias deste trabalho (promessa cumprida).
- Aos meus pais, por todo o esforço incondicional que fizeram todos os dias para permitir que tudo isto acontecesse.
- À minha irmã, pela sua “irmandade”, alegria e pela constante vontade de ajudar durante todo o trabalho.
- À Carina Fontinha, por... tudo. Tudo o que vivi, aprendi, desenvolvi e cresci na sua companhia. Por estar nos melhores e piores momentos e por todo o apoio, motivação e força que me deu ou induziu durante estes anos.
- Aos meus amigos Ana Cortinhas, Ana Tomás, Carina Oliveira, Carlos Relva, Diogo Martins e Diogo Pontes, pelos inestimáveis momentos de companheirismo, apoio, alegria e estudo lado a lado.
- Aos meus amigos Cláudia Veríssimo, Patrícia Alves, Susana Barreira e Vitor Horta, por terem, à sua maneira, tornado os momentos maus menos maus e os bons melhores durante estes anos.
- À minha família, por todo o apoio que me proporcionou e pelos momentos de família em paz, em fantasia ou em alegria.
- A todos que aqui não pude referir mas que fizeram parte do meu percurso académico, o meu Obrigado.

RESUMO

A subvalorização das estimativas de biomassa de folhada obtidas com o modelo 3-PG na análise do ensaio de fertilização e rega, para todos tratamentos (Testemunha, Fertilização, Rega e Fertilização+Rega) conduziu à instalação de três parcelas, em povoamentos de *Eucalyptus globulus* de origem seminal, alto fuste e com diferentes idades e índices de qualidade de estação para confirmar as tendências observadas no referido ensaio.

As parcelas 1 e 2 foram instaladas num eucaliptal de 4,5 anos, enquanto a parcela 3 num de 8,5 anos. Respectivamente, obtiveram-se valores de biomassa seca de folhada acumulada no período 15 Março a 26 Outubro de 2011 de 1,12 Mg ha⁻¹, 1,86 Mg ha⁻¹ e 2,82 Mg ha⁻¹. A melhor qualidade de estação diferenciou os resultados das parcelas de mesma idade, enquanto que a parcela de 8,5 anos teve resultados superiores a ambas. Embora o número de recolhas seja reduzido, as estimativas obtidas pelo modelo 3-PG para as parcelas indiciam também a mesma subestimação, confirmando os resultados do anterior ensaio.

É necessário este estudo completar, pelo menos, um ano de recolhas e/ou possivelmente instalar novas parcelas para confirmar a necessidade de melhorar o submodelo de queda de folhada do modelo 3-PG para *Eucalyptus globulus* em Portugal.

Palavras-chave: Modelo 3-PG, *Eucalyptus globulus*, Queda de folhada.

ABSTRACT

An underestimation of accumulated leaf biomass obtained with the 3-PG model when applied to a fertilization and irrigation trial of *Eucalyptus globulus*, conducted to install three plots in seminal high forest of *Eucalyptus globulus* with different ages and different site indexes to support the tendency observed in the fertilization and irrigation trial.

Plots 1 and 2 were installed in a 4,5 years old eucalyptus stand, while plot 3 was installed in a 8,5 years old stand. Accumulated litterfall (dried) biomass during the period 15 March – 26 October 2011, was 1,12 Mg ha⁻¹, 1,86 Mg ha⁻¹ e 2,82 Mg ha⁻¹ respectively. A higher site index distinguished results of the same age stands, while the plot at the older stand achieved superior biomass. Although the reduced number of litterfall collects, estimates obtained by 3-PG when applied to the three plots confirm the underestimation of litterfall.

It's necessary to complete this study for at least one year and possibly install more plots in different combinations of age and site index to confirm the need of improvement of the litterfall module of 3-PG model in Portugal.

Keywords: 3-PG model, *Eucalyptus globulus*, Litterfall.

EXTENDED ABSTRACT

Eucalyptus globulus is a specie with considerable growing interest in portuguese forest and economy. According to the 5th Forest National Inventory, between 2005 and 2006, the specie already was occupying the second largest area, 740 thousands ha due to essentially paper industry.

In attempt to model *Eucalyptus globulus* growth, some models have already been developed. Growth estimates were made by empiric models (SOP, Globulus series) and also by process based models as Maestro and 3-PG. 3-PG is being developed to estimate growth for several portuguese species for Portugal's specific climate, attempting to increase the model's accuracy to predict various tree and stand variables. Marked by its simplicity, the model has become an important tool in forest management.

3-PG is divided in five different sub models. This study is based on the litterfall module from biomass partition between leaves, stem and roots sub model. There is an underestimation between values estimated for accumulated litterfall from 3-PG and when applied to a fertilization and irrigation trial of *Eucalyptus globulus*.

In order to understand this tendency observed, were installed three plots in seminal high forest of *Eucalyptus globulus* with different ages and site indexes, at Quinta do Furadouro, Óbidos. Plot 1 and 2 were installed in a 4,5 year old stand, with plot 1 having a higher site index and being in better soil conditions. Plot 3 was installed in a 8,5 year old stand, with a high site index.

Twenty rectangular litterfall traps, 2 m² sized, were randomly installed at each plot in order to collect litterfall during the period 15 March – 26 October 2011. Every 15 days, all material was collected in one plastic bag for each plot to be classified and separated in leaves, branches, bark and fruits classes. After this separation, material was dried at 70°C for 48 hours and weighted. This process was repeated until the material weight was considered stable.

Accumulated dried biomass results was 1,12 Mg ha⁻¹, 1,86 Mg ha⁻¹ e 2,82 Mg ha⁻¹ respectively. These values seem to be in similar to annual results of bibliography for *Eucalyptus globulus* in Portugal for the respective stand ages, although this trial only had 7 months. Plots 1 and 2 had a considerable biomass total difference, mostly due to site index difference and a low water draining soil capacity in plot 2. Plot 3 had the highest results in total biomass as expected, but arguably low leaf biomass, possibly due to a small canopy length. Litterfall variation was very irregular distributed through the trial, although the same pattern was observed in all three plots. There seems to be a relation between litterfall patterns and climatic factors, observing higher litterfall quantities not only when there is low rainfall but also when higher wind speed occurs.

3-PG also underestimates accumulated litterfall biomass when estimates are compared with these trial results, as well as with irrigation and fertilization trial, suggesting a structure revision of 3-PG's litterfall module, although the reduced number of litterfall collects. It's necessary to complete this

study for at least one year and possibly install more plots in different combinations of age and site index to confirm the need of improvement of the litterfall module of 3-PG model in Portugal.

ÍNDICE

	Página
SIGLAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. EUCALIPTO EM PORTUGAL	4
2.1. Caracterização da floresta portuguesa	4
2.2. História e expansão do eucalipto em Portugal	4
2.3. Distribuição do eucalipto em Portugal	5
2.4. Sistema de produção	6
3. MODELOS DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO FLORESTAL	8
3.1. Classificação de modelos florestais	8
3.2. Modelo 3-PG	9
3.3. Módulo da queda de folhada do modelo 3-PG	10
3.4. Modelo 3-PG parametrizado para Portugal – Ensaio de fertilização e rega	11
4. REVISÃO SOBRE QUEDA DE FOLHADA EM EUCALIPTAL EM PORTUGAL	15
4.1. Ensaio do estudo da dinâmica do azoto e do carbono em plantações florestais intensivas	15
4.2. Ensaio de compartimentos e ciclos de nutrientes em plantações de <i>E. globulus</i>	17
5. MATERIAIS E MÉTODOS	19
5.1. Caracterização da área de estudo	19
5.1.1. Caracterização geográfica	19
5.1.2. Caracterização climática	19
5.1.3. Caracterização do solo e litologia	21
5.2. Delineamento experimental	21
5.2.1. Instalação e medição de parcelas	21
5.2.2. Número e localização dos cestos de recolha de folhada	23
5.2.3. Instalação dos cestos de recolha de folhada	25
5.2.4. Metodologia laboratorial	27
5.3. Avaliação do módulo de folhada – Ensaio de fertilização e rega	28
5.4. Avaliação do módulo de folhada – Parcelas instaladas no âmbito deste trabalho	31
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1 Avaliação do módulo de folhada – Ensaio de fertilização e rega	34
6.2 Avaliação do módulo de folhada – Parcelas instaladas no âmbito deste trabalho	35
7. CONCLUSÕES	43
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

SIGLAS

AFN	Autoridade Florestal Nacional
DGF	Direcção Geral das Florestas
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
INAG	Instituto Nacional da Água
ISA	Instituto Superior de Agronomia
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribuição do eucaliptal em Portugal: proporção de área ocupada em cada NUT III	6
Figura 2: Representação esquemática da estrutura do modelo 3-PG	10
Figura 3. a) Quantidade média de folhada obtida por recolha entre o período de Fevereiro de 1988 a Março de 1992. Entre 1988-1989 foram utilizados os valores médios dos dois blocos por tratamento. Entre 1990 e 1992 foram utilizados os valores de apenas um dos blocos de cada tratamento; b) e c) Temperatura média mensal e precipitação mensal durante o período de Janeiro de 1988 a Março de 1992	13
Figura 4. Variação da biomassa anual média de folhas colhidas, durante 1998, no ensaio do Furadouro. O tratamento S representa a parcela com redistribuição dos resíduos de abate, I indica o tratamento com incorporação dos mesmos numa espessura de 20 cm do solo, e por último, R representa o tratamento com remoção de horizontes orgânicos e de resíduos de abate)	16
Figura 5. Variação da precipitação (A), bem como das quantidades (kg ha ⁻¹) de folhas (B) e outros materiais (C), recolhidas no eucaliptal por períodos quinzenais entre Novembro 1992 e Junho 1995.....	18
Figura 6. Localização do ensaio realizado. À esquerda: Localização da Quinta do Furadouro na região de Óbidos. À direita: localização das unidades operacionais e das parcelas instaladas na Quinta do Furadouro. Delineada a azul, Unidade operacional 30, contendo a parcela 1 e 2; Delineada a verde, Unidade Operacional 11, contendo a parcela 3	19
Figura 7. Temperatura média mensal (°C) e precipitação mensal ocorridas na região de Óbidos entre o período Janeiro de 2011 e Outubro de 2011.....	20
Figura 8. Representação dos locais das três parcelas, à esquerda: Parcela 1, ao meio: Parcela 2, à direita: Parcela 3.	23
Figura 9. Esquema da disposição dos cestos. Cada letra representa um dos quadrantes da área de queda de folhada.....	25
Figura 10. Esquema da constituição e dimensão de cada cesto de folhada – utilização de 6 postes de madeiras.....	25
Figura 11. Construção dos cestos: a) medição das distâncias entre estacas; b) colocação das estacas no solo por forma a fazer 1 metro de altura; c) agrafar da rede de sombra aos topos das estacas; d) reforço da rede nas extremidades; e) colocação de grampo metálicos para finalizar a fixação da rede à estaca; f) Cesto montado.....	26
Figura 12. Tabuleiro de separação de materiais e exemplo de cada um dos componentes da folhada	27
Figura 13. Metodologia experimental de laboratório ilustrada	28

Figura 14. Dados utilizados como <i>input</i> no programa 3-PG para os quatro tratamentos do ensaio de fertilização e rega.....	29
Figura 15 – Dados climáticos do ensaio de fertilização e rega inseridos no modelo 3-PG. Exemplo do ano 1987 e 1988.....	30
Figura 16. Dados utilizados como <i>input</i> no programa 3-PG para as 3 parcelas instaladas no âmbito deste trabalho.....	33
Figura 17. Dados climáticos inseridos no modelo 3-PG. Exemplo do ano 2011 e 2012. Os dados depois de Outubro de 2011 são retirados dos valores médios para a região entre 1965 e 2002.....	33
Figura 18. Valores acumulados de folhada, com cestos de área 1,23 m ² , entre os 2 e os 6 anos de idade, ou seja, 1988 e 1992.....	34
Figura 19. Variação da quantidade de queda de folhada (kg ha ⁻¹) entre o período de Março e Outubro de 2011 para as três parcelas em estudo.....	37
Figura 20. a) Variação da: temperatura média do ar mensal (°C); b) precipitação mensal (mm) c) velocidade média do vento semanal (m s ⁻¹). Os gráficos referem-se ao período entre Março e Outubro de 2011.....	38
Figura 21. Variação da quantidade de folhas na folhada (kg ha ⁻¹) entre o período Março e Outubro de 2011 para as três parcelas em estudo.....	39
Figura 22. Variação da quantidade de outros materiais, ramos, cascas e cápsulas (kg ha ⁻¹) entre o período de Março e Outubro de 2011 para as três parcelas em estudo.....	40
Figura 23. Valores acumulados de folhada, entre os 5 e os 6 anos de idade, no caso das parcelas 1 e 2, e entre os 9 e 10 anos de idade, na parcela 3.....	41

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Biomassa de folhas recolhida (Mg ha^{-1}) entre Abril de 1987 até Março de 1992....	14
Tabela 2. Descrição das parcelas instaladas na Quinta do Furadouro.	22
Tabela 3. Data de recolha do material caído nos cestos de recolha de folhada.....	24
Tabela 4: Distribuição das árvores de cada parcela em classes de diâmetros	24
Tabela 5. Dados de povoamento e de solo necessários ao modelo 3-PG	28
Tabela 6. Dados climáticos necessários ao modelo 3-PG	30
Tabela 7. Equações de biomassa para componentes e biomassa total acima do solo de <i>Eucalyptus</i>	31
Tabela 8. Quantidades totais acumuladas de componentes da folhada e desvios padrão (entre parêntesis), recolhidas em cada uma das parcelas entre Setembro e Março, e proporções dessas componentes em relação aos totais.....	36

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.1 – Ficha de campo da parcela 1

Anexo 1.2 – Ficha de campo da parcela 2

Anexo 1.3 – Ficha de campo da parcela 3

Anexo 2 – Protocolo de laboratório

1. INTRODUÇÃO

Têm sido realizados diversos esforços na modelação do crescimento da *Eucalyptus globulus* em Portugal, pretendendo-se essencialmente que os modelos desenvolvidos sirvam como ferramentas de decisão no planeamento e gestão florestais. Para além dos modelos empíricos, baseados essencialmente em aplicações matemáticas às medições obtidas, os modelos mecanísticos, baseados em processos fisiológicos e em variáveis ambientais, vêm crescendo na sua utilidade sendo, cada vez mais, vistos como uma mais valia à possibilidade de prever as consequências no crescimento florestal devidas a alterações climáticas, o potencial produtivo de locais nunca antes arborizados, o crescimento de povoamentos para os quais não existem medições, os efeitos de práticas de gestão, de pragas e/ou doenças, tornando-se ferramentas imprescindíveis para uma gestão florestal cada vez mais exigente.

Dos modelos baseados em processos fisiológicos destaca-se, actualmente em Portugal e no mundo em geral, o modelo 3-PG (Physiological Principles Predicting Growth) pela sua simplicidade, por necessitar de poucos parâmetros e relativamente fáceis de obter, para inicializar o programa. É utilizado pelo programa Excel, da Microsoft, como interface, com a particularidade do modelo estar implementado numa macro em Visual Basic.

Existe já um vasto número de trabalhos na utilização deste modelo pelas diversas condições climáticas do mundo, como é o caso da África do Sul, Austrália, Brasil, Chile, Espanha, Estados Unidos da América, Nova Zelândia, Finlândia, Grã-Bretanha, Suécia e também Portugal para um número significativo de espécies florestais, nomeadamente *Eucalyptus globulus* (Sands e Landsberg, 2002; Fontes *et al.*, 2006; Rodríguez-Suárez *et al.*, 2010), *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (Stape *et al.*, 2004), *E. grandis* x *E. camaldulensis* Dehnhardt (Dye *et al.*, 2004), *E. grandis* (Almeida *et al.*, 2004; Esprey *et al.*, 2004), *Pinus taeda* L. (Landsberg *et al.*, 2001), *Pinus ponderosa* Dougl. Ex P. & C. Laws. (Law *et al.*, 2000; Coops *et al.*, 2005), *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (Waring and McDowell, 2002), *Pinus patula* Schiede ex Schlecht. & Cham. (Dye, 2001), *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. (Waring, 2000), *Corymbia maculata* Hill e Johnson, *Araucaria cunninghamii* Ait. Ex D. Don, *Eucalyptus pilularis* Sm., *Eucalyptus delegatensis* R. T. Bak., *Picea abies* (L) Karst., *Pinus radiata* D. Don. e *Pinus elliotii* Engelm. (Landsberg *et al.*, 2001; Landsberg *et al.*, 2003), *Eucalyptus cladocalyx* e *Corymbia maculata* (Paul *et al.*, 2007), e *Eucalyptus nitens* (Pérez-Cruzado *et al.*, 2011).

A estrutura do modelo 3-PG é constituída por cinco submodelos com áreas específicas: (1) assimilação de carboidratos (produção de biomassa), (2) partição de biomassa por folhas, raízes e o conjunto de lenho, casca e ramos, (3) mortalidade, (4) balanço de água no solo e a (5) conversão de valores de biomassa em variáveis de interesse a produtores florestais (Sands e Landsberg, 2002).

O objectivo deste trabalho incidirá na revisão e análise do módulo da queda de folhada do modelo 3-PG pertencente ao submodelo da partição de biomassa, sendo apenas estudada esta parte do modelo. Tal particularidade justifica-se pela falta de aderência do referido módulo do modelo em

relação aos valores reais obtidos em campo, revelando-se necessária uma validação deste a fim de confirmar se será necessário efectuar-se uma reparametrização, ou se, pelo contrário, eventuais erros no trabalho de campo tenham sido a causa para a falta de aderência do programa neste módulo.

Assim, este estudo consistirá em três pontos fulcrais:

- A criação de um sistema de recolha de folhada de *Eucalyptus globulus* com objectivo de confirmar ou rejeitar a falta de aderência do módulo de queda de folhada do modelo 3-PG a um novo conjunto de dados observados para a mesma região do ensaio anterior, ensaio de fertilização e rega (Secção 3.4);
- A utilização do modelo na versão existente para estimar os valores de queda de folhada para os locais de instalação dos cestos de recolha de folhada e calcular os valores de biomassa de folhada obtida nos cestos instalados;
- A comparação de ambos os resultados a fim de perceber se será necessário ou não o reajustamento dos parâmetros do módulo de queda de folhada.

Para conseguir atingir estes objectivos, o trabalho está estruturado da forma explicada em seguida:

No capítulo 1 é introduzido o problema e apresentam-se os objectivos do trabalho realizado, realçando-se a sua importância e fazendo o seu enquadramento relativamente ao estudo dos ecossistemas florestais de *Eucalyptus globulus* do nosso País.

No capítulo 2 caracteriza-se a espécie florestal em estudo, *Eucalyptus globulus*, descrevendo-se a evolução da espécie desde a sua introdução em Portugal até à actualidade, a sua distribuição no país, a morfologia das folhas, cascas e frutos e sistema de produção para a espécie.

No capítulo 3 são classificados os modelos de crescimento e produção florestal. Além disso, descreve-se de forma geral o modelo 3-PG e pormenorizadamente o módulo da queda de folhada. O ensaio em que foi baseada esta versão do 3-PG para obtenção de dados observados também será descrito neste capítulo.

No capítulo 4 descrevem-se alguns trabalhos já realizados sobre queda de folhada em Portugal a fim de contextualizar os valores obtidos em campo.

O capítulo 5 é focado na área experimental, destacando-se os aspectos geográficos, climáticos e litológicos do local em estudo. São também descritos os materiais e métodos utilizados ao longo do trabalho, apresentando-se pormenorizadamente a metodologia experimental, as técnicas de amostragem aplicadas e a metodologia laboratorial utilizadas. Finalmente é explicada a fase inicial do programa, descrevendo os dados de *input* existentes.

No capítulo 6 são expostos e discutidos os resultados experimentais obtidos nas parcelas instaladas, nomeadamente as quantidades de folhada e a distribuição das várias categorias desta ao longo do

ensaio; utilizado o programa 3-PG para obter os *outputs* a partir da informação das parcelas e discutidos e comparados os resultados do modelo para os dois estudos.

No capítulo 7 são apresentadas as conclusões gerais do trabalho.

No capítulo 8 são apresentadas as referências bibliográficas.

