



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA**  
Escola Superior Agrária

**“Alteração do uso do solo e stocks de carbono na freguesia de  
Deilão, Bragança”**

**Helena Margarida Pires Pinheiro**

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária para obtenção do grau de mestre em Gestão de Recursos Florestais, Orientada por João Carlos Martins Azevedo, PhD e Co-Orientada pelo Professor Doutor João Paulo Miranda de Castro.

“Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri”

**Bragança, Novembro de 2009**



***"Na Natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma."***

Antoine-Laurent de Lavoisier - (1743-1794)



À memória dos meus Pais



## **AGRADECIMENTOS**

Todo o tempo e empenho que dediquei ao presente trabalho teriam sido em vão se não pudesse ter contado com tantas ajudas que de uma forma ou de outra contribuíram para que este se concretizasse. Agradeço profundamente a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para esta realização.

De uma forma mais particular quero agradecer:

Ao Professor João Azevedo, pela sugestão do tema, pelos seus ensinamentos, pela sua disponibilidade e dedicação com que acompanhou, analisou e orientou esta tese;

Ao Professor João Paulo, pelos seus ensinamentos, pelo interesse e disponibilidade com que acompanhou e esclareceu todas as questões ao longo deste trabalho;

Ao César Moreira, pelos esclarecimentos e partilha de conhecimentos;

À Anabela Possacos e à Ana Teresa Pinto pela amável cedência de dados;

Ao Marco Antunes e à Manuela Martins pelas “pequenas” grandes ajudas que me deram nas questões dos Sistemas de Informação Geográfica.

À minha Família, por TUDO.

## RESUMO

No sentido de determinar a evolução dos stocks de carbono numa área do nordeste de Portugal, concelho de Bragança, freguesia de Deilão, foi estudada a evolução do uso do solo num intervalo de 48 anos. Utilizaram-se coberturas de fotografia aérea do território estudado relativas aos anos de 1958, 1968, 1980, 1992 e 2006, para construir cartas de uso/ocupação. A partir dessa cartografia e de vários estudos da biomassa/carbono da vegetação, estimaram-se os valores da biomassa (aérea e radicular) e dos stocks de carbono presentes na paisagem.

Os resultados sugerem que os stocks de carbono aumentaram 360% ao longo do período em análise. No ano de 1958 a paisagem de Deilão fixava um total de 20.572 t de C e no ano de 2006 esse valor era de 75.449 t.

As alterações estruturais e de funcionamento da paisagem, nomeadamente as relacionadas com o abandono da agricultura e a ocorrência de incêndios, modificam significativamente os valores de carbono sequestrado à escala da paisagem.

**Palavras-chave:** carbono, biomassa, alteração da paisagem, abandono da agricultura

## ABSTRACT

In order to determine the evolution of carbon stocks in an area of northeastern Portugal, district of Bragança, Parish of Deilão, we studied the evolution of land uses over a period of 48 years. We used aerial photography coverages of the study area for the years 1958, 1968, 1980, 1992 and 2006 to build land use / land cover maps. From this mapping and several studies of biomass to carbon and vegetation, we estimated the values of biomass (above- and below- ground) and the carbon stocks present in this landscape.

The results suggest that carbon stocks increased 360% over the period under study. By 1958, the landscape of Deilão fixed a total of 20,572 tons of C and in 2006 it amounted to 75,449 tons.

Structural and functional changes in the landscape, particularly those related to the abandonment of agriculture and wildfires, significantly alter the values of carbon sequestered at the landscape level.