2. EUCALIPTO EM PORTUGAL

2.1. Caracterização da floresta portuguesa

Segundo os resultados do 5º Inventário Florestal Nacional realizado entre 2005 e 2006 (IFN, 2005), a floresta portuguesa ocupa, aproximadamente, 3,46 milhões de hectares, o equivalente a 38,8% do território continental (AFN, 2010). Em relação ao anterior inventário (DGF, 2001), realizado em 1997-1998, destaca-se um aumento de 109.000 hectares de área florestal. Quanto a espécies florestais, em povoamentos puros e dominantes, o pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Ait.) lidera com 885 mil hectares, seguido do eucalipto, cuja espécie dominante é a *Eucalyptus globulus* Labill., com 740 mil hectares e do sobreiro (*Quercus suber* L.), com 412 mil hectares. A soma destas três espécies representa 74% das áreas florestais existentes (AFN, 2010). Das restantes, salienta-se a azinheira (*Quercus ilex* spp. *rotundifolia* L.) com 413 mil hectares, os carvalhos (*Quercus* spp.) apresentando 150 mil hectares, o pinheiro manso (*Pinus pinea* L.), 130 mil hectares e o castanheiro (*Castanea sativa*) com 30 mil hectares (AFN, 2010). As motivações económicas são um factor que pesa nos números existentes, sendo a rentabilidade de cada espécie e o risco do investimento determinantes nas escolhas dos proprietários florestais. Consequentemente, justifica-se assim o aumento da área de eucalipto e pinheiro manso derivado da boa rentabilidade e do curto prazo de retorno financeiro e, por outro lado, o decréscimo de área de pinheiro bravo e azinheira pelas razões inversas às anteriormente apresentadas (AFN, 2010).

O sector florestal tem um papel de grande relevância na economia e na sociedade do País, representando, em 2008, 1,4% do Valor Acrescentado Bruto (VAB) nacional e 7,9% do VAB industrial (AFN, 2010). Constitui 9,3% do total de exportações nacionais e 3,4% do total de importações nacionais de bens. Também para 2008, a Indústria da Fileira Florestal representava 12% do volume de emprego da Indústria Transformadora e cerca de 1,8% do volume de emprego total nacional (AFN, 2010).

2.2. História e expansão do eucalipto em Portugal

Consta que a *E. globulus* Labill., também denominada por eucalipto azul, foi descoberto em 1792 por Labillardière, na Ilha de Van Diemen, na Tasmânia, tendo este classificado e divulgado a sua existência na Europa. Porém, só mais tarde a planta foi trazida para jardins botânicos, destacando-se Guichemont como sendo um dos primeiros responsáveis (Silva *et al.*, 2007).

Estima-se, consoante a informação consultada que, em Portugal, o eucalipto entrou na década de 1850, mais especificamente em 1852 ou 1854, não havendo total certeza quanto à data mais correcta (Silva *et al.*, 2007). A razão da introdução fundamentou-se no gosto pelas plantas exóticas que havia na altura, tendo estas principalmente a finalidade de embelezamento de parques e jardins (Alves *et al.*, 2007). No entanto, o eucalipto facilmente chamou a atenção da ciência florestal. As condições edafo-climáticas de Portugal pareciam ser propícias, tinha um crescimento rápido e era

pouco susceptível a doenças. Dado que também a madeira era de boa qualidade, principalmente para carpintaria e construção, trouxe interesse de modo generalizado à sociedade, por ser uma fonte fácil e acessível de obtenção de matéria-prima. Fora estes interesses em produtos lenhosos, também por ter como característica um grande consumo de água, foi indicado para secar terrenos pantanosos (Alves *et al.*, 2007).

Em 1927, estimava-se que os eucaliptos, em conjuntos com acácias, ocupassem aproximadamente 8 mil hectares, numa área florestal total de 2,1 milhões de hectares, constituída maioritariamente por pinheiros (mais de um milhão), soutos (mais de 85 mil), montados (mais de 935 mil) e carvalhais (mais de 80 mil). Já até ao final da década de 50, a área ocupada pelo eucaliptal estaria na ordem dos 50.000 hectares (Silva *et al.*, 2007). A partir dos anos 60, a expansão do eucalipto em Portugal disparou. Enquanto que, em 1962, a área ocupada já era de 150 mil hectares, no início da década de 80 ultrapassava os 250 mil hectares. Em 1990, atingia mais de 450 mil hectares, entre povoamentos puros, mistos ou mesmo dispersos (Silva *et al.*, 2007).

A razão incidiu maioritariamente na expansão da indústria de celulose que utilizava cada vez mais a espécie como matéria-prima, com detrimento na utilização de pinheiro bravo. Consta que em 1985, de toda a madeira trabalhada pela indústria de pasta de papel, aproximadamente 20% correspondia a madeira de pinheiro, enquanto que a grande parte utilizada, 80%, era de eucalipto. As indústrias asseguravam matéria-prima suficiente por obtenção de uma vasta área de eucaliptal, quer por conta própria quer através de arrendamento a agricultores. Para além disso, asseguravam assistência técnica e financeira a lavradores que lhes fornecessem rolaria de eucalipto. Assim, muito terrenos que eram submetidos a agricultura ou que haviam sido ocupados por pinhal, passavam a ser utilizados para plantação de eucaliptais (Alves *et al.*, 2007).

2.3. Distribuição do eucalipto em Portugal

O eucalipto é uma espécie com preferência por climas temperados e húmidos, nem muito frios no Inverno, nem excessivamente secos no Verão (Fabião, 1987). Não é exigente quanto ao solo, com a particularidade de ser susceptível a solos calcários ou fortemente alcalinos e a zonas mal drenadas (Carvalho, 1999). De acordo com Fabião (1987), distribui-se essencialmente em zonas de baixa altitude, com preferência para a proximidade ao litoral.

Esta informação é corroborada por Alves *et al.* (2007), confirmando a maior incidência na faixa litoral centro, nomeadamente nas unidades territoriais (NUT) do Grande Porto, Entre Douro e Vouga, Baixo Vouga, Baixo Mondego, Pinhal Interior Norte, Médio Tejo e Oeste, onde a ocupação de eucalipto é superior a 15% (Figura 1). O conjunto destas regiões engloba 40% da área total de eucalipto em Portugal Continental. Nas unidades territoriais do Interior Norte do país, Alentejo interior, Lisboa e Algarve, representantes de 46% da área de Portugal Continental, a proporção de ocupação por eucalipto é inferior a 5% (Alves *et al.*, 2007).

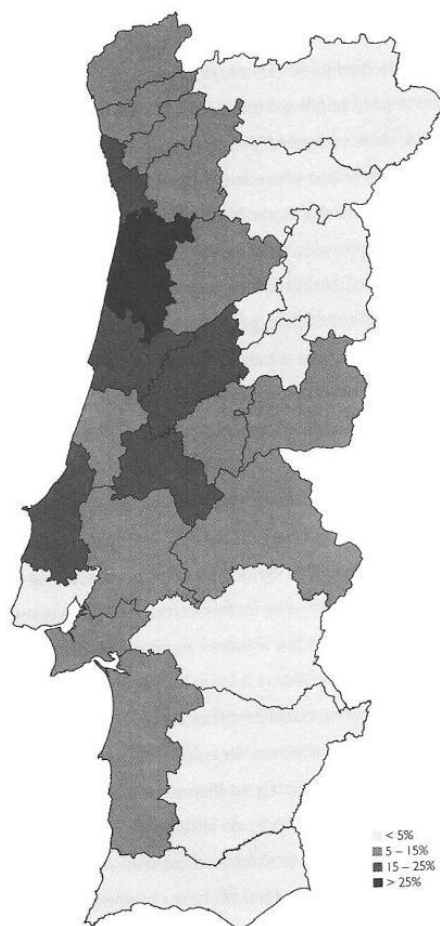


Figura 1. Distribuição do eucaliptal em Portugal: proporção de área ocupada em cada NUT III (Fonte: Alves *et al.*, 2007).

2.4. Sistema de produção

O eucalipto é uma árvore da família das Mirtáceas, de grande porte podendo atingir entre 60 a 80 metros em idades adultas. É uma árvore de folha persistente, com folhas juvenis sésseis, de forma ovada e cor glauca, opostas quanto à inserção, mas com folhas adultas alternas, pecioladas, lanceoladas, e falciformes, de cor verde brilhante. A casca é de textura lisa, de cor cinzento acastanhado, destacando-se em tiras longas e estreitas. As flores são sésseis, grandes, de cor branca. Quanto ao fruto, trata-se de uma cápsula relativamente lenhosa, das maiores que podem encontrar-se em eucaliptos (Fabião, 1986).

A propagação pode ser feita por semente, em viveiro, ou por estaca, com aplicação a hormonas vegetais e desenvolvimento em estufa. A segunda forma é principalmente utilizada em programas de melhoramento genético (Fabião, 1986).

O eucalipto é conduzido segundo um sistema de produção relativamente simples, aproveitando a precocidade do crescimento rápido e a capacidade de produzir, após o corte, novos caules a partir

da touça. Estas características privilegiam a condução em talhadia. A periodicidade de corte dos povoamentos é de 12 anos, permitindo três a quatro rotações, sendo que depois do primeiro corte o eucalipto é explorado em regime de talhadia.

Após cada corte é frequente recorrer à técnica de selecção de varas no intuito de reduzir o número de varas que emergem por touça, de modo a evitar o auto-ensombramento e a reduzir a competição ao nível da touça. Antes da selecção, é comum encontrarem-se 6, 7 ou mais varas por touça. A selecção de varas é normalmente feita 1,5 a 3 anos após o corte, de Outubro a Março. O número de varas por touça é escolhido de modo a manter um grau de coberto elevado em função da mortalidade de touças na rotação anterior.

A maior parte dos povoamentos são monoespecíficos, plantados com densidades definitivas. A densidade à plantação é limitada por lei entre as 1100 e as 1600 plantas ha⁻¹ (Alves *et al.*, 2007).

3. MODELOS DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO FLORESTAL

3.1. Classificação de modelos florestais

Um modelo de crescimento e produção de povoamentos florestais é uma simplificação da dinâmica dos povoamentos, permitindo simular a evolução temporal de variáveis da árvore e do povoamento. O conhecimento e compreensão dos processos fisiológicos que controlam o crescimento das árvores ou dos povoamentos é fundamental para que se possa fazer uma modelação correcta (Tomé, 2005).

Baseado neste aspecto os modelos podem ser divididos em dois grandes grupos: modelos empíricos e modelos de base fisiológica.

Os primeiros estão baseados em medições rigorosas de características das árvores, proporcionando informação de carácter quantitativo apenas com precisão para as condições climáticas nas quais foram realizadas. Pode-se dizer que são uma ferramenta útil para o planeamento e gestão florestal, visto providenciarem informação com interesse aos proprietários. No entanto, é de ter em conta a falta de flexibilidade, consequência não só destes modelos serem geralmente específicos para a região para a qual foram desenvolvidos, mas também pela incapacidade de simularem resultados em situações de alterações de clima (ex., períodos de seca estival, irregularidade das precipitações, aumento ou decréscimo da temperatura) ou outras alterações significativas das condições para as quais as medições foram realizadas (Fontes *et al.*, 2006) e diferentes estratégias de gestão, que influenciam fortemente as taxas de crescimento (Dye *et al.*, 2004).

Estas lacunas podem ser ultrapassadas com a utilização de modelos de base fisiológica, desenvolvidos tendo em consideração as interações planta-solo e os processos fisiológicos respectivos à dinâmica de carbono, nutrientes e água. Em contrapartida, para atingir tais objectivos, é comum estes modelos requererem muitos parâmetros de solo e clima, levando a que sejam necessárias grandes quantidades de informação inicial, que muitas vezes não são de fácil obtenção (Fontes *et al.*, 2006), para além de que os resultados podem não ser de grande interesse imediato para os gestores (Esprey *et al.*, 2004). Têm, no entanto, a capacidade de estimar o potencial produtivo de locais que nunca foram arborizados, prever consequências das alterações climáticas anteriormente indicadas no crescimento florestal, simular o crescimento de povoamentos para os quais não existam medições e prever os efeitos de práticas de gestão, pragas ou doenças (Tomé, 2005).

Em Portugal, para a *Eucalyptus globulus*, foram desenvolvidos modelos empíricos para povoamentos puros regulares, como é o exemplo de modelos da série Globulus (Tomé *et al.*, 1998, 2001, 2006), o modelo SOP (Amaro, 1997) e o modelo para gestão das áreas da Silvicultura. E também já desenvolvido um modelo empírico para árvores em povoamentos puros regulares, modelo GlobTree (Soares e Tomé, 2003). Quanto a modelos de base fisiológica para povoamentos puros regulares, foram parametrizados, os modelos Maestro (Tomé, 1997) e, mais recentemente, o modelo 3-PG

(Fontes *et al.*, 2006). Finalmente, existe ainda o Glob-3-PG (Tomé *et al.*, 2004), um modelo híbrido para povoamentos puros regulares.

3.2. Modelo 3-PG

O modelo Physiological Principles Predicting Growth (3-PG), desenvolvido por Landsberg e Waring (1997), trata-se de um modelo de base fisiológica, caracterizado principalmente pela sua simplicidade. Precisa de poucos parâmetros e apenas é requerida informação inicial que é facilmente disponível (Fontes *et al.*, 2006). Pode ser aplicado a plantações, ou mesmo florestas, desde que equíneas e relativamente homogêneas (Sands e Landsberg, 2002). Para além disso, é considerado um modelo genérico, no sentido que a sua estrutura não é particular para uma região ou específica para uma única espécie; tem a capacidade de poder ser parametrizado para várias espécies (Sands e Landsberg, 2002).

As principais utilidades deste modelo assentam como sendo uma ferramenta na gestão florestal e tomada de decisões, como por exemplo aplicação de fertilizações, compra de terrenos para estabelecimento de novas plantações, quantificação do risco associado com a produção, mais propriamente efeitos da seca, e cenários estratégicos, como exemplo o planeamento de quantidades de madeira a longo prazo (Fontes *et al.*, 2006).

Quanto a informação de *input* necessária (Figura 2), requer, em termos de dados climáticos, e por mês, as temperaturas mínima (T_{\min} (°C)) e máxima (T_{\max} (°C)), o número de dias de geada (d_F), a precipitação total (R (mm)), o número de dias com precipitação maior ou igual a 1 mm, a radiação global (Q ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)) e a evaporação (mm). Requer também o défice de pressão de vapor (D (mbar)), que pode ser estimado como metade da diferença entre o défice de pressão de vapor associado à temperatura máxima e o associado à temperatura mínima (Sands e Landsberg, 2002).

É de salientar que o modelo pode ser corrido para qualquer número de anos, tanto com informação climática mensal actual ou médias mensais a longo prazo, sendo admissível a utilização de dados climáticos de uma estação meteorológica próxima do local de estudo, ou com normais climatológicas da região (Sands e Landsberg, 2002).

Outros *inputs* necessários são factores que descrevem as propriedades físicas do local, nomeadamente a latitude ($^{\circ}$), o índice de fertilidade da estação (FR), a água máxima disponível no solo (θ_{Sx} (mm)) e a textura do solo. Os valores da biomassa de folhas (W_{FInicial} (Mg ha^{-1})), “stem” (lenho+casca+ramos) (W_{SInicial} (Mg ha^{-1})) e raízes (W_{RInicial} (Mg ha^{-1})), também são necessários à inicialização do modelo, podendo ser obtidos através da literatura ou de estimativas consideradas razoáveis (Landsberg e Waring, 1997).

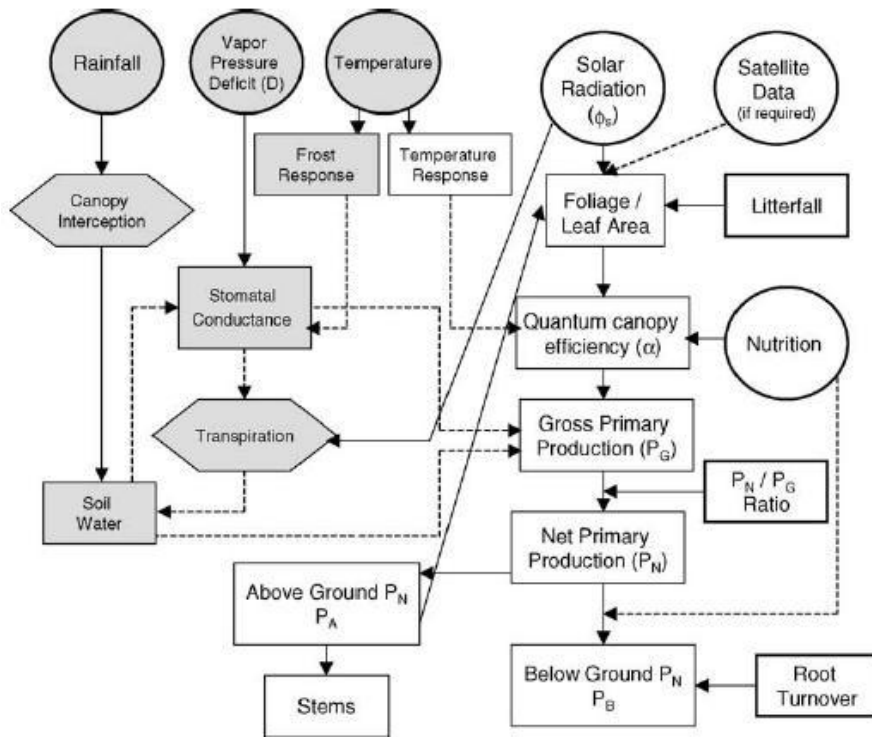


Figura 2. Representação esquemática da estrutura do modelo 3-PG (Fonte: Coops *et al.*, 2005).

A informação resultante é variada e pode ser apresentada em valores mensais ou anuais, consistindo em variáveis de produção primária líquida, as biomassas das folhas (W_F ($Mg\ ha^{-1}$)), lenho+casca+ramos (W_S ($Mg\ ha^{-1}$)) e raízes (W_R ($Mg\ ha^{-1}$)), número de indivíduos existentes ($N\ ha^{-1}$), disponibilidade de água (θ_s (mm)) e transpiração do povoamento (E_T (mm)). Contudo, também possibilita informação directamente útil ao gestor, como é o caso do índice de área foliar do copado (L), diâmetro médio do tronco à altura do peito (B (cm)), volume principal (V ($m^3\ ha^{-1}$)) e acréscimo médio anual em volume (MAI ($m^3\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)) (Sands e Landsberg, 2002).

Como dito anteriormente, o 3-PG é constituído por cinco submodelos: (1) assimilação de carboidratos (produção de biomassa), (2) partição de biomassa por folhas, raízes e lenho+casca+ramos, (3) mortalidade, (4) balanço de água no solo e a (5) conversão de valores de biomassa em variáveis de interesse a produtores florestais (Sands e Landsberg, 2002). Neste trabalho estes submodelos não serão analisados, dando-se destaque ao módulo da folhada do modelo.

3.3. Módulo da queda de folhada do modelo 3-PG

No modelo 3-PG existem algumas variáveis que são dependentes da idade do povoamento. Estas variáveis são dadas por relações empíricas cujos parâmetros são específicos da espécie em questão. A taxa de queda de folhas γ_f é uma dessas variáveis. Outros exemplos são a área foliar específica, a fracção de biomassa da casca e ramos.

A taxa de folhada é obtida pela equação (Sands, 2004):

$$\frac{Y_{F0} + Y_{F1}}{t_{vF}}$$

Onde Y_{F0} e Y_{F1} são taxas de queda de folhada (percentagem de biomassa foliar que cai por unidade de tempo) na idade 0 e para povoamentos considerados adultos, respectivamente, t é a idade do povoamento e t_{vF} é a idade a que a taxa de queda de folhada é $(Y_{F0} + Y_{F1})$.

Os parâmetros que caracterizam a taxa de queda de folhada são importantes porque esta afecta a biomassa foliar, e portanto, também afectam a determinação dos parâmetros que caracterizam as folhas. A queda de folhada varia sazonalmente, em resposta a possíveis ocorrências na plantação, como o *stress hídrico*. Como esta versão do modelo não modela variações sazonais induzidas por *stresses* na taxa de queda de folhada, Sands (2004) recomenda o uso de dados de folhada acumulada num período extenso e uma biomassa foliar média para o período para estimar os valores de na equação acima.