**Key-words:** carbon, biomass, landscape change, agriculture abandonment.

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABELAS .....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Objectivos .....	2
1.3. Organização da tese.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3. ÁREA DE ESTUDO .....	9
4. MÉTODOS.....	15
4.1. Elaboração dos ortofotomapas .....	15
4.2. Elaboração das cartas de uso/ocupação do solo .....	17
4.3. Elaboração das matrizes de transição .....	19
4.4. Estimação do carbono .....	19
4.4.1. Áreas agrícolas .....	20
4.4.2. Áreas florestais .....	21
4.4.3. Áreas semi-naturais .....	24
4.5. Mapas de stocks de carbono .....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
5.1. Alterações gerais no uso do solo .....	25
5.2. Matrizes de transição.....	27
5.3. Biomassa e carbono .....	30
5.4. Stocks de carbono .....	34
6. CONCLUSÕES.....	38
7. BIBLIOGRAFIA.....	39
8. ANEXOS.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo.....	10
Figura 2 - Imagens que ilustram o tipo de paisagem da Freguesia de Deilão. ....	12
Figura 3 - Evolução da população residente na freguesia de Deilão (1940-2001). ....	14
Figura 4 - Níveis de detalhe da nomenclatura hierárquica da COS'2005. ....	17
Figura 5 - Variação da área (em %) por classes de ocupação, nível 1 (1958-2006). ..	25
Figura 6 - Variação de biomassa e carbono (%) – (1958-2006).....	30
Figura 7 - Totais de biomassa e carbono (1958-2006).....	32
Figura 8 - Evolução dos stocks de carbono (1958-2006).....	33

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Elementos do clima e índices bioclimáticos da área de estudo.....	11
Tabela 2 - Características das fotografias aéreas adquiridas para este trabalho. ....	16
Tabela 3 - Modelos de combustível e carga de biomassa para as áreas agrícolas.....	21
Tabela 4 - Biomassa da folhada e da vegetação arbustiva.....	21
Tabela 5 - Modelos de combustível e carga de biomassa para as áreas semi-naturais.. .....	24
Tabela 6 - Variação da área, por classes de nível 1 (1958-2006). ....	26
Tabela 7 - Tabela de matrizes de transição (1958-2006).....	27
Tabela 8 - Variação do índice KIA. ....	29
Tabela 9 - Índice KIA total.....	29
Tabela 10 - Totais de biomassa e carbono (1958-2006).....	31
Tabela 11 - Número de ocorrências e área ardida (1992-2005).....	34
Tabela 12 - Variação da densidade média de carbono (1958-2006).....	35

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento

A existência de vida na Terra está dependente da circulação do carbono entre as diferentes partes (biosfera, atmosfera, hidrosfera e litosfera), constituintes do planeta (Montero, 2005).

O tema do sequestro de carbono, assume actualmente especial relevo com a problemática das alterações climáticas (AC), consequência do aumento de concentração de gases com efeitos de estufa na atmosfera, sendo o CO<sub>2</sub> aquele que mais contribui para o desequilíbrio do balanço energético da superfície terrestre.

Foi estimado que nas florestas mundiais está contido cerca de 80% do carbono acima do solo e aproximadamente 40% do carbono abaixo do solo (solos, materiais em decomposição e raízes) (Dixon *et al.*, 1994). Portanto, alterações ao uso florestal dos solos têm um grande impacto potencial no ciclo do carbono.

O tipo de ocupação do solo está sempre muito dependente das actividades humanas. Na região de Portugal onde se insere a área de estudo (Concelho de Bragança), verifica-se um abandono gradual dos usos agrícolas do solo, estando a paisagem a desenvolver-se, cada vez com mais intensidade, sob uma matriz de tipo florestal. Neste contexto, verifica-se que nas áreas onde antes se praticava uma agricultura anual surgem agora unidades de vegetação natural, cuja evolução deverá chegar a bosques autóctones, a áreas florestais plantadas e áreas onde o uso do solo se mantém agrícola, mas com recurso a culturas perenes, em geral, a soutos de castanheiros (*Castanea sativa*). A recorrência de incêndios florestais têm travado a evolução da vegetação para estádios mais evoluídos e com maior acumulação de carbono.

Uma forma de conhecer a história do carbono (de ciclo rápido) numa área é a sua estimação a partir do uso do solo ao longo dos anos. É neste princípio que se têm realizado estudos acerca da variação deste elemento na paisagem, sendo possível reconstituir a ocupação do solo através das séries temporais com várias coberturas de imagens aéreas recolhidas ao longo dos anos. É esta também a base do presente trabalho, em que são utilizadas várias coberturas entre 1958 e 2006 para estimar a evolução do carbono na paisagem.