3.4. Modelo 3-PG parametrizado para Portugal – Ensaio de Fertilização e Rega

A versão do 3-PG parametrizada para povoamentos de *Eucalyptus globulus* em Portugal, foi desenvolvida por Fontes *et al.* (2006). A parametrização teve por base, principalmente, dados recolhidos no ensaio de Fertilização e Rega.

Este ensaio foi instalado na Quinta do Furadouro (actualmente do Grupo Altri), freguesia da Amoreira, concelho de Óbidos. O ensaio tem a particularidade de parte ter sido cortada em 1991 e parte em 1992 para instalação dos viveiros florestais. Ocupava uma área total de 24.300 m², tendo sido plantado em Março de 1986. O objectivo inicial era estudar a produção de biomassa para a espécie *Eucalyptus globulus* em diferentes combinações de regimes de fertilização e irrigação (Pereira *et al.*, 1989). Madeira *et al.* (1995) documentou os resultados sobre a queda de folhada neste estudo.

O ensaio era constituído por dois blocos com 8 parcelas cada, 4 para realização de medições biométricas e 4 para medições destrutivas. As parcelas para medições biométricas e as parcelas para medições destrutivas tinham, de área, respectivamente 1089 m²/cada e 792m²/cada (Pereira *et al.*, 1989). As parcelas para medições biométricas foram instaladas a compasso 3x3 (mxm) enquanto que as destinadas a medições destrutivas foram instaladas a um compasso mais apertado, realizando-se posteriormente um desbaste para colocar as árvores a compasso 3x3. Cada parcela encontrava-se rodeada por duas linhas de bordadura.

Os tratamentos ensaiados começaram a ser aplicados em Junho de 1986 (Pereira *et al.*, 1989):

- Rega (R) – A parcela era regada pelo método gota a gota em cada linha de árvores, diariamente, entre os meses de Abril até Outubro. A quantidade de água a fornecer era variável com a estação do ano e definida de modo a manter, pelo menos, 80% da capacidade de campo do solo e evitar a ocorrência de *stress* hídrico. O estado do solo e das plantas era monitorizado através de tensiómetros no solo e medições de potenciais hídricos foliares (*pre-dawn* e *midday*) a períodos quinzenais;
- Fertilização (F) – Na parcela era administrado um tratamento duas vezes por ano, em meses coincidentes com os de maior precipitação (Março e Setembro/Outubro), na forma de fertilizante granulado;
- Fertilização e Rega (F+R) – Parcela em que a água era aplicada como referido em rega (R). Para além disso, semanalmente, era fornecido um suplemento de fertilizante líquido juntamente com a água de rega;
- Testemunha (T) – Parcela em que não existia nem rega nem fertilização, a não ser a normal fertilização à plantação aplicada a todas as parcelas no início do ensaio.

Quanto à instalação, as plantas utilizadas provinham de semente comercial. O terreno foi subsolado, tendo sido feita uma adubação à plantação com 200 gramas de adubo comercial azoto-fósforo-potássio (*NPK*) por planta, contendo 14,0 gr de N, 18,3 gr de K e 11,6 gr de P. Foi aplicado calcário dolomítico antes da plantação (1.5 Mg ha⁻¹) e, depois, 4 Mg ha⁻¹ foram aplicadas nos blocos cujo tratamento era “fertilização” (Pereira *et al.*, 1989).

A folhada foi determinada usando 10 cestos circulares por bloco (20 por tratamento), com 1,23 m² de área por cesto. A folhada começou a ser recolhida em Fevereiro de 1988 e parou em Março de 1992, numa totalidade de 51 recolhas. Os cestos eram esvaziados sensivelmente uma vez por mês, e os componentes da folhada separados em folhas (juvenis, intermédias e adultas), gomos, ramos, cápsulas e casca que foram secos a 80°C por 72 horas antes da pesagem; as folhas foram também contadas (Pereira *et al.*, 1989).

Os resultados foram tratados de forma diferente em dois períodos distintos. Entre 1988 e 1990 foram feitas as médias da quantidade de folhada dos 10 cestos de cada bloco e dos dois blocos de cada tratamento. Entre 1991 e 1992 passaram a ser apenas utilizados os valores de apenas um dos blocos para cada tratamento, dado parte do ensaio ter sido cortado, como referido anteriormente, e mantendo-se apenas a quantidade de folhada por cesto de um bloco.

Constatou-se que, no tratamento F+R, o total (dos valores médios por cesto) da folhada recolhida ao longo do ensaio (entre Janeiro de 1988 até Março de 1992) foi 20,98 Mg ha⁻¹. Revelou-se ser o tratamento com mais quantidade de folhada recolhida, tendo sido 1,36 vezes maior que no tratamento R, 1,47 vezes maior que no tratamento F e 1,80 vezes maior que na parcela testemunha. A Figura 3a apresenta os valores médios das quantidades obtidas para cada um dos quatro tratamentos durante o período do ensaio.

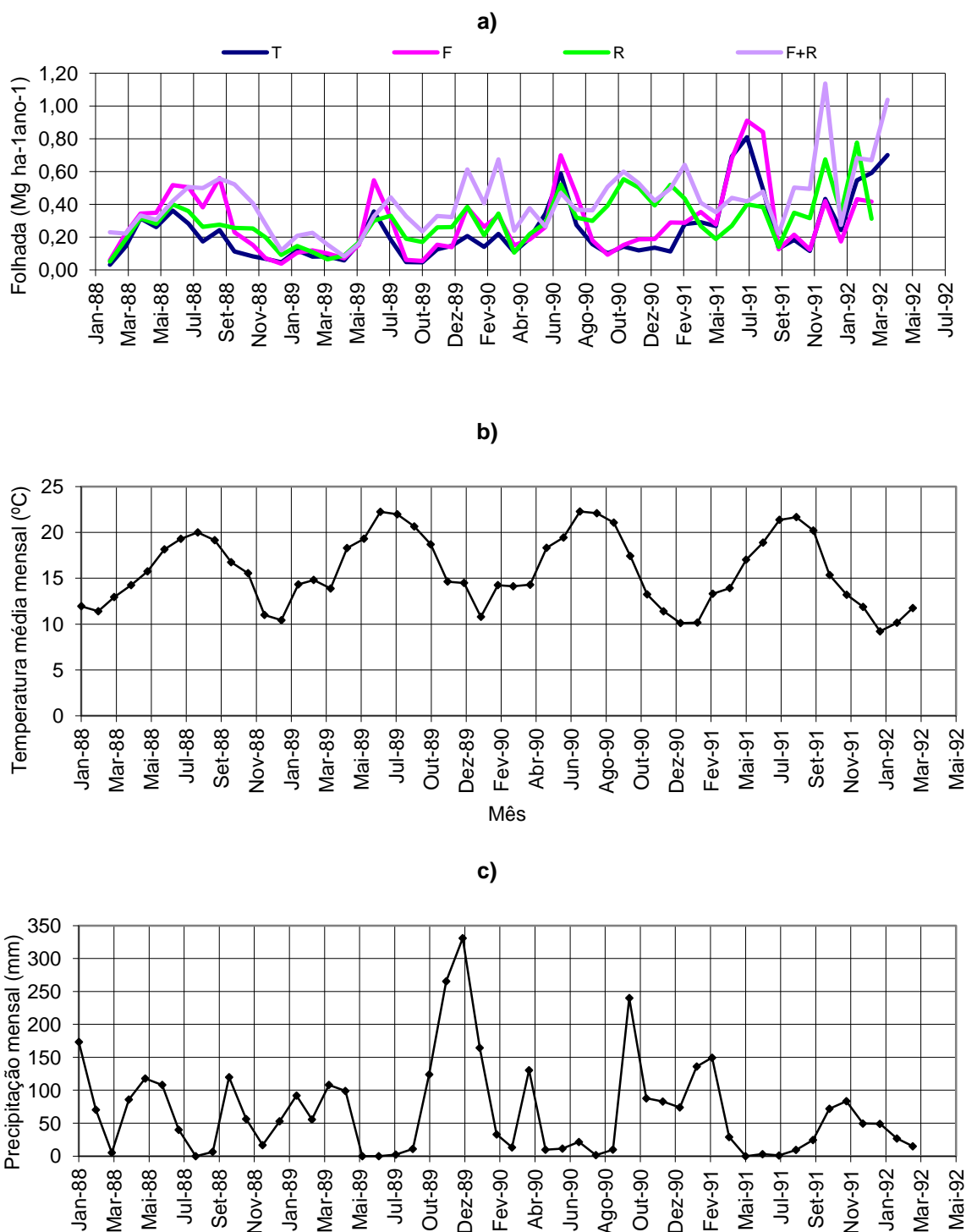


Figura 3. a) Quantidade média de folhada obtida por recolha entre o período de Fevereiro de 1988 a Março de 1992. Entre 1988-1989 foram utilizados os valores médios dos dois blocos por tratamento. Entre 1990 e 1992 foram utilizados os valores de apenas um dos blocos de cada tratamento; b) e c) Temperatura média mensal e precipitação mensal durante o período de Janeiro de 1988 a Março de 1992.

Considerando apenas folhas caídas (excluindo ramos, casca e gomos), as quantidades resultaram com a mesma tendência da folhada total. A quantidade total (ao longo dos cinco anos) mais elevada ocorreu na parcela F+R, com 17,86 Mg ha⁻¹ e mais baixa com 9,96 Mg ha⁻¹ na parcela T. Para os restantes componentes da folhada, obtiveram-se valores mínimos de 1,13 Mg ha⁻¹ e valores máximos de 3,12 Mg ha⁻¹, no tratamento F e F+R, respectivamente .

A proporção de folhas em relação à quantidade total de folhada obtida foi cerca de 100% nos primeiros anos, 1987 e 1988. Para o fim do estudo, este valor foi decrescendo, representando 92% da folhada total no tratamento F e apenas 85% no tratamento F+R e testemunha.

A quantidade de folhas foi sempre significativamente superior no tratamento F+R em comparação com a testemunha, durante todo o período decorrido (Tabela 1).

Tabela 1. Biomassa de folhas recolhida (Mg ha⁻¹) entre Abril de 1987 até Março de 1992.

Tratamento	1987	1988	1989	1990	1991	1992
T	1,05	1,99	1,28	1,91	3,13	0,50
F	1,40	3,22	1,79	2,54	3,68	0,54
R	1,39	2,83	1,85	3,21	3,48	0,84
F+R	2,45	4,05	2,66	3,76	4,06	0,88

O ano de 1988 obteve maiores quantidades de folhas caídas em todos os tratamentos, em comparação com 1989, havendo no entanto sido evidenciadas diferenças significativas nas quantidades de folhas encontradas nos tratamentos testemunha, F e R apenas para esse período de 1988-1989. Em 1991, as quantidades de folhas encontradas em F e R foram semelhantes, nomeadamente 3,68 Mg ha⁻¹ e 3,48 Mg ha⁻¹, tratando-se ainda assim de valores bastante mais reduzidos que em F+R, 4,06 Mg ha⁻¹. A diferença de quantidades entre F+R e os outros tratamentos foi todavia menos pronunciada nesse ano que no princípio do estudo.

Quanto a outros componentes, a quantidade foi consideravelmente maior na parcela F+R que na parcela F e testemunha entre 1989 e 1991.

A folhada mensal variou dependendo do tratamento e da altura do ano. Nas parcelas sem rega - testemunha e F - o máximo de queda de folhada ocorreu no período do final da Primavera e início de Verão (Maio/Junho).

Em 1990 e 1991, a quantidade de folhada recolhida em tratamentos sem rega, entre Maio e Julho, representou 45 e 49% do respectivo valor de quantidade anual. A proporção comparável nos tratamentos com rega foi apenas 21-29%.

4. REVISÃO SOBRE QUEDA DE FOLHADA EM EUCALIPTAL EM PORTUGAL

4.1. Ensaio de estudo da dinâmica do azoto e do carbono em plantações florestais intensivas

Num estudo realizado por Azevedo (2000), foi quantificada a queda de folhada em povoamentos de *Eucalyptus globulus* que faziam parte de um ensaio em que se pretendia estudar a dinâmica do azoto e do carbono em eucaliptais instalados num terreno anteriormente ocupado por um eucaliptal e onde, após o corte, se ensaiaram os seguintes tratamentos:

- Tratamento S: Distribuição dos resíduos de abate no solo;
- Tratamento I: Incorporação de resíduos de abate no solo por intermédio de uma gradagem a 20-25 cm de profundidade;
- Tratamento R: Remoção manual (para evitar risco de compactação do solo) dos resíduos de abate da plantação anterior.

O ensaio foi instalado na Quinta de Furadouro, no concelho de Óbidos. O abate foi realizado em Novembro de 1992, e a plantação ocorreu a Março de 1993.

O delineamento experimental do ensaio consistiu em blocos causalizados completos. Cada um dos 3 tratamentos foi repetido em 3 blocos. A cada parcela correspondeu a área total de 30x30 (mxm), área essa em que apenas 18x18 (mxm) eram úteis, dado que se considerou uma zona de bordadura com 6 metros.

A data de instalação foi Março de 1993. Foram utilizadas plantas clonais (clone MB 89) fornecidas pela empresa Celulose Beira Industrial (Celbi, SA). A plantação foi efectuada no meio da entrelinha da plantação anterior, a um compasso de 3x3 (mxm). Cada árvore recebeu 100 gr de um fertilizante com 14% de N-NH₄/N-NO₃, 36% de P₂O₅ e 21% de K₂O. A aplicação do fertilizante efectuou-se localizadamente na linha da plantação, em dois covachos, diametralmente opostos e distanciados das plantas cerca de 20 cm. No primeiro ano, a rebentação proveniente das touças das plantações anteriores foi, quando necessário, destruída por acção de um herbicida sistémico, à base de glifosato.

Para a recolha da folhada, foram utilizados cestos circulares cónicos, constituídos por um aro metálico com 1,27 m² de área, ao qual se fixou, pela boca, um cesto de Terylene com uma malha de orifícios de 1 mm. A fixação dos cestos ao solo efectuou-se por intermédio de três estacas, por forma a permitir que a superfície do cesto se encontrasse a 1 metro acima do solo. Foi implementado um cesto em cada uma das três parcelas de cada tratamento. Cada cesto ocupou o centro da entrelinha de plantação, a uma distância equidistante de quatro árvores que fossem representativas da altura

média de cada tratamento. Deste modo, o material recolhido nos cestos representava, com igual probabilidade, as quatro árvores de cada parcela, ou seja, 12 árvores por tratamento.

A recolha foi efectuada entre o início de Janeiro e o final de Dezembro de 1998, com uma periodicidade, aproximadamente, quinzenal. A amostragem era constituída por 9 amostras, ou seja, 3 por tratamento. O material foi retirado dos sacos e colocado na estufa a 62 °C até se obter peso constante. Apenas a componente das folhas caídas foi considerada por o estudo.

No decorrer do estudo, os picos de queda de folhada pareceram correlacionar-se com os períodos de elevado *stress* hídrico, sendo esse efeito também mais elevado quando ocorreu elevada produção de folhas para o mesmo período.

A quantidade total de folhas durante o período do estudo, o ano de 1998, foi respectivamente 2,06 Mg ha⁻¹, 2,32 Mg ha⁻¹, 2,12 Mg ha⁻¹ para o primeiro, segundo e terceiro tratamentos. Cerca de 40% desses valores foram registados entre meados de Junho e meados de Setembro, coincidindo assim com o final do período primaveril em que a taxa de crescimento é elevada (Figura 4), e com a época de maior carência hídrica das árvores, originada pela diminuta precipitação aí ocorrida (Azevedo, 2000).

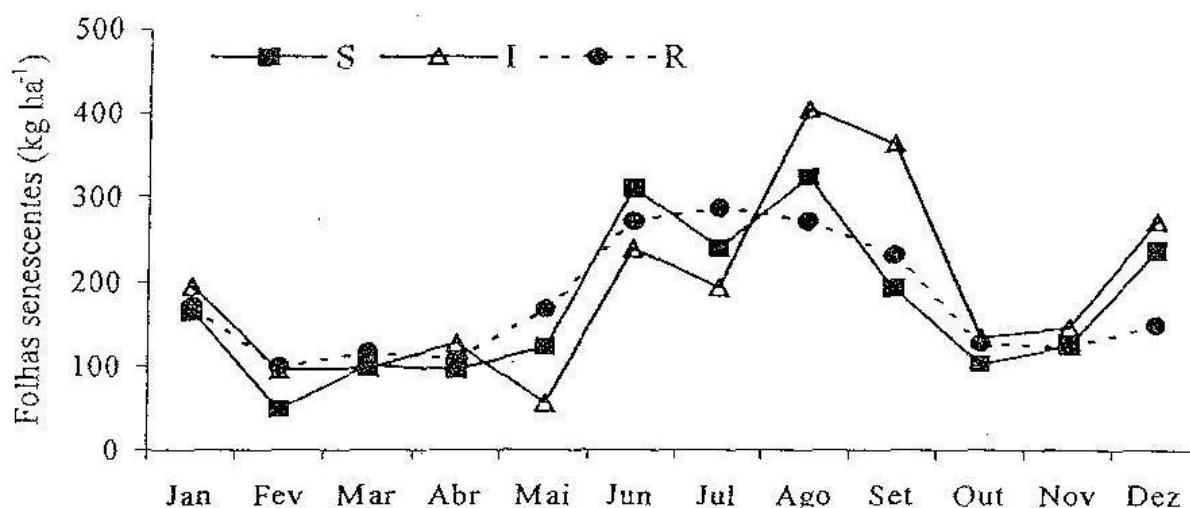


Figura 4. Variação da biomassa anual média de folhas colhidas, durante 1998, no ensaio do Furadouro. O tratamento S representa a parcela com redistribuição dos resíduos de abate, I indica o tratamento com incorporação dos mesmos numa espessura de 20 cm do solo, e por último, R representa o tratamento com remoção de horizontes orgânicos e de resíduos de abate (Azevedo, 2000).

4.2. Ensaio de compartimentos e ciclos de nutrientes em plantações de *E. globulus*

Cortez (1996) realizou um estudo de queda de folhada em *Eucalyptus globulus*, sem manipulação das características da estação.

A plantação efectuou-se na Herdade da Espirra, em Pegões, durante Fevereiro e Março de 1986, com um compasso de 3x3 (mxm), sem qualquer aplicação de fertilizante, após uma lavoura contínua a cerca de 75 cm de profundidade e destinado a uma exploração em regime de talhadia. A idade, em 1993, era de 7 anos, não tendo sido ainda submetida ao primeiro corte. Apresentava uma densidade de 1021 árvores por hectare, com uma altura média de 16,5 m, diâmetro médio de 14,2 cm, e, praticamente, sem sub-bosque.

A quantificação da biomassa de folhada foi executada através da colocação aleatória de 12 cestos de formato circular, com uma área média de 1,27 m², numa única parcela, perfazendo um total de 15,24 m² de amostragem. Cada cesto constituído por um saco de rede com uma malha de orifícios com cerca de 1 mm de diâmetro, para não ser atravessado pelas folhas e outros materiais, um aro metálico circular, ao qual se fixou a boca do saco, destinado a mantê-lo permanentemente aberto, e três estacas de madeiras, suportando o conjunto de modo a que a boca do saco ficasse a uma distância de cerca de 1 metro da superfície do solo. No fundo de cada saco foi colocado ainda um pequeno peso, de modo a evitar que o vento os pudesse virar.

Os cestos foram instalados em Outubro de 1992, tendo-se efectuado colheitas de queda de folhada até Junho de 1995, perfazendo um total de 69 recolhas quinzenais, sendo cada recolha constituída por 12 amostras.

As amostras de folhada caída nos cestos, depois de secas a 80°C durante 48 horas, foram separadas nos seus diversos constituintes (folhas, ramos com diâmetro superior a 5 mm, raminhos com diâmetro igual ou inferior a 5 mm, cascas, frutos e outros), os quais foram pesados separadamente.

A produção foi de 3,5 Mg ha⁻¹ para o primeiro ano (Outubro 1992 a Setembro de 1993) e 4,9 Mg ha⁻¹ para o segundo ano (Outubro de 1993 a Setembro de 1994). Segundo o autor, a maior quantidade observada no ano seguinte deveu-se, possivelmente, ao crescimento das árvores, nomeadamente à queda de maiores quantidades de casca, dado que a biomassa da copa se encontrava estabilizada, e a respectivas diferenças na produtividade da plantação em anos anteriores.