Para Silveira *et.al* (2008) é inquestionável a importância de se realizarem estudos sobre a biomassa e stocks de carbono. O processo de decisão na gestão dos recursos, o interesse da completa utilização da árvore (biomassa) e o fornecimento de dados para efeitos de cálculos de emissões de gases de efeito de estufa são algumas dessas razões.

Conhecer a dinâmica do carbono na paisagem poderá tornar-se numa ferramenta útil no processo de construção da tomada de decisão da gestão do território.

## **1.2. Objectivos**

Os objectivos deste trabalho são:

Estimar as variações nos stocks de carbono na paisagem, através da análise das mudanças do coberto vegetal e usos do solo e da estimativa da biomassa no período de 1958 a 2006 para diferentes cobertos vegetais, na Freguesia de Deilão, uma área de 4.197 ha localizada no Parque Natural de Montesinho, nordeste de Portugal.

Pretende-se também analisar a forma como as alterações do uso do solo podem influenciar o carbono sequestrado na paisagem e como é que a gestão da paisagem e do território e as perturbações (fogo, principalmente) podem contribuir para a redução de dióxido de carbono atmosférico.

Esta tese visa assim, contribuir para o conhecimento da dinâmica do carbono na paisagem.

## **1.3. Organização da tese**

Este trabalho encontra-se organizado em seis capítulos. No presente capítulo é feito o enquadramento do tema proposto, são definidos os principais objectivos do trabalho e é apresentada a estrutura do mesmo.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica do estado do conhecimento actual subordinada ao tema a dinâmica do carbono na paisagem e conceitos dos assuntos que serão focados nos capítulos posteriores, analisando e discutindo as diferentes metodologias em uso para a quantificar o carbono bem como a sua variação ao longo do tempo.

A área de estudo, a freguesia de Deilão, no Concelho e Distrito de Bragança é caracterizada no terceiro capítulo. No capítulo 4 apresentam-se os métodos utilizados para a estimação e avaliação da alteração dos stocks de carbono nos anos de 1958,1968 1980,1992 e 2006. No capítulo 5 são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos e no capítulo 6 são expostas as conclusões.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O carbono é o elemento fundamental de todos os compostos orgânicos. Poderia por isso chamar-se o elemento primário da vida. Contudo, a disponibilidade deste elemento no nosso planeta é limitada, sendo necessário a sua contínua reciclagem. Embora o ciclo do carbono seja complexo, consiste basicamente na sua fixação a partir da atmosfera pelo processo da fotossíntese das plantas e da sua libertação para a atmosfera através da respiração das mesmas (Montero, 2005).

No planeta Terra o carbono circula através dos oceanos, da atmosfera, da terra e do seu interior, num grande ciclo biogeoquímico. Podemos dividir este ciclo em dois tipos: o ciclo “lento” ou geológico que funciona numa escala de milhões de anos, e o ciclo “rápido” ou biológico que se estima em 20 anos.

Mais de 99% do carbono terrestre encontra-se associado ao ciclo “lento” e está contido na litosfera sendo a maioria carbono inorgânico, armazenado em rochas sedimentares como as rochas calcárias. O carbono orgânico contido na litosfera está armazenado em depósitos de combustíveis fósseis.

São actualmente muito debatidas as questões relativas ao ciclo do carbono, em particular a influência deste elemento nas alterações climáticas, visto que é parte de uma molécula gasosa considerada como uma das principais responsáveis pelo efeito de estufa – o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Na base do aumento do  $\text{CO}_2$  na atmosfera estão principalmente as actividades humanas ligadas ao consumo de combustíveis fósseis, como a indústria e os transportes, e os usos do solo que podem promover maior ou menor oxidação da matéria orgânica, libertando carbono ( $\text{CO}_2$ ) para a atmosfera. Dos gases com efeito de estufa (GEE) ( $\text{CO}_2$ -Dióxido de carbono;  $\text{CH}_4$ -Metano;  $\text{N}_2\text{O}$ -Óxido nitroso; HFCs-hidrofluorcarbonos; PFCs-perfluorcarbonos;  $\text{SF}_6$ -hexafluoreto de enxofre), o  $\text{CO}_2$  é o mais importante de origem antropogénica. Maioritariamente é proveniente da queima de combustíveis fósseis e em muito menor escala da alteração de uso do solo (IPCC, 2007).

É mundialmente aceite a extrema gravidade das elevadas emissões decorrentes da actividade humana. As alterações climáticas sentidas ao longo de décadas, acabaram por obrigar o Mundo a reflectir. Em 1988, foi estabelecido o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) que em 1990 alertou para a premência da questão - Alterações Climáticas, tendo dado origem a adopção durante a Conferência do Rio, em 1992, pelas Nações Unidas de uma convenção subordinada ao tema (CQNUAC 1992), entrando em vigor em 1994 e da qual saiu a seguinte determinação “...conseguir, de acordo com as disposições relevantes da Convenção,

*a estabilização das concentrações na atmosfera de gases com efeito de estufa a um nível que evite uma interferência antropogénica perigosa com o sistema climático.”*

Esta Convenção foi reforçada e complementada, em 1997 com a assinatura do Protocolo de Quioto (1997), que entrou em vigor a 16 de Fevereiro de 2005. No âmbito deste protocolo, a União Europeia estabeleceu um acordo de Partilha de Responsabilidades, onde foram definidas metas para cada Estado-membro. Portugal assumiu o objectivo de limitar o aumento das suas emissões de gases com efeito de estufa em 27%, no período de 2008-2012, comparativamente aos valores de 1990, valor já ultrapassado entretanto.

Verifica-se consenso relativamente ao facto de as áreas florestais, naturais ou artificiais, serem grandes reservatórios de carbono e aquelas que, portanto, contribuem de forma mais significativa para amenizar o aumento do CO<sub>2</sub> atmosférico e o aumento da temperatura global (Jackson, *et al.*, 2008; Bousquet, *et al.*, 2000). Existe no entanto alguma controvérsia em relação ao efeito da floresta na temperatura atmosférica visto que a sua influência parece variar significativamente de acordo com a latitude. Em latitudes mais baixas (trópicos) resulta num arrefecimento da temperatura atmosférica, verificando-se o contrário nas latitudes mais elevadas (Bala, *et al.*, 2007). Em todo o caso, é inegável que a actividade humana tem um forte impacto sobre a dinâmica da paisagem e sobre o ciclo do carbono (Canadell, *et al.*, 2007; Canadell e Raupach, 2008).

Segundo Dixon *et al.* (1994), as florestas contêm cerca 80% do carbono mundial acima do solo e aproximadamente 40% do carbono abaixo do solo. Portanto, as alterações do uso do solo podem significar um grande impacto sobre o ciclo deste elemento.

Para Silveira *et al.* (2008), é inquestionável a importância de se realizarem estudos sobre a biomassa e stocks de carbono em formações florestais. Para a tomada de decisão na gestão dos recursos florestais, é fundamental o conhecimento que permita a completa utilização da árvore (raízes, tronco, ramos), a obtenção de dados que permita a fornecer elementos para cálculos de emissões de gases de efeito de estufa pela queima e decomposição da matéria orgânica em sistemas naturais e intervencionados. As estimativas de biomassa e de carbono são imprescindíveis para obter um melhor entendimento sobre as mudanças climáticas globais.

Os ecossistemas vegetais terrestres são uma componente importante do ciclo biogeoquímico do carbono. No entanto, segundo Silva *et al.* (2006), persistem incertezas consideráveis quanto à magnitude dos fluxos estabelecidos entre a superfície terrestre e atmosfera. Conseguir uma estimativa aprimorada da biomassa florestal e o seu modelo de alteração no tempo é uma questão fundamental para

ajudar a compreender a controvérsia sobre a função das florestas no ciclo do carbono (Silveira *et al.*, 2008).