Quanto à distribuição da queda de folhada esta mostrou-se bastante irregular, variando a quantidade de folhas caídas entre 11,7 e 355,2 kg ha⁻¹ por período quinzenal, não existindo uma relação nítida entre o padrão de distribuição e as variações dos factores climáticos analisados. Também existiram picos de queda coincidentes com períodos secos, mas no entanto não se pode considerar uma ligação firme, visto terem havido igualmente picos de queda para períodos de grande precipitação. A Figura 5 ilustra os resultados do estudo.

Quanto aos restantes materiais recolhidos, variaram também bastante ao longo do tempo correspondendo, em média, a valores de resíduos orgânicos de 62,9 kg ha⁻¹ por recolha (Figura 5). A irregularidade observada na distribuição da queda de outros materiais foi ainda superior à das folhas, podendo estar mais relacionada com a ocorrência de condições de tempestade, caracterizadas por ventos fortes com rajadas, sobretudo no caso de ramos (Figura 5). Também a queda de frutos ocorreu aleatoriamente ao longo do ano, podendo ter estado também relacionada com a incidência de ventos fortes.

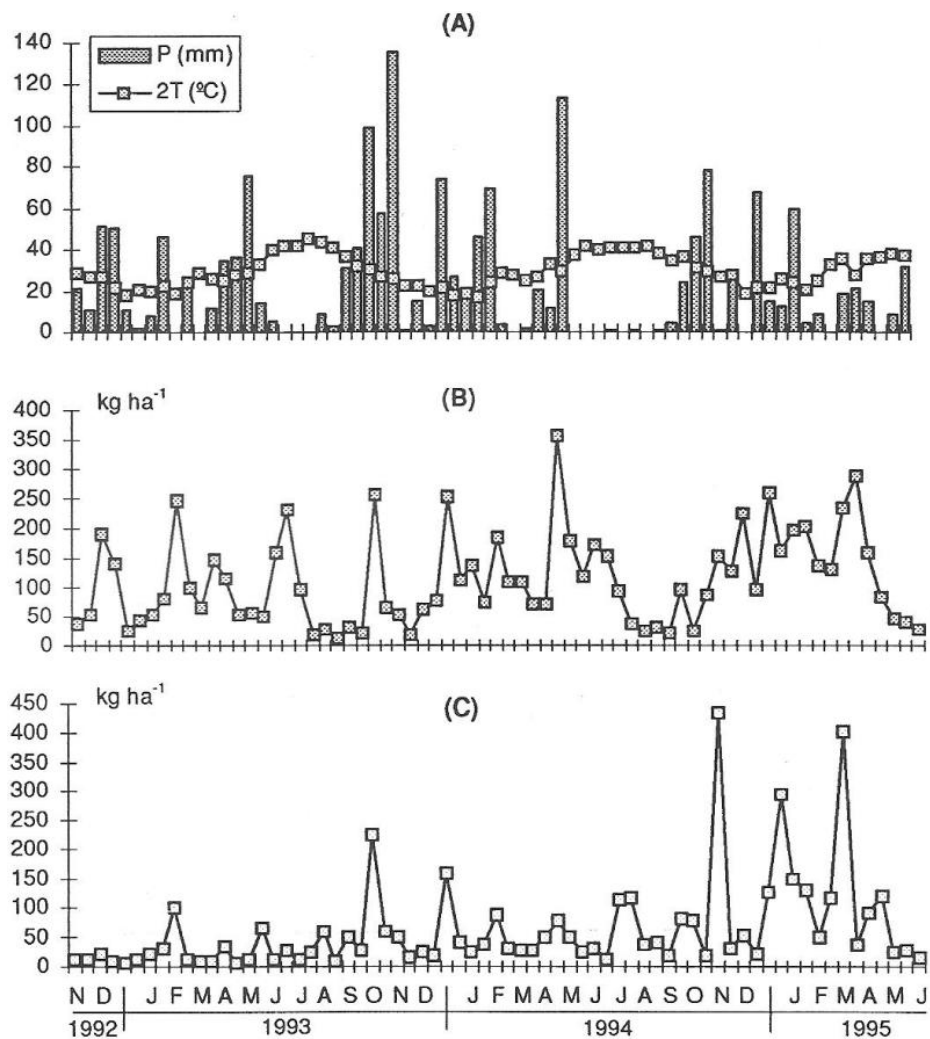


Figura 5. Variação da precipitação (A), bem como das quantidades (kg ha⁻¹) de folhas (B) e outros materiais (C), recolhidas no eucaliptal por períodos quinzenais entre Novembro 1992 e Junho 1995 (Fonte: Cortez, 1996).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Caracterização da área de estudo

5.1.1. Caracterização geográfica

A parte experimental do estudo foi realizada na Quinta do Furadouro, concelho de Óbidos, zona a cerca de 10 km de distância ao Oceano Atlântico, localizada a 39° 21'N, 9° 15'W, com uma altitude média do local de 86 m. Foram instaladas três parcelas, duas na Unidade Operacional 30 e uma na Unidade Operacional 11 (Figura 6). A propriedade pertence ao Grupo Altri.

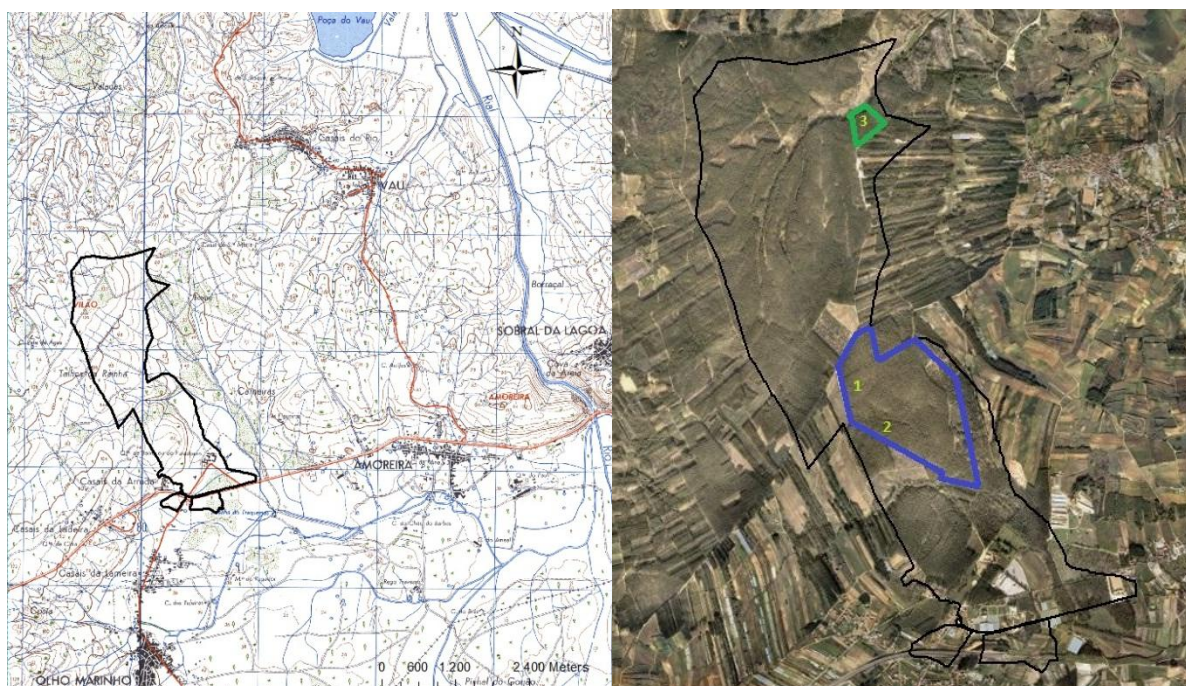


Figura 6. Localização das parcelas de recolha de folhada. À esquerda: Localização da Quinta do Furadouro na região de Óbidos. À direita: Localização das unidades operacionais e das parcelas instaladas na Quinta do Furadouro: Delineada a azul, Unidade operacional 30, contendo a parcela 1 e 2; Delineada a verde, Unidade Operacional 11, contendo a parcela 3.

5.1.2. Caracterização climática

A Quinta do Furadouro encontra-se numa zona de clima mediterrâneo, marcado com alguma influência oceânica (Azevedo, 2000). Segundo Reis e Gonçalves (1981), a temperatura média anual é de 15,2°C variando entre valores médios mensais máximos de 19,3°C a ocorrer em Julho/Agosto, enquanto Janeiro é o mês em que se atinge a temperatura média mensal mínima, com 11,2°C.

A precipitação média anual é de 607 mm, ocorrendo 75% entre Novembro e Março, existindo também um período seco, em que apenas chove 10% da precipitação total entre Maio e Setembro. No entanto, este período seco é atenuado pela elevada humidade relativa do ar, característica da região, que durante o Verão pode chegar aos 80%, pelo número de dias com orvalho, e pelos frequentes nevoeiros que ocorrem (Reis e Gonçalves, 1981).

Os dados diários de temperatura, precipitação e velocidade do vento utilizados neste trabalho foram retirados da rede do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (INAG-SNIRH; <http://www.snirh.pt>). A informação de temperatura e velocidade do vento diárias encontrava-se disponível numa estação meteorológica próxima do local, Barragem de Óbidos (17C/08C). Os dados de precipitação diária não foram retirados da mesma estação por se encontrarem com demasiadas falhas, tendo-se utilizado a estação de Pragança (18C/01G), próxima de Cadaval. Foram retirados os dados entre o princípio de Janeiro de 2011 e final de Setembro de 2011. Os dados estão representados na Figura 7:

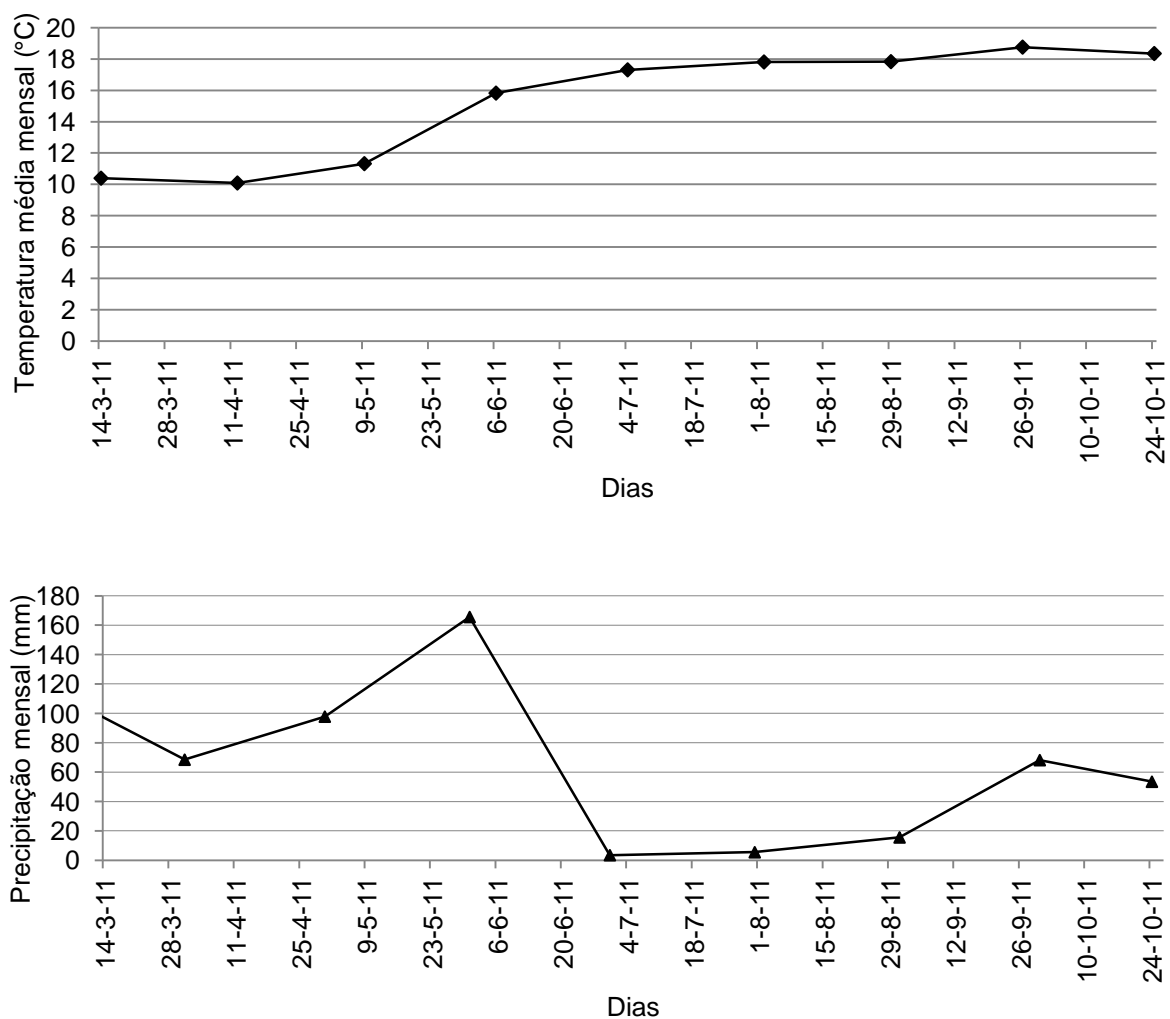


Figura 7. Temperatura média mensal (°C) e precipitação mensal ocorridas na região de Óbidos entre o período Janeiro de 2011 e Outubro de 2011.

A temperatura foi marcadamente mais baixa durante o Inverno, descendo até aos 8-9°C e atingindo valores médios mínimos de 6,2°C no final do mês de Janeiro. Ao longo do resto do ano a temperatura manteve-se aproximadamente entre os 15-20°C tendo atingido valores médios máximos nos dias da segunda quinzena de Maio, à excepção dos dias 26 e 27 de Junho onde foram observados 23,4°C.

Quanto à precipitação, a maior parte ocorreu entre Janeiro e Fevereiro e também entre Abril e Maio, não havendo, no entanto, um padrão para quantidade de precipitação ocorrida durante o ano decorrido.

5.1.3. Caracterização do solo e litologia

A Quinta do Furadouro apresenta alguma heterogeneidade quanto ao tipo de solos existentes. São zonas de complexos sedimentares, dominados por arenitos mais ou menos compactados e com maior ou menor pedregosidade. No entanto, encontram-se também zonas com alguma proporção de argila. A textura varia entre Franco-Limosa/Franco-Argilo-Limosa/Franco-Arenosa.

Segundo Cortez (1996), a Quinta do Furadouro encontra-se em formações de arenitos Jurássicos (grés superiores com vegetais e dinossáurios), ocorrendo também algumas inclusões de areias Pliocénicas depositadas sobre aqueles arenitos, numa descontinuidade litológica resultante da movimentação de dunas.

Azevedo (2000) afirma ser uma zona de transição entre formações do Jurássico e do Cretácico, em que as formações do Jurássico estão representadas pelo complexo denominado grés superior. Considera segundo a classificação da FAO, que os solos correspondentes são Cambissolos Êtricos muito compactados. Já Madeira (2002) considera serem Arenossolos, de acordo com a classificação da FAO, com baixo teor de argila no perfil do solo.

5.2. Delineamento Experimental

5.2.1. Instalação e medição de parcelas

Por questões logísticas e financeiras foi decidida a instalação de somente 3 parcelas em povoamentos de eucalipto de origem seminal e em alto fuste. Foi usado como critério de selecção dos povoamentos o serem representativos de diferentes condições de crescimento – associados a diferentes índices de qualidade da estação e diferentes idades. Com o apoio da Eng^a Clara Araújo da Altri Florestal, começou-se por identificar na, Quinta do Furadouro, as Unidades Operacionais (UO) existentes com povoamentos em alto fuste e de origem seminal. Identificaram-se as idades e foi

efectuada uma ida ao campo para observar o desenvolvimento destes povoamentos. Foi também considerado como critério a acessibilidade com viatura uma vez que se estava a planear efectuar recolhas de folhada em períodos quinzenais, não sendo viável deslocar-se a pé muito longas. Foi, assim, seleccionada a UO30, plantada em Maio de 2006 e, actualmente, com 5 anos de idade (Figura 8). Foi também seleccionada a UO11, plantada em Abril de 2002 e, actualmente, com 9 anos de idade (Figura 8). A UO30 apresenta um ligeiro declive que se traduz por um crescimento diferenciado ao nível da UO. Assim, esta UO foi seleccionada para instalar 2 parcelas, uma na zona mais baixa (com árvores mais bem desenvolvidas) e outra na zona a meio declive.

As três parcelas são de formato circular de 1000 m² de área (raio de 17,84 m), estando descritas pormenorizadamente na Tabela 2. Nesta tabela apresentam-se os valores máximos de água disponível no solo e o índice de fertilidade do solo, parâmetro de entrada do modelo 3-PG e que foram atribuídos por um especialista em solos, o professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia Carlos Manuel de Arruda Pacheco, durante uma visita às parcelas.

Tabela 2. Descrição das parcelas instaladas na Quinta do Furadouro.

	Parcela		
	1	2	3
Unidade Operacional (UO)	30	30	11
Mês/ano plantação	Maio/2006	Maio/2006	Abril/2002
Idade (anos)	4,7	4,7	8,7
Rotação	1 ^a	1 ^a	1 ^a
Compasso (m x m)	2 x 4	2 x 4	2 x 4
N (ha-1)	1220	1200	1200
hdom (m)	13,1	16,4	21,7
IQE (m)	20,9	24,4	23,2
dg(cm)	8,8	11,1	14,6
Textura do solo	Franco-limoso	Arenoso-Franco	Arenoso-Franco
ASWmáx	100-120mm	90-100mm	60-80mm
FR	0,8	0,6	0,4

em que N é o número de árvores vivas por hectare; hdom a altura dominante (m), definida como a média da altura das árvores mais grossas na proporção de 100 árvores por hectare; IQE, índice de qualidade da estação, definido como o valor da altura dominante aos 10 anos – foi estimado com a equação de crescimento em altura dominante do modelo Globulus 3.0 (Tomé et al., 2006); dg, diâmetro quadrático médio; ASWmáx, a água máxima disponível no solo; FR, índice de fertilidade do solo.



Figura 8. Representação dos locais das três parcelas, à esquerda: Parcela 1, ao meio: Parcela 2, à direita: Parcela 3.

A marcação das parcelas foi iniciada com a sinalização do centro da parcela, com uma estaca de madeira. Foram-se marcando as árvores mais afastadas do centro e consideradas dentro da parcela, ou seja, a menos de 17,84 metros de distância ao centro. O processo foi realizado com o auxílio de um hipsómetro Vertex III para medir as distâncias horizontais. Estas árvores limite foram marcadas com fita balizadora e com *spray* de tinta de cor azul, permitindo imediatamente visualizar todas as árvores pertencentes à parcela.

Posteriormente todas as árvores foram numeradas ordenadamente (por linha de plantação – ver Anexos) e marcadas com um risco à altura de 1,30 m, com marcadores permanentes “Edding”. Por fim, foram marcadas com fita balizadora também as árvores junto à rede viária de modo a permitir uma mais fácil localização das parcelas.

Em Janeiro de 2011 foram medidos os diâmetros a 1,30 m de altura, alturas totais e alturas de base da copa de todas as árvores das 3 parcelas. Os diâmetros cruzados foram medidos com uma suta, com aproximação ao milímetro. Ambas as alturas foram medidas com o Vertex III. Houve especial cuidado para que estas medições fossem feitas em dias com pouco vento de modo a minimizar os erros associados à medição das alturas.

5.2.2. Número e localização dos cestos de recolha de folhada

A periodicidade da recolha da folhada foi quinzenal, com início a 14 de Março de 2011 terminando a 24 de Outubro de 2011, numa totalidade de 17 recolhas (Tabela 3). O objectivo é recolher a folhada durante um ano.

Tabela 3. Data de recolha do material caído nos cestos de recolha de folhada.

Mês	Data de recolha	Data de recolha	
Março	14-03-2011	28-03-2011	
Abril	12-04-2011	25-04-2011	
Maio	09-05-2011	23-05-2011	
Junho	06-06-2011	20-06-2011	
Junho	04-07-2011	18-07-2011	
Agosto	02-08-2011	16-08-2011	29-08-2011
Setembro	12-09-2011	26-09-2011	
Outubro	10-10-2011	24-10-2011	

Foram instalados 20 cestos por parcela e, por questões logísticas, todo o material vegetal dos 20 cestos foi recolhido num único saco de plástico de 50 litros, devidamente identificado e datado. No mesmo dia o material recolhido foi transportado para o ISA e foi guardado no frigorífico até ser pesado e colocado na estufa a secar.

Para escolher as árvores onde seriam colocados os cestos, após a medição das parcelas, ordenaram-se por ordem crescente, os diâmetros de todas as árvores de cada parcela e criaram-se cinco classes de diâmetro, com igual número de árvores (Tabela 4). Em cada classe de, aproximadamente, 24 árvores foram seleccionadas, aleatoriamente, 4 árvores, num total de 20 árvores seleccionadas por parcela.

Tabela 4. Distribuição das árvores de cada parcela por classes de diâmetros.

Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3		
Classe	Nº	Nº	Classe	Nº	Nº	Classe	Nº	Nº
Diâmetro	ár.	cestos	Diâmetro	ár.	cestos	Diâmetro	ár.	cestos
(cm)			(cm)			(cm)		
] 2,4 ; 5,2]	24	4	] 2,9 ; 8,5]	24	4	] 4,60; 12,15]	23	4
] 5,2 ; 7,8]	24	4	] 8,5 ; 9,9]	24	4	]12,15;13,65]	23	4
] 7,8 ; 9,1]	24	4	] 9,9;11,3]	24	4	]13,65;15,40]	23	4
] 9,1;10,8]	25	4	]11,3;13,5]	24	4	]15,40;17,30]	23	4
]10,8;15,5]	25	4	]13,5;17,2]	24	4	]17,30;23,75]	22	4

Para maior facilidade, montaram-se cestos cujo comprimento (2 m) e largura (1 m) correspondiam a metade do compasso, perfazendo 2 m² de área (2x1) m (Figura 9). Assim, a cada uma das 4 árvores

seleccionadas em cada uma das 5 classes de diâmetro de cada parcela, foi associado um cesto de um quadrante diferente. A área de queda de folhada de cada árvore foi dividida em 4 quadrantes em cada classe de diâmetro e a cada uma das 4 árvores seleccionadas foi atribuído um cesto, não havendo repetições do mesmo quadrante.

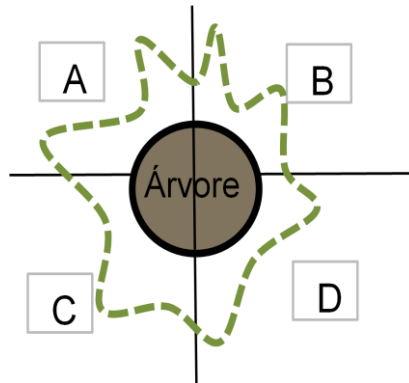


Figura 9. Esquema da disposição dos cestos. Cada letra representa um dos quadrantes da área de queda de folhada.

5.2.3. Instalação dos cestos de recolha de folhada

Cada cesto foi montado com 6 estacas de madeira de 1,50 m de altura e rede de sombra, com orifícios de 1 mm de diâmetro. Para montar um cesto de 2x1 (mxm) de área utilizou-se 2,5x1,5 (mxm) de rede (Figura 10). As dimensões da rede foram propositadamente superiores às dimensões do cesto a fim de criar um fundo que ficasse a não menos de 50 cm do solo. A rede foi presa ao topo raso das estacas com o auxílio de grampos metálicos e de agrafes metálicos. No fundo de cada cesto foram colocados pesos (pedra mais esféricas encontradas no local) para impedir perdas de material por força do vento (Figura 11).

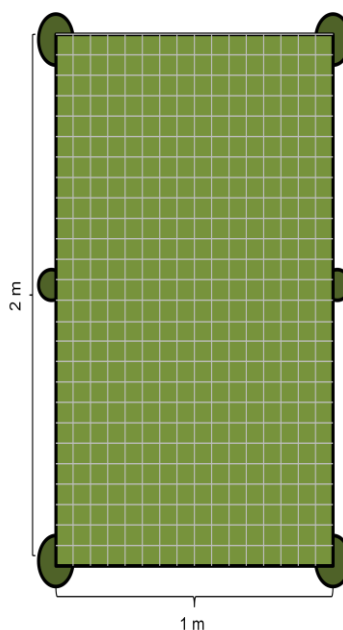


Figura 10. Esquema da constituição e dimensão de cada cesto de folhada – utilização de 6 postes de madeiras.



Figura 11. Construção dos cestos: a) medição das distâncias entre estacas; b) colocação das estacas no solo por forma a fazer 1 metro de altura; c) agrafar da rede de sombra aos topos das estacas; d) reforço da rede nas extremidades; e) colocação de grampo metálicos para finalizar a fixação da rede à estaca; f) Cesto montado.

5.2.4. Metodologia laboratorial

O material recolhido no campo foi guardado na sala da estufa do edifício florestal do ISA para classificação e separação, secagem e pesagem. O tratamento do material foi, por norma, realizado no dia seguinte à recolha, tendo ficado guardado num frigorífico existente na mesma sala.

Cada um dos sacos foi despejado, à vez, para uma das bandejas onde foram separados para cada um dos recipientes de alumínio etiquetados e correspondente à classe pertencente: Cascas, Folhas, Capsulas e Ramos (Figura 12). A separação fez-se por análise visual.



Figura 12. Tabuleiro de separação de materiais e exemplo de cada um dos componentes da folhada.

Foi feita a pesagem de cada uma das amostras nas caixas de alumínio previamente taradas e seguidamente colocadas na estufa, a 70°C durante 48 horas. No final deste período as caixas foram retiradas, colocadas no exsiccador durante 15 minutos, para arrefecerem sem ganhar humidade do ar, e, posteriormente, pesadas (Figura 13). Em anexo encontra-se o protocolo de laboratório e um exemplo de ficha de laboratório. A pesagem foi repetida entre espaços de 24 a 48 horas até se verificar peso constante. Considerou-se que o peso estabilizava quando a diferença de valores entre medições feitas em dias sucessivas fosse inferior a 0,5% do valor registado na pesagem anterior:

em que t_1 , o peso da pesagem anterior e t_2 , o peso da pesagem consecutiva.



Figura 13. Metodologia experimental de laboratório ilustrada.

5.3. Avaliação do módulo de folhada – Ensaio de fertilização e rega

Para iniciar o programa 3-PG há que inserir informação de *input* (Tabela 5). A Figura 14 mostra a informação específica de povoamento e solo para cada uma das quatro parcelas do ensaio de fertilização e rega descrito na secção 3.4.

Tabela 5. Dados de povoamento e de solo necessários ao modelo 3-PG

<i>Year planted</i>	Ano em que o povoamento foi plantado.
<i>Month planted</i>	Mês do ano em que o povoamento foi plantado.
<i>Initial year</i>	Ano com o qual se pretende iniciar a simulação.
<i>Initial month</i>	Mês do ano para o qual se pretende iniciar a simulação.
<i>End age</i>	Idade do povoamento até à qual se pretende efectuar a simulação.
<i>Initial WF</i>	Valor inicial de biomassa foliar (Mg ha^{-1}).
<i>Initial WR</i>	Valor inicial de biomassa radicular (Mg ha^{-1}).
<i>Initial WS</i>	Valor inicial de biomassa de lenho, ramos e casca (Mg ha^{-1}).
<i>Initial stocking</i>	Número de árvores por hectare (N ha^{-1}) inicial.
<i>Initial ASW</i>	Valor inicial de água disponível no solo (mm).
<i>Latitude</i>	A latitude a que o povoamento se encontra ($^{\circ}$).
<i>Fertility Rating</i>	Índice de fertilidade que varia entre 0 e 1; 0 para solos muito pobres e 1 para solos sem limitações de nutrientes.
<i>Soil Class</i>	Classe de solo. São admissíveis quatro classes: S – Sandy (Arenoso); SL – Sandy Loam (Limo-arenoso); CL – Clay Loam (Limo-argiloso); L – (Argiloso).
<i>Maximum ASW</i>	Valor máximo de água disponível no solo (mm).
<i>Minimum ASW</i>	Valor mínimo de água disponível no solo (mm).

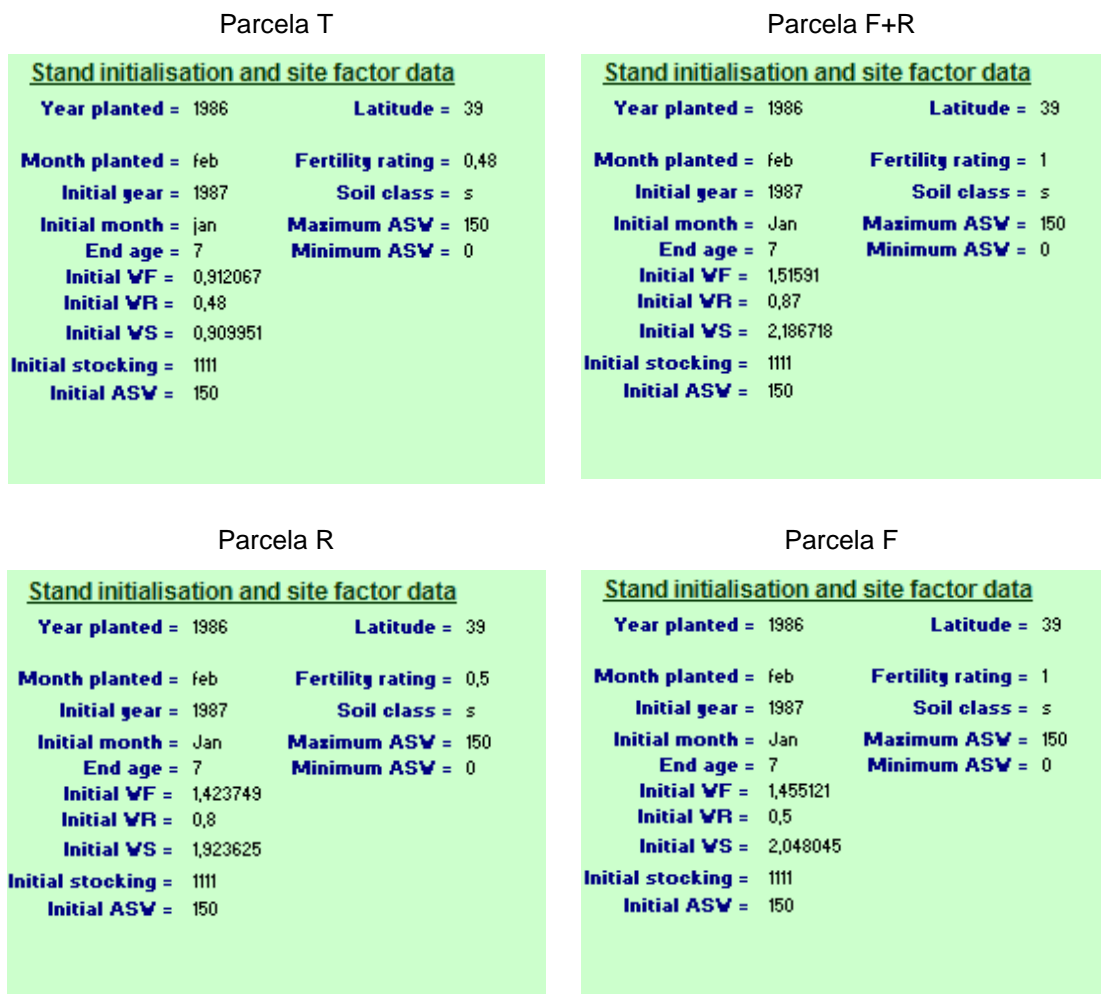


Figura 14. Dados utilizados como *input* no programa 3-PG para os quatro tratamentos do ensaio de fertilização e rega.

Dada a proximidade entre as parcelas, é natural que a informação submetida seja relativamente semelhante, havendo variações ao nível das biomassas iniciais, provenientes das características dendrométricas das árvores de cada parcela, e do valor de “*fertility rating*”, que expressa as deficiências em nutrientes em cada parcela. Note-se que no tratamento “Fertilização” (parcela F) e “Fertilização e Rega” (parcela F+R) o *fertility rating* assume o valor máximo.

São também necessários os dados climáticos referentes à região onde o ensaio se encontra e para o período para o qual se pretendem fazer as simulações. Esta informação apenas tem que ser inserida uma vez no programa, visto todas as parcelas do ensaio se encontram na mesma região. A Tabela 6 lista a informação de clima necessária e a Figura 15 mostra os dados de clima usados no ensaio de fertilização e rega. O deficit de pressão de vapor, variável necessária para inicializar o 3-PG, pode ser calculado a partir das temperaturas máximas e mínima mensais.

Tabela 6. Dados climáticos necessários no modelo 3-PG

<i>Tmax</i>	Temperatura máxima mensal (°C).
<i>Tmin</i>	Temperatura mínima mensal (°C).
<i>Rain</i>	Precipitação total mensal (mm).
<i>Pan evap</i>	Evaporação de tina (mm).
<i>Solar rad</i>	Radiação solar (MJ m ⁻² dia ⁻¹).
<i>Rain days</i>	Número de dias com precipitação superior a 0,1 mm no mês.
<i>Frost days</i>	Número de dias com geada, no mês.

Station = Yearly data								
Year	Month	Tmax	Tmin	Rain	Pan evap	Solar rad	Rain Days	Frost Days
1987	Jan	14,8	4,5	112,9	1,52	7,22	13	8
	Feb	15,20	6,00	126,50	1,52	9,76	14	3
	March	18,90	7,10	56,90	2,35	16,04	9	1
	April	19,50	9,30	94,80	3,2	18,68	9	0
	May	22,40	9,80	4,00	4,35	22,74	2	0
	June	23,60	12,80	25,30	5,21	25,51	4	0
	July	26,30	15,20	3,80	6,75	23,50	2	0
	Aug	27,70	16,40	22,60	6,46	21,94	5	0
	Sep	27,00	15,00	97,80	4,49	17,57	6	0
	Oct	19,70	11,50	173,80	2,18	9,77	19	0
	Nov	17,80	7,80	95,00	1,39	8,04	9	2
	Dec	16,30	9,00	138,70	1,03	5,23	16	0
1988	Jan	14,90	6,80	175,00	0,95	6,82	22	0
	Feb	15,50	5,70	69,50	1,66	10,82	12	4
	March	18,60	5,30	8,20	2,51	17,60	2	1
	April	17,90	9,70	88,70	2,76	17,80	11	0
	May	19,30	11,10	102,20	3,61	21,24	15	0
	June	22,00	13,60	98,10	4,72	21,58	9	0
	July	24,10	14,30	51,80	6,47	25,88	5	0
	Aug	25,40	13,60	0,00	6,08	24,82	0	0
	Sep	27,20	11,00	8,30	4,46	19,64	2	0
	Oct	22,50	10,80	104,50	2,61	12,45	8	0
	Nov	19,70	9,50	62,60	1,55	7,23	10	0
	Dec	16,50	1,60	17,70	1,14	8,52	3	16

Figura 15. Dados climáticos do ensaio de fertilização e rega inseridos no modelo 3-PG. Exemplo dos anos 1987 e 1988.

Os dados climáticos para o ensaio corresponderam ao período entre 1987 e 1992. As temperaturas máxima e mínima de cada mês, precipitação mensal e número de dias com precipitação superior a 0,1 mm foram obtidas através da estação meteorológica de Cela 16C/01C da base de dados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Os restantes dados, radiação e número de dias de geada foram obtidos por consulta das Normais Climatológicas do período 1951-1980 da estação meteorológica de Alcobaça.

5.4. Avaliação do módulo de folhada – Parcelas instaladas no âmbito deste trabalho

A avaliação do módulo de folhada nas parcelas instaladas no âmbito deste trabalho baseiam-se na mesma metodologia descrita na subsecção 6.1. Quanto a dados de *input* do povoamento, as biomassas iniciais do povoamento (Initial WF e Initial WS) foram calculadas a partir de equações de árvore de biomassa por componentes para a *Eucalyptus globulus* (António *et al.*, 2007) (Tabela 7). Os valores ao nível do povoamento foram calculados através do somatório das biomassas das árvores de cada parcela reportada ao hectare. A biomassa radicular (do povoamento) foi estimada com base na equação proposta por Soares e Tomé (em publicação):

$$\frac{Wr}{Wa} = \dots$$

em que Wr é a biomassa da raízes ($Mg\ ha^{-1}$) e Wa é a biomassa aérea total ($Mg\ ha^{-1}$)

Tabela 7. Equações de biomassa para componentes e biomassa total acima do solo para a *Eucalyptus globulus* (António *et al.*, 2007).

Lenho	aw	$\frac{1}{1 + 0.00015 \cdot W_r}$
Casca	ab	$\frac{1}{1 + 0.00015 \cdot W_r}$
Folhas	al	$\frac{1}{1 + 0.00015 \cdot W_r}$
Ramos	abr	$\frac{1}{1 + 0.00015 \cdot W_r}$
Biomass aérea total (wa)		

Em que w_a é a biomassa aérea total (kg), w_w é a biomassa do lenho (kg), w_b é a biomassa da casca (kg), w_l é a biomassa das folhas (kg), w_{br} é a biomassa dos ramos (kg), d é o diâmetro medido a 1,30 m de altura (cm), h é a altura total (m), cl é o comprimento da copa (m), definido pela diferença entre a altura total e a altura de base de copa, e h_{dom} é a altura dominante (m).

Tal como referido na subsecção 5.2.1, os dados relativos ao solo (Initial ASW, Fertility rating, Soil class, Maximum ASW e Minimum ASW) foram obtidos através da ida ao campo com o acompanhamento de um perito na análise de solos, o professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia Carlos Manuel de Arruda Pacheco.

Os dados climáticos para o período de Janeiro a Outubro de 2011 foram retirados da estação meteorológica de Barragem de Óbidos (17C/08C), da base de dados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, providenciando informação sobre as temperaturas mínima e máximas mensais, precipitação mensal e dias de precipitação superior a 0,1 mm por mês. Para a radiação solar, evaporação de tina e o número de dias de geada foram usados os valores médios da região. (Figura 17). O valor de latitude foi mantido igual ao do ensaio anterior dada a sua proximidade.

Para correr o modelo 3-PG, a Figura 16 mostra a informação específica de povoamento e solo para cada uma das parcelas instaladas no âmbito do trabalho.

Parcela 1

<u>Stand initialisation and site factor data</u>	
Year planted = 2006	Latitude = 39
Month planted = may	Fertility rating = 0,8
Initial gear = 2011	Soil class = sl
Initial month = marc	Maximum ASW = 120
End age = 5,7	Minimum ASW = 0
Initial VF = 4,3003	
Initial VR = 4,3147	
Initial VS = 21,3594	
Initial stocking = 1220	
Initial ASW = 120	

Parcela 2

<u>Stand initialisation and site factor data</u>	
Year planted = 2006	Latitude = 39
Month planted = may	Fertility rating = 0,8
Initial gear = 2011	Soil class = sl
Initial month = marc	Maximum ASW = 100
End age = 5,7	Minimum ASW = 0
Initial VF = 6,0626	
Initial VR = 7,868	
Initial VS = 42,8717	
Initial stocking = 1200	
Initial ASW = 100	

Parcela 3

<u>Stand initialisation and site factor data</u>	
Year planted = 2002	Latitude = 39
Month planted = Apr	Fertility rating = 0,4
Initial gear = 2011	Soil class = sl
Initial month = marc	Maximum ASW = 80
End age = 9,7	Minimum ASW = 0
Initial VF = 6,8098	
Initial VR = 21,6928	
Initial VS = 94,2849	
Initial stocking = 1140	
Initial ASW = 80	

Figura 16. Dados utilizados como *input* no programa 3-PG para as 3 parcelas instaladas no âmbito deste trabalho.

Station = Yearly data								
Year	Month	Tmax	Tmin	Rain	Pan evap	Solar rad	Rain Days	Frost Days
2011	Jan	15,7	6,2	84,2	1,31	7,93	20	8
	Feb	12,8	8,2	119,7	1,80	10,84	14	6
	March	14,5	6,9	68,5	2,63	15,51	16	5
	April	19,3	13,1	97,8	3,29	18,63	12	2
	May	20,9	13,8	165,6	4,19	22,86	20	0
	June	23,4	14,8	3,5	5,31	25,87	8	0
	July	21,4	16,5	5,5	6,91	26,35	5	0
	Aug	22,2	16,7	15,6	6,25	24,17	14	0
	Sep	21,1	15,3	68,2	4,42	18,35	12	0
	Oct	22,10	13,50	98,38	2,53	12,64	10	0
	Nov	18,02	7,40	117,67	1,53	8,70	11	3
	Dec	15,42	5,55	111,20	1,14	6,72	12	7
2012	Jan	14,99	4,58	121,25	1,31	7,93	13	7
	Feb	15,67	5,46	103,81	1,80	10,84	11	5
	March	17,65	6,58	68,95	2,63	15,51	9	3
	April	18,62	7,96	76,10	3,29	18,63	10	1
	May	20,67	10,10	69,13	4,19	22,86	9	0
	June	23,53	12,67	27,33	5,31	25,87	5	0
	July	25,73	14,47	7,91	6,91	26,35	2	0
	Aug	26,10	14,23	9,66	6,25	24,17	2	0
	Sep	25,29	12,87	41,42	4,42	18,35	5	0
	Oct	22,09	10,55	98,38	2,53	12,64	10	0
	Nov	18,02	7,40	117,67	1,53	8,70	11	3
	Dec	15,42	5,55	111,20	1,14	6,72	12	7

Figura 17. Dados climáticos inseridos no modelo 3-PG. Exemplo do ano 2011 e 2012. Os dados depois de Outubro de 2011 são retirados dos valores médios para a região entre 1965 e 2002.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Avaliação do módulo de folhada – Ensaio de fertilização e rega

Correndo o programa pode-se construir um gráfico com a quantidade acumulada de queda de folhada total (Mg ha^{-1}) em função da idade do povoamento. Os dados reais (com base nas recolhas em campo), também em quantidade acumulada de folhada total (Mg ha^{-1}), foram adicionados ao mesmo gráfico, de modo a se poder analisar a exactidão das estimativas. Os resultados para o ensaio de fertilização e rega são apresentados na figura 18:

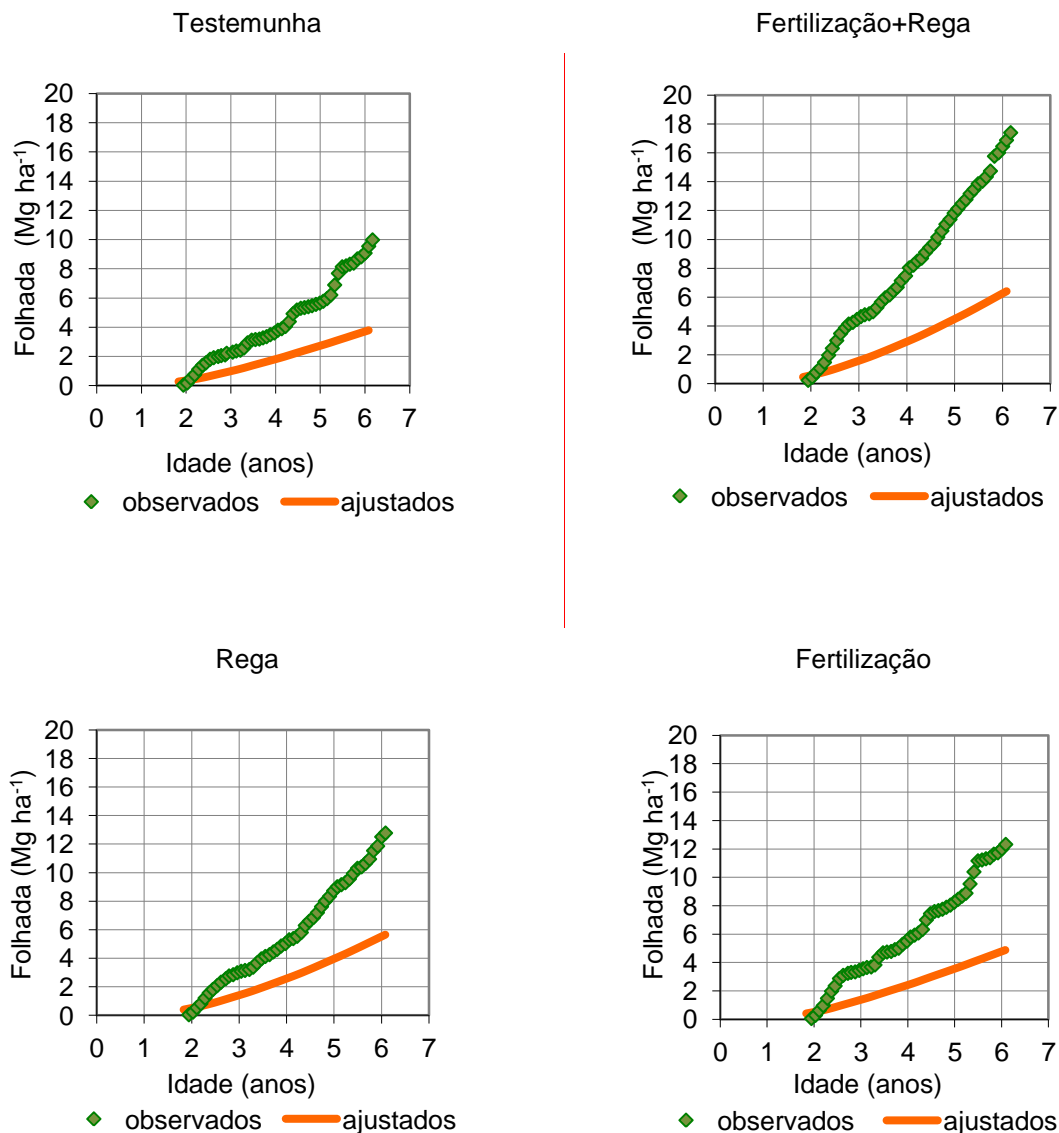


Figura 18. Valores acumulados de folhada, com cestos de área $1,23 \text{ m}^2$, entre os 2 e os 6 anos de idade, ou seja, 1988 e 1992.

Visualizando aos gráficos da Figura 18, os dados reais e o modelo iniciam-se próximos, mas logo a partir das primeiras recolhas vai ocorrendo um desvio entre ambas os dados, aumentando gradualmente o erro (diferença entre valor real e valor estimado) com o intervalo de projecção. Assim, conclui-se que o modelo subestima os valores de folhada em relação aos dados de fertilização e rega, sendo esta subestimação crescente com o tempo e com manipulação no sentido favorável das condições do solo.

6.2 Avaliação do módulo de folhada – Parcelas instaladas no âmbito deste trabalho

A biomassa de folhada acumulada nas 17 recolhas do estudo correspondeu a 1,12 Mg ha⁻¹ na parcela 1; 1,86 Mg ha⁻¹ na parcela 2; e 2,82 Mg ha⁻¹ na terceira parcela (Tabela 8) considerando serem referentes apenas ao período de sete meses entre Março e Outubro. Dado a reduzida duração do estudo, uma comparação com os valores anuais existentes na bibliografia é apenas possível expectando uma queda de folhada média para os cinco restantes menos em falta. Tendo isso em conta, os valores obtidos na parcela 3 (de 9 anos) podem-se considerar na ordem dos resultados de Cortez (1996), 3,5 Mg ha⁻¹ e 4,9 Mg ha⁻¹ para eucaliptos de 7 e 8 anos de idade respectivamente, instalados na Herdade da Espirra. Os resultados da parcela 2 e principalmente da parcela 1 (5 anos ambas) mostram-se abaixo dos obtidos por Madeira *et al.* (1995), apresentando 3,93 Mg ha⁻¹ quando o eucaliptal se encontrava com 5 a 6 anos de idade (Ensaio de fertilização e rega, tratamento Testemunha). Os outros tratamentos do mesmo estudo são excluídos de comparação dado terem sido positivamente manipulados. Os resultados de Fabião (1986), também se adequam, tendo observado 3,56 Mg ha⁻¹ num eucaliptal de 8 anos situado na zona de Santiago do Cacém. Porém, Fabião (1986) encontrou valores mais reduzidos, tendo observado 2,76 Mg ha⁻¹ num eucaliptal de 8 anos de idade no concelho de Cadaval e 1,92 Mg ha⁻¹ num eucaliptal de 9 anos de idade no concelho de Águeda. Após considerar estas comparações, é possível expectar que os valores acumulados obtidos neste estudo não só estão de acordo com os do ensaio de Fertilização e Rega como também dos restantes estudos realizados em Portugal em *Eucalyptus globulus*, não havendo anomalias nas quantidades de queda de folhada total recolhidas.

Tabela 8. Quantidades totais acumuladas de componentes da folhada e desvios padrão (entre parêntesis), recolhidas em cada uma das parcelas entre Março e Outubro, e proporções dessas componentes em relação aos totais.

Parcela	Data de Plantação	Folhas (f)	Outros materiais (o)	Total (t)	f/t	o/t
		Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	%	%
1	Maio/2006	948,67 (38,33)	167,05 (11,05)	1115,72 (39,87)	85,03	14,97
2	Maio/2006	1597,75 (51,68)	260,61 (13,53)	1858,37 (59,46)	85,98	14,02
3	Abril/2002	1904,80 (61,78)	916,93 (72,02)	2821,73 (123,81)	67,50	32,50

As parcelas 1 e 2, tendo sido instaladas na mesma plantação, apresentam diferenças significativas em relação aos valores observados. Tal explicação poderá advir das condições do solo de cada uma das parcelas. A parcela 1 encontra-se num solo constituído por arenitos e complexos argilo-limosos mais ou menos compactados. Embora estas condições não impeçam a progressão radicular para obtenção de água a maior profundidade (4-5 m), dado que ocorre o fendilhamento das argilas pelas raízes, a parcela encontra-se sobre uma zona de encosta, com covas na entrelinha criadas durante a instalação da plantação, que associadas ao tipo do solo existente, podem provocar desigualdades na drenagem da água e possível encharcamento, provocando diminuição de produtividade em algumas zonas ou, mesmo, mortalidade de indivíduos. Tais condições não existem na parcela 2. O declive é pouco acentuado e a textura mais equilibrada, franca dominada por areia, possibilitando uma taxa de infiltração alta e, conseqüentemente, baixa possibilidades de encharcamento.

A parcela 3 obteve valores superiores às outras parcelas, dado se encontrar numa plantação com mais 4 anos de idade. No entanto, a quantidade de folhas é relativamente baixa. A plantação onde a parcela está inserida apresenta baixos comprimentos de copa (por volta dos 5 metros, para alturas de 20 metros) sendo assim árvores com uma copa reduzida. Esta consideração associada a um baixo valor de *fertility rating* poderão explicar a baixa queda de folhas nesta parcela.

A distribuição da folhada caída durante o período em que o estudo decorreu foi bastante irregular, tendo no entanto, o padrão semelhante nas três parcelas (Figura 19): um aumento moderado desde o início do estudo, Março até Junho; a partir daí a queda de folhada aumentou a um ritmo mais elevado até meados de Julho, onde se observaram valores máximos, e diminuiu muito acentuadamente durante o mês de Agosto. Nas recolhas finais, as quantidades tenderam a estabilizar para valores considerados intermédios, à excepção da última recolha, na qual se obteram valores superiores, principalmente na parcela 3.

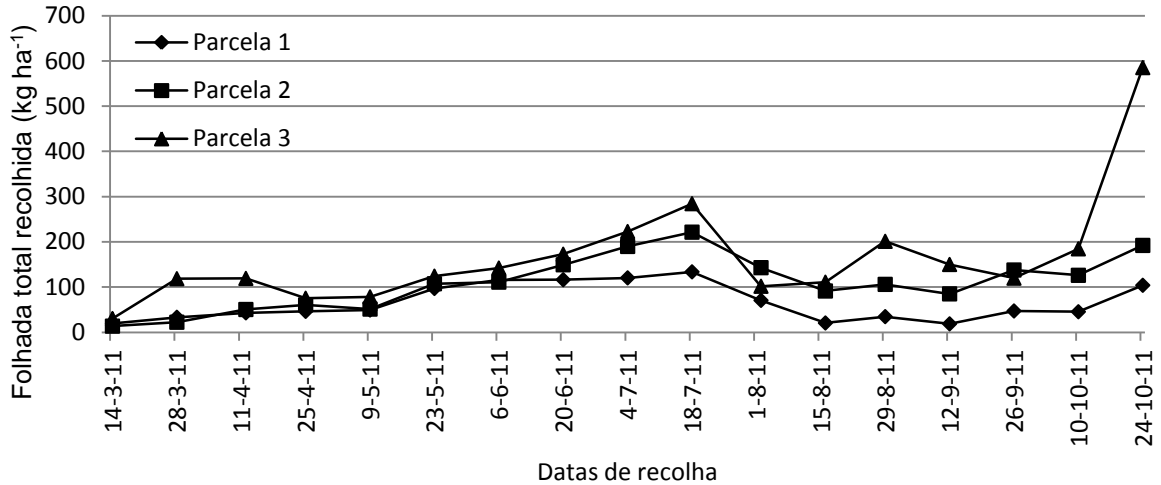
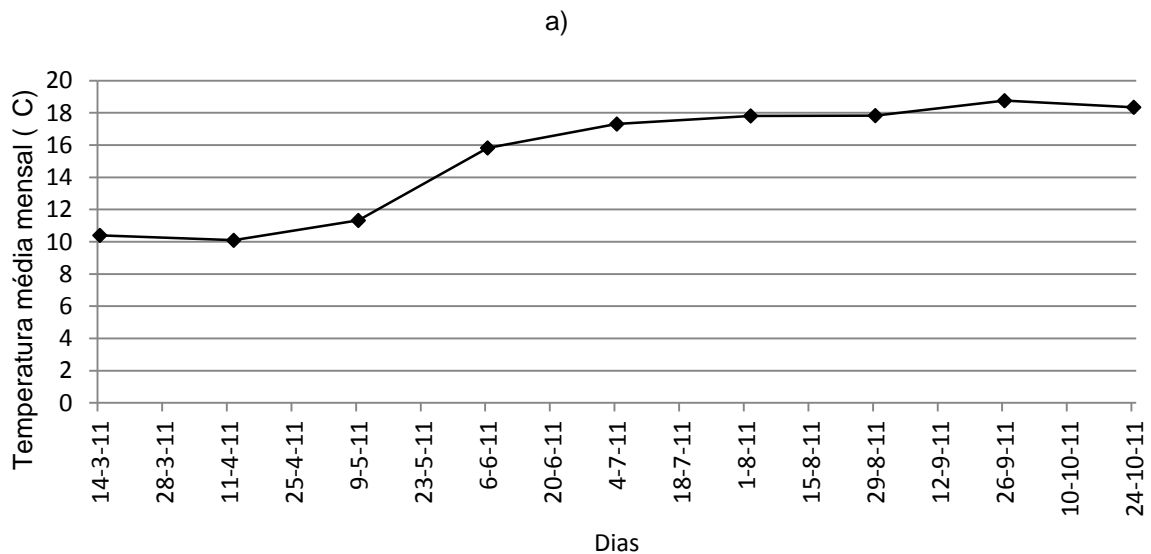


Figura 19. Variação da quantidade de queda de folhagem (kg ha⁻¹) entre o período de Março e Outubro de 2011 para as três parcelas em estudo.

Existe uma relação entre o padrão de queda de folhagem obtido e os factores climáticos analisados. Os valores mais elevados ocorreram do final de Junho a meados de Julho, período esse que ao qual se notou ausência de precipitação, acentuando o *stress hídrico* por parte das plantas, como é referido em Pereira (1994), e também observado por Madeira *et al.* (1995). A velocidade do vento ocorrida no local parece justificar parte da queda de folhagem. A partir de Maio a velocidade do vento aumenta de 1 a 2 m s⁻¹ para 2 a 3 m s⁻¹. Durante este mês ainda ocorreu precipitação, não propiciando condições de *stress hídrico* nas plantas. Porém, a queda de folhagem aumentou durante o mesmo período. Surge a hipótese da queda de folhagem estar dependente não só da ausência de precipitação ocorrida num período anterior, mas também da velocidade do vento existente no local.



b)

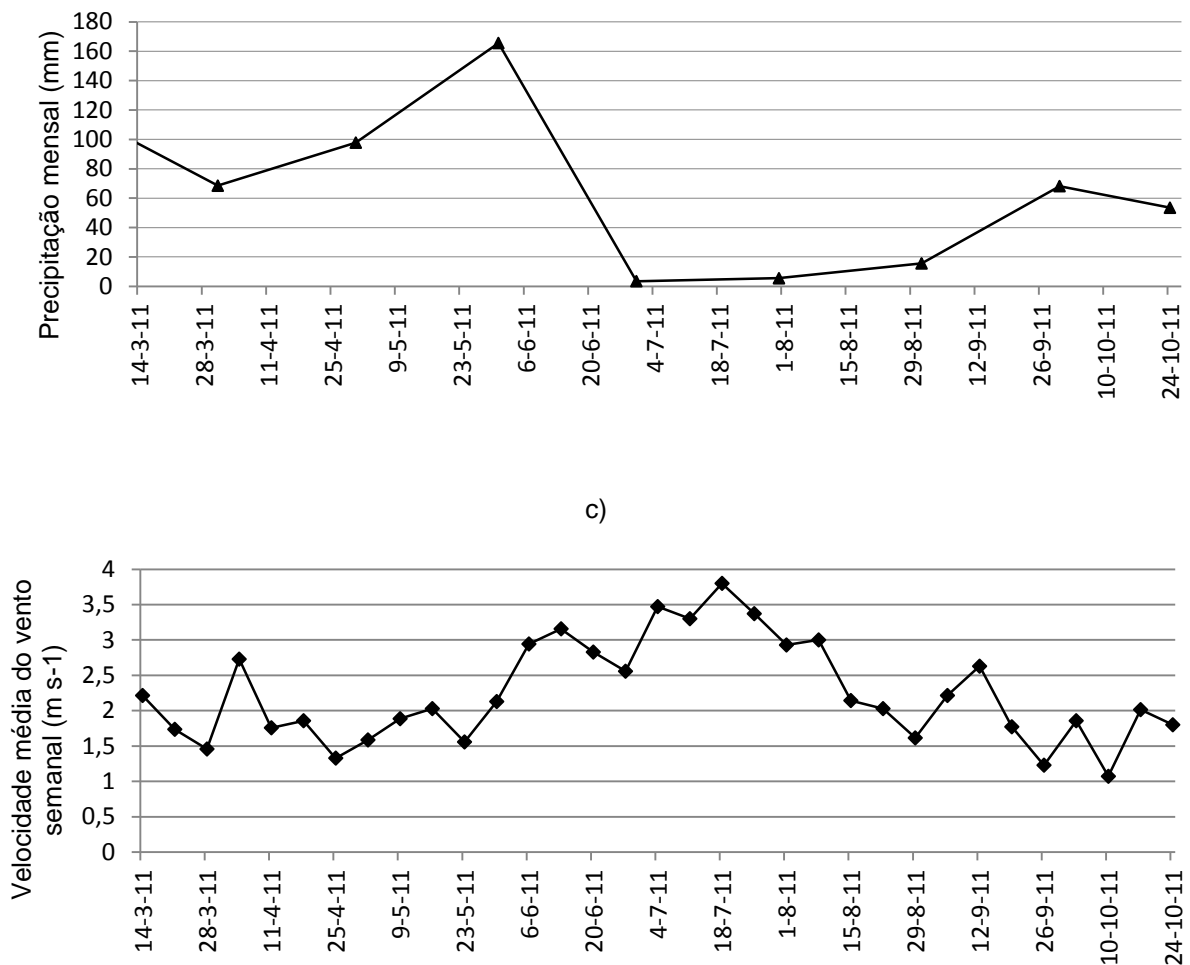


Figura 20. a) Variação da: temperatura média do ar mensal (°C); b) precipitação mensal (mm) c) velocidade média do vento semanal (m s⁻¹). Os gráficos referem-se ao período entre Março e Outubro de 2011.

A quantidade de folhas na folhada, em cada período, variou bastante ao longo do estudo, correspondendo em média a 55,80 kg ha⁻¹ na parcela 1, 93,99 kg ha⁻¹ na parcela 2 e a 112,05 kg ha⁻¹ na parcela 3 por cesto por quinzena. É possível existir uma sobrevalorização associada a estes valores, visto serem representativos de apenas 7 meses do ano, meses esses de Primavera e Verão, caracterizadas por ocorrência de *stress hídrico* e consequente aumento de queda de folhada.

Como é visível na Figura 21 e expectável, o padrão da queda de folhas na folhada seguiu os padrões da queda de folhada total. A parcela 1, ao contrário das restantes, teve um acréscimo bastante menos acentuado. Existe depois um decréscimo acentuado a partir de meados de Julho até meados de Agosto, estabilizando depois para valores considerados intermédios. A parcela 3 apresenta um valor de queda de folhada bastante elevado na última observação, que pode ser explicado através da visualização dos componentes individualizados da folhada.

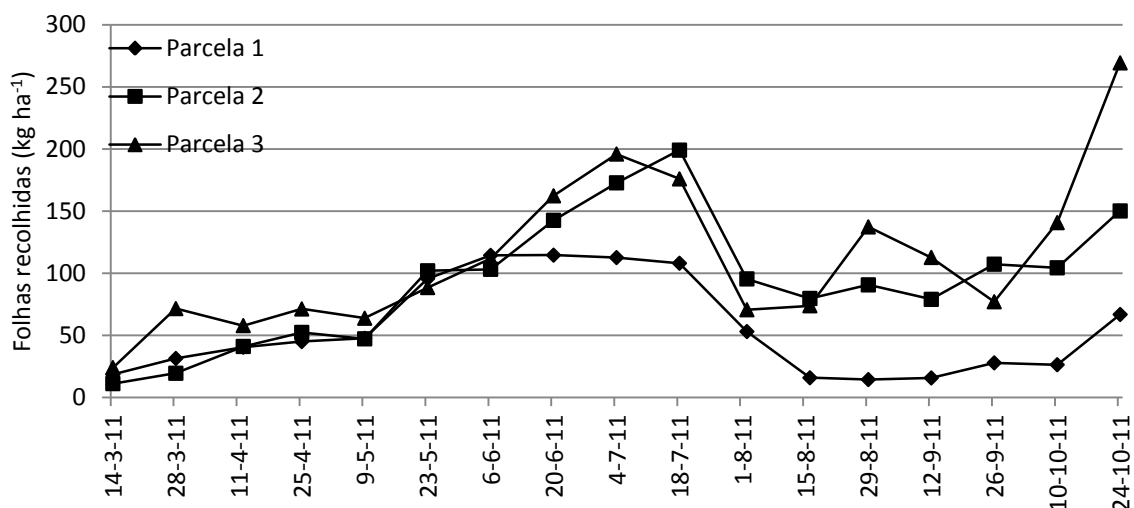
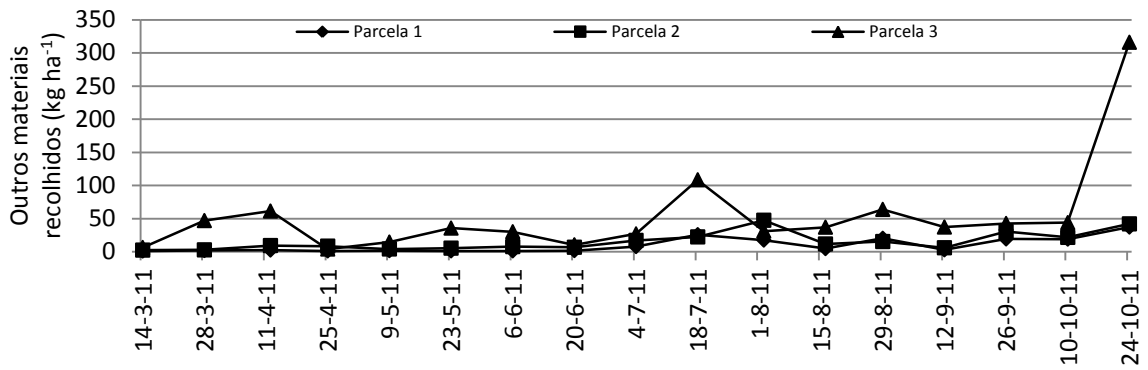


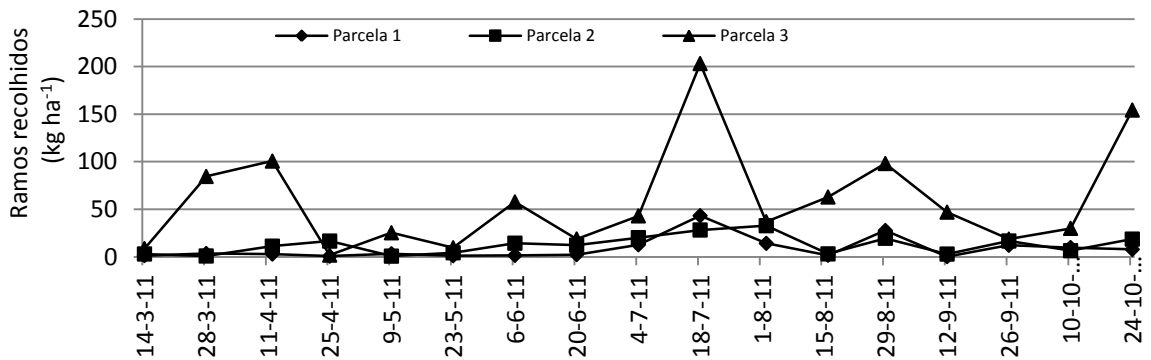
Figura 21. Variação da quantidade de folhas na folhada (kg ha⁻¹) entre o período Março e Outubro de 2011 para as três parcelas em estudo.

A quantidade de outros materiais recolhidos, nomeadamente ramos, cascas e cápsulas, variou bastante ao longo do tempo, tendo um valor médio de 9,83 kg ha⁻¹ na parcela 1, 15,33 kg ha⁻¹ na parcela 2 e 53,94 kg ha⁻¹ na parcela 3. Embora os valores médios sejam próximos, ocorreu uma grande irregularidade na distribuição ao longo do período de estudo (Figura 22). Neste caso, observa-se apenas uma simetria na distribuição das parcelas 1 e 2. O facto de estas duas parcelas estarem localizadas muito próximas uma da outra, mostra a possível influência das condições locais na queda destes componentes, principalmente a velocidade do vento. Voltando à Figura 20, repara-se que os períodos em que ocorrem maiores velocidades de vento correspondem ao picos de queda de ramos, cascas e cápsulas. Os picos de folhada ocorridos na parcela 3 são resultado fundamentalmente da queda de grandes quantidades de cascas ou ramos em alguns dos cestos, correspondentes a cascas do tronco ou ramos de maiores proporções, que aumentam por si sós consideravelmente as quantidades obtidas. É o caso da última observação da parcela 3, ocorrendo simultaneamente grandes quantidades de cascas e ramos, reflectindo-se estes valores nas quantidades totais de folhada. No caso específico das cápsulas, as ínfimas quantidades observadas durante o ensaio tornaram essa componente da folhada praticamente irrelevante na folhada total.

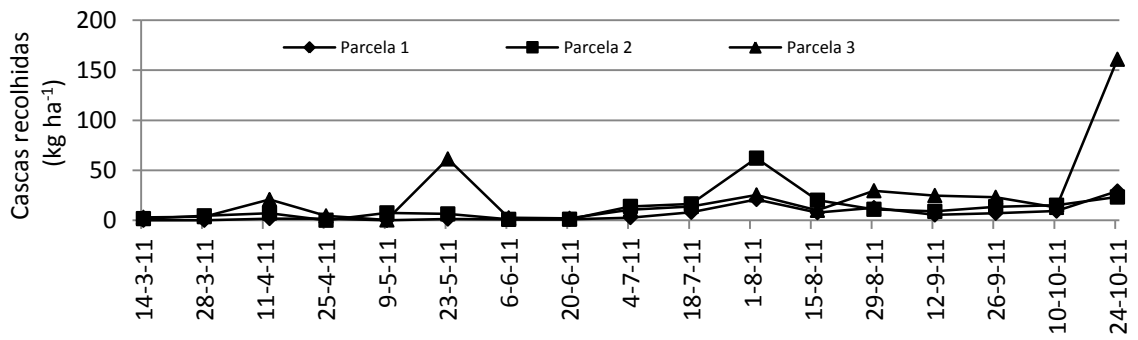
Outros materiais da folhada



Ramos



Cascas



Cápsulas

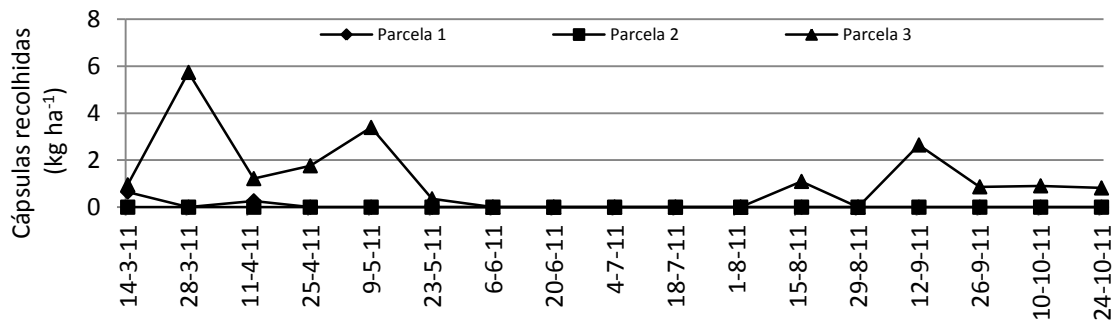


Figura 22. Variação da quantidade de outros materiais, ramos, cascas e cápsulas (kg ha^{-1}) entre o período de Março e Outubro de 2011 para as três parcelas em estudo.

Após correr o programa, foram obtidos os gráficos de dados estimados vs observados para as três parcelas.

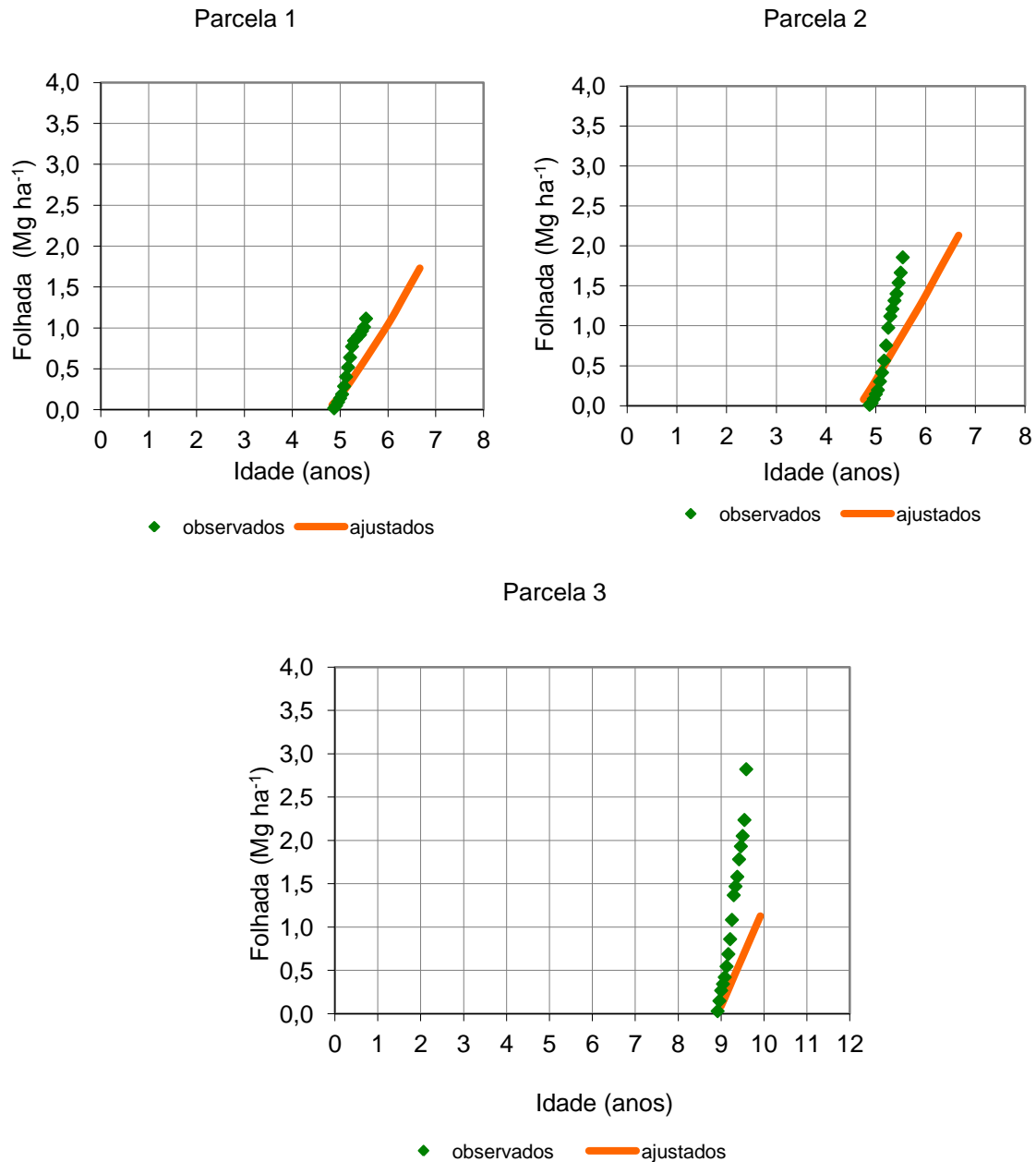


Figura 23. Valores acumulados de folhada, entre os 5 e os 6 anos de idade, no caso das parcelas 1 e 2, e entre os 9 e 10 anos de idade, na parcela 3.

Verifica-se na Figura 23 que a diferença entre valores estimados e valores reais vai aumentando gradualmente, conduzindo a uma subestimação dos valores de queda de folhada, tal como se

observa nos gráficos para o ensaio de fertilização e rega. Surge a possibilidade de revisão da estrutura do módulo de folhada para o 3-PG, na tentativa de melhorar a aderência do modelo aos dados reais. Segundo os gráficos apresentados (e também nos do ensaio de fertilização de rega) há um desvio entre valores observados e estimados principalmente entre Maio e Agosto. É possível que o modelo não esteja correctamente ajustado para o período de Primavera/Verão neste região, onde há uma queda acentuada de folhada, que segundo Sands (2004) não é explicada pela equação do módulo de folhada. Um maior número de recolhas, no mínimo 24 recolhas para realizar um ciclo anual e se observar as variações da queda de folhada durante todo o ano, permitiria uma maior consistência nos dados para fundamentar com maior ênfase tais conclusões.

7. CONCLUSÕES

A análise das estimativas de biomassa de folhada acumulada obtidas com o modelo 3-PG para os quatro tratamentos (testemunha, fertilização, rega e fertilização+rega) do ensaio de fertilização e rega localizado na Quinta do Furadouro, em Óbidos, justificou a instalação de parcelas e a instalação de cestos de recolha de folhada. De facto, verificou-se que o modelo 3-PG, para o ensaio referido, subestimava a queda de folhada. A instalação de parcelas em eucaliptais em alto fuste e de origem seminal com diferentes idades e índices de qualidade de estação foi considerada fundamental para confirmar as tendências observadas no ensaio de fertilização e rega.

Embora o número de recolhas seja ainda reduzido, as estimativas obtidas com o modelo 3-PG para as três parcelas instaladas parecem confirmar a subestimação da queda de folhada nos eucaliptais com as características anteriormente referidas.

É necessário continuar a recolher a folhada até fazer, pelo menos, um período anual e eventualmente instalar novas parcelas com cestos de recolha em eucaliptais com diferentes características de idade e de qualidade de estação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFN, 2010. 5º Inventário Florestal Nacional; Apresentação do Relatório Final. Direcção Nacional de Gestão Florestal; Autoridade Nacional Florestal, Lisboa.

Almeida, A.C., Landsberg, J.J., Sands, P.J., 2004. *Parameterisation of 3-PG model for fast-growing Eucalyptus grandis plantations*. Forest Ecology and Management 193, 179–195.

Alves, A.M., Pereira, S.P., Silva, (J.), 2007. *O Eucaliptal em Portugal. Impactes Ambientais e Investigação Científica*. ISAPress, Lisboa, pp .

Amaro, A.P.N. 1997. *Modelação do crescimento de povoamentos de Eucalyptus globulus Labill. De 1ª rotação em Portugal*. Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Agronomia para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Florestal: Universidade Técnica de Lisboa.

António, N., Tomé, M., Soares P., Tomé, J., e Fontes, L., 2007. *Effect of stand and site variables on the estimation of aboveground tree biomass of Eucalyptus globulus*. Can. J. For. Res.

Azevedo, A.P. 2000. *Estudo da Dinâmica do Azoto e do Carbono em Plantações Florestais Intensivas*. Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Agronomia para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agronómica: Universidade Técnica de Lisboa.

Carvalho, A., 1999. *Modelação do Crescimento das Árvores em Eucaliptais em 1ª Rotação Localizados nas Regiões Norte e Centro Litoral*. Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Agronomia para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Florestal; Universidade Técnica de Lisboa.

Coops, N.C., Waring, R.H., Law, B.E., 2005. *Assessing the past and future distribution and productivity of ponderosa pine in the Pacific Northwest using a process model, 3-PG*. Ecol. Modell. 1-18.

Cortez, N., 1996. *Compartimentos e Ciclos de Nutrientes em Plantações de Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus e Pinus pinaster Aiton*, Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Agronomia para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agronómica; Universidade Técnica de Lisboa.

Dye, P.J., 2001. *Modelling growth and water use in four Pinus patula stands with the 3-PG model*. S. Afr. For. J. 53–64.

DGF, 2001. *Terceira Revisão do Inventário Florestal Nacional*. Direcção Geral das Florestas, XX pp.. Co-responsável pela validação dos dados.

Dye, P.J., Jacobs, S., Drew, D., 2004. *Verification of 3-PG growth and water-use predictions in twelve Eucalyptus plantations stands in Zululand, South Africa*. Forest Ecology and Management 193, 197-218.

Esprey, L.J., Sands, P.J., Smith, C.W., 2004. *Understanding 3-PG using a sensitivity analysis*. Forest Ecology and Management 193; 235–250.

Fabião, A., 1987. *Árvores e Florestas*. Publicações Europa-América. Mem-Martins, pp 159-162.

Fabião, A. 1986. *Contribuição Para o Estudo da Dinâmica da Biomassa e da Produtividade Primária Líquida em Eucaliptais. Região Litoral do Centro de Portugal*. Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Agronomia para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Florestal; Universidade Técnica de Lisboa.

Fontes, L., Landsberg, J.J., Tomé, J. A., Tomé, M., Pacheco, C. A., Soares, P., Araújo, C., 2006. *Calibration and testing of a generalized process-based model for use in Portuguese eucalyptus plantations*. Canadian Journal of Forest Research 36; 3209-3221.

Landsberg, J.J., Waring, R.H., 1997. *A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning*, Forest Ecology and Management; 95:209-228.

Landsberg, J.J., Waring, R.H., Coops N.C., 2001. *The 3-PG forest model: matters arising from evaluation against plantation data from different countries*. Eur. For. Inst. Proc. 31-43.

Landsberg, J.J., Waring, R.H., Coops N.C., 2003. *Performance of the forest productivity model 3-PG applied to a wide range of forest types*, Forest Ecology and Management 172; 199-214.

Law, B.E., Waring, R.H., Anthoni, P.M., Aber, J.D., 2000. *Measurements of gross and net ecosystem productivity and water vapour exchange of a Pinus ponderosa ecosystem, and an evaluation of two generalized models*. Global Change Biol. 6: 155–168.

Madeira, M.; Araújo, M.C. & Pereira, J.S. 1995. *Effects of water and nutrient supply on amount and on nutrient concentration of litter fall and forest floor litter in Eucalyptus globulus plantations*. Plant and Soil 168-169: 287-295.

Madeira, M.V., Fabiao, A., Pereira, J.S., Araujo, M.C., Ribeiro, C., 2002. *Changes in carbon stocks in Eucalyptus globulus Labill. plantations induced by different water and nutrient availability*. Forest Ecology and Management 171; 75-85.

Paul, K.I., Booth, T.H., Jovanovic, T., Sands, P.J., Morris, J.D., 2007. *Calibration of the forest growth model 3-PG to eucalypt plantations growing in low rainfall regions of Australia*. Forest Ecology and Management 243; 237-247.

Pereira, J.S., Linder, S., Araújo, M.C., Pereira, H., Ericsson, T., Borralho, N. & Leal, L.C. 1989. *Optimization of biomass production in Eucalyptus globulus plantations. A case study*. In Pereira, J.S. & Landsberg, J.J. (eds) *Biomass Production by Fast-Growing Trees*, pp. 101-121. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands.

- Pérez-Cruzado, C., Muñoz-Sáez, F., Basurco, F., Riesco, G., Rodríguez-Soalleiro, R., 2011. *Combining empirical models and the process-based model 3-PG to predict Eucalyptus nitens plantations growth in Spain*. Forest Ecology and Management 262; 1067-1077.
- Reis, R. M. e Gonçalves, M. Z. 1981. *Caracterização Climatérica da Região Agrícola do Ribatejo e Oeste. O clima de Portugal*, Fascículo XXXII. Instituto Nacional de Meteorologia Geofísica, Lisboa.
- Rodríguez-Suárez, J.A., Boto, B., Iglesias, M. L., Diaz-Fierros, F., 2010. *Application of the 3-PG forest growth model to a Eucalyptus globulus plantation in Northwest Spain*. European Journal of Forest Research 129; 573-583.
- Sands, P.J., Landsberg, J.J., 2002. *Parameterisation of 3-PG for plantation grown Eucalyptus globulus*. Forest Ecology and Management 163; 273-292.
- Sands, P.J. 2004. *Adaptation of 3-PG to novel species: guidelines for data collection and parameter assignment*. Cooperative Research Centre for sustainable production forestry. Technical Report 141.
- Silva, J.S., Sequeira, E., Catry, F., Aguiar, C., 2007. *Árvores e florestas de Portugal: pinhais e eucaliptais, a floresta cultivada*. Jornal Público, Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento, Liga para a Protecção da Natureza.
- Soares, P., Tomé, M., 2003. *GLOBTREE, an individual tree growth model for Eucalyptus globulus in Portugal*. In: Amaro, A., Reed, D., Soares, P. (Eds), Modelling Forest Systems. CAB International, pp. 97-110.
- Soares, P., Tomé, M., (Em publicação). *Biomass expansion factors for Eucalyptus globulus stands in Portugal*. Forest Systems.
- Stape, J.L., Ryan, M.G., Binkley, D., 2004. *Testing the utility of the 3-PG model for growth of Eucalyptus grandis x urophylla with natural and manipulated supplies of water and nutrients*. Forest Ecology and Management 193; 219–234.
- Tomé, J. 1997. *Modelação da Absorção da Radiação, da Fotossíntese e da Transpiração em Eucalyptus globulus Labill*. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. Portugal.
- Tomé, M., 2005. *Modelação do Crescimento e da Produção de Povoamentos Florestais. Textos didáticos do GIMREF*, nº TP 2/2005, Centro de Estudos Florestais, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Tomé, M., Falcão, A., and Amaro, A. 1998. *GLOBULUS. Version 1.0.0. A regionalised growth model for eucalypt plantations in Portugal*. In Modelling Growth of Fast-grown Tree Species, Proceedings of an IUFRO Conference. Ortega, A. Gezan. (Eds) Universidad Austral do Chile, Valdivia, Chile.

Tomé, M., Oliveira, T., Soares, P., 2006. *O Modelo Globulus 3.0*. Publicações GIMREF - RC2/2006. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

Tomé, M., Ribeiro, F., Soares, P., 2001. *O Modelo Globulus 2.1*. Relatórios Técnico–Científicos do GIMREF, nº 1/2001, Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

Tomé, M., Faias, S., Tomé, J., Cortiçada, A., Soares, P., Araújo, C., 2004. *Hybridizing a stand level process-based model with growth and yield models for Eucalyptus globulus in Portugal*. In: Borralho, N. M. G., Pereira, J. S., Marques, C., Coutinho, J., Madeira, M. e Tomé, M. (Eds). *Eucalyptus in a Changing World*, Proc. IUFRO Conf. Aveiro, 11-15 Oct. (RAIZ, Instituto Investigação da Floresta e Papel, Portugal), pp: 290-297.

Waring, R.H., 2000. *A process model analysis of environmental limitations on the growth of Sitka spruce plantations in Great Britain*. *Forestry* 65-79.

Waring, R.H., McDowell, N., 2002. *Use of physiological process model with forestry yield tables to set limits on annual carbon balances*. *Tree Physiol.* 22 179–188.

<http://www.afn.min-agricultura.pt/portal/outros/noticias/resource/ficheiros/apresentacao-do-ifn5-na-sefdr-madrp/Apresenta-IFN5-AFN-DNGF-JP.pdf> consultado em 14 Agosto de 2011.

Anexos

Anexo 1.1 – Ficha de campo da parcela 1

Unidade Operacional: 30

Nº de parcela: 1

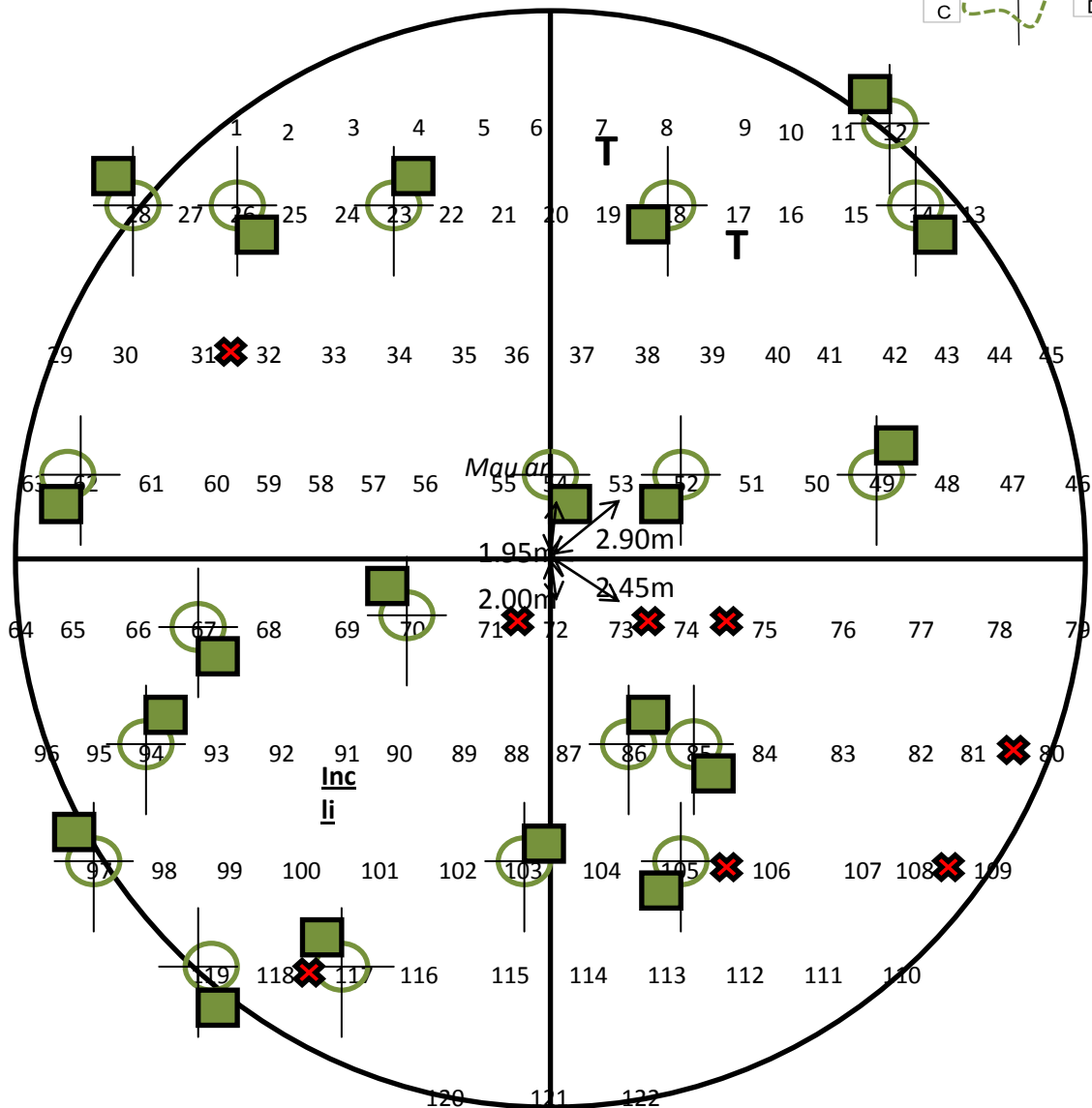
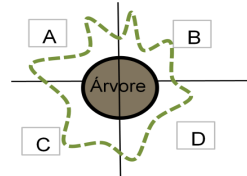
Área da Parcela (m²): 1000 **Raio (m):** 17.84

Compasso (m): 2x4

IQE: 20.7

hdom (m): 12.9 m

idade (anos): 4.7



Legenda: **X** : árvore morta não numerada; **T** : árvore torta; Incli: árvore inclinada.

Anexo 1.2 – Ficha de campo da parcela 2

Unidade Operacional: 30

Nº de parcela: 2

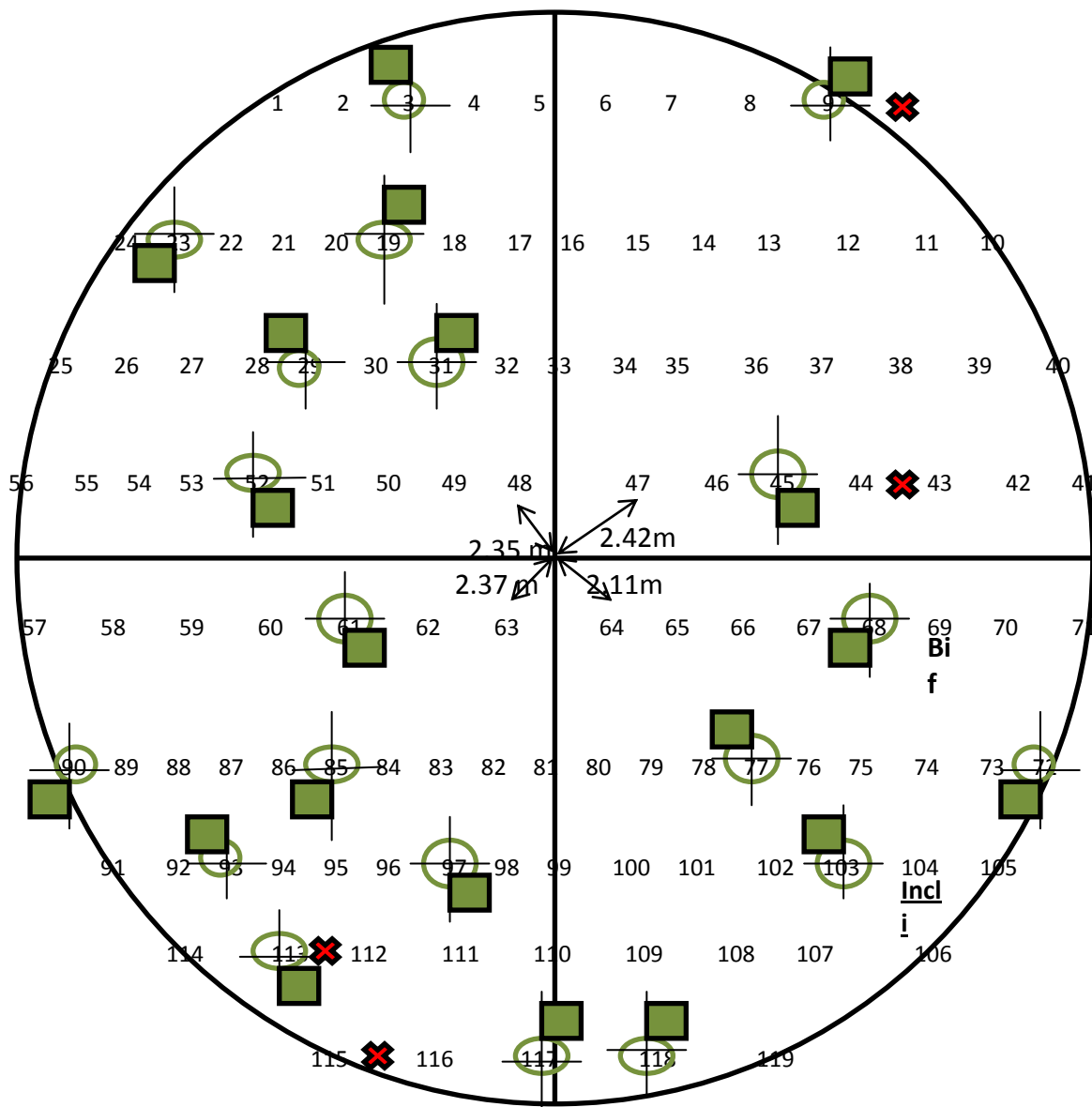
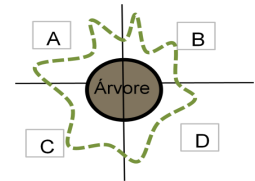
Área da Parcela (m²): 1000 Raio (m): 17.84

Compasso (m): 2x4

IQE: 24.4

hdom (m): 16.41

Idade (anos): 4.7



Legenda: **X** : árvore morta não numerada; Incl: árvore inclinada; **Bi**: árvore bifurcada.

Anexo 1.3 – Ficha de campo da parcela 3

Unidade Operacional: 11

Nº de parcela: 3

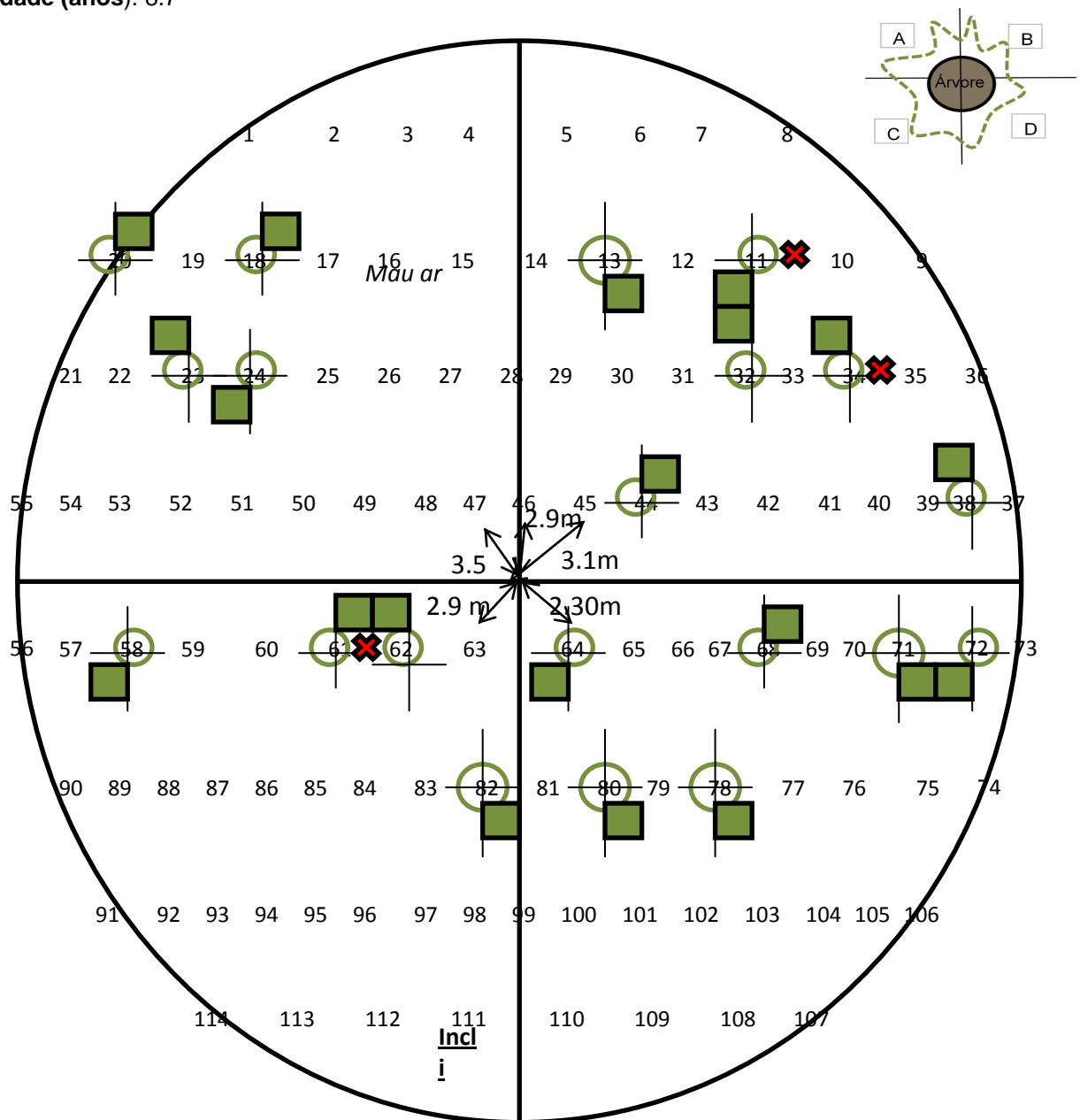
Área da Parcela (m²): 1000 **Raio (m):** 17.84

Compasso (m): 2x4

IQE: 23.2

hdom (m): 21.74

Idade (anos): 8.7



Legenda: **X** : árvore morta não numerada; *Mau ar*: árvore apresentado sinais de fraqueza.

Protocolo de laboratório – secagem de material

Metodologia

O material vegetal recolhido no campo deverá ser depositado na sala da estufa para classificação, secagem e pesagem. Caso não seja possível proceder ao tratamento do material no próprio dia de recolha será deixado no frigorífico, a temperatura de aproximadamente 2°C.

Cada um dos sacos será despejado, à vez, para uma das bandejas onde serão separados para cada um dos recipientes de alumínio etiquetados correspondentemente à classe pertencente: Cascas, Folhas, Frutos, Ramos. A separação faz-se por análise visual.

É feita a pesagem de cada uma das amostras nas caixas de alumínio previamente taradas, para obtenção de pesos frescos das amostras.

As caixas são colocadas na estufa, previamente aquecida, a 70°C durante 48 horas. No final deste período as caixas são retiradas, colocadas no exsiccador durante 15 minutos para arrefecerem e posteriormente pesadas. A pesagem deve ser repetida em dias consecutivos até se verificar peso constante. Considera-se que o peso estabiliza quando a diferença de valores entre medições feitas em dias sucessivos é inferior a 0,5% do valor registado na pesagem anterior, ou seja, segundo a equação:

Em que t_1 significa o peso em gramas da pesagem anterior e t_2 o peso em grama da pesagem consecutiva.

Após obtida razão pretendida, o conteúdo das caixas de alumínio é guardado novamente nos sacos de plástico de campo.

Material

- Balança electrónica de pesagem em gramas com precisão de uma casa décima (Marca Shimadzu).
- Bandejas de plástico.
- Caixas de alumínio de tamanhos variáveis.
- Exsiccadores.
- Estufa eléctrica (Marca Memmert).
- Etiquetas.
- Frigorífico.
- Folhas para apontamentos.
- Lápis e borracha.
- Sílica gel.

Exemplo de ficha de laboratório

Equipa:	
Data de recolha:	

Parcela	Peso fresco (g)	Data de pesagem				Peso seco final (g)
Folhas 1						
Folhas 2						
Folhas 3						
Folhas 4						
Folhas 5						
Folhas 6						
Folhas 7						
Ramos						
Cascas						
Cápsulas						
Observações:						

Parcela	Peso fresco (g)	Data de pesagem				Peso seco final (g)
Folhas 1						
Folhas 2						
Folhas 3						
Folhas 4						
Folhas 5						
Folhas 6						
Folhas 7						
Folhas 8						
Ramos						
Cascas						
Cápsulas						
Observações:						