É essencial conhecer quais os stocks de carbono armazenados numa floresta. Para tal é fundamental desenvolver e utilizar metodologias que estimem a quantidade de carbono acumulado numa floresta, mais especificamente nas diferentes fracções de uma árvore. Para proceder a essa quantificação nos diferentes componentes, é necessário inicialmente quantificar a biomassa vegetal presente em cada. A estimativa da biomassa acima do solo é imprescindível aos estudos do balanço global de carbono (Salomão *et al.*, 1996).

Biomassa, é a quantidade do material vegetal, expressa em massa, disponível numa floresta (Martinelli *et al.*, 1994). Os componentes que geralmente são estimados são (i) a biomassa viva horizontal acima do solo, composta por árvores e arbustos, (ii) a biomassa morta acima do solo, composta por folhada e troncos caídos, e (iii) a biomassa abaixo do solo, composta pelas raízes. O valor da biomassa total é obtido pela soma dos três componentes.

Os estudos para a quantificação de biomassa florestal dividem-se em métodos directos – determinação, e métodos indirectos – estimativas (Higuchi *et al.*, 1994).

Nos métodos indirectos correlaciona-se a biomassa com alguma variável de fácil medição e que não requeira a destruição do material vegetal. As estimativas, podem ser feitas através de relações estatísticas, como sejam razões ou regressões equações alométricas, de dados provenientes de inventários florestais (diâmetro, altura, volume).

Segundo Sanquetta (2002), os métodos directos para a determinação de biomassa, dividem-se em método da árvore individual e método da parcela. O método da árvore individual é desenvolvido mediante a selecção de uma árvore média (*mean tree method*), sendo necessário realizar previamente um inventário florestal piloto e calcular o diâmetro ou a área seccional ou transversal dessa árvore. Para o uso do método da parcela procede-se ao corte e pesagem de toda a biomassa de uma área previamente definida.

Houghton (1994), afirma que nas estimativas de biomassa deverá considerar-se as árvores menores, a vegetação rasteira no solo e a vegetação viva abaixo do solo (raízes) devendo-se também incluir a vegetação morta, tanto acima como abaixo do solo.

A partir da quantificação da biomassa, pode estimar-se a quantidade de C que é armazenado em cada fracção de uma árvore. É referido por Kollmann (1959) que todas as madeiras contêm aproximadamente 50% de carbono e que a composição da madeira é similar nas diferentes espécies lenhosas, bem como nos diferentes

componentes ao longo de uma árvore. O Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC,1996), também recomenda a utilização desse valor, na ausência de dados mais específicos.

Para estimar as variações de carbono num sistema florestal e de acordo com Somogyi *et al.* (2008), existem dois métodos básicos. No método de “Ganho-Perda” (também conhecido pelo “método base”) a alteração do stock de carbono é estimada considerando todos os processos relevantes e calculada pela diferença entre os ganhos de carbono (devidos ao crescimento das árvores) e as perdas de carbono (devidas a exploração, fogos e outras perdas naturais e distúrbios). Em contraste, no método das “Variações de Stock”, a variação do stock de carbono é a diferença do stock de carbono numa dada área em dois momentos no tempo. Ambos os métodos implicam que valores de referência de alguns parâmetros (como o diâmetro à altura do peito das árvores, o volume e/ou a altura), geralmente disponíveis em inventários florestais, sejam convertidos para valores de carbono (Somogyi *et al.*, 2007). De acordo com esses valores de referência, provenientes de inventários, a biomassa (e a sua variação) pode ser estimada recorrendo a equações de biomassa ou a equações alométricas de biomassa e carbono.

Para estimar o sequestro de carbono, nos diferentes reservatórios dos bosques Ordóñez e Maserá (2001) apresentam uma divisão simplificada do sistema em quatro grupos: (i) Cv- carbono fixado na vegetação; (ii) Cd - carbono em decomposição; (iii) Cs - carbono no solo; e (iv) Cp - carbono fixado nos produtos. Os autores acrescentam ainda um quinto grupo no qual deverá ser contabilizado o carbono que se “armazenaria” se a biomassa de todos ou de algum dos restantes grupos fosse usado como biocombustível em vez de outros combustíveis fósseis. Assim o Carbono total (Ct) será a soma de todos estes grupos.

Segundo Martins *et al.* (2009), o carbono orgânico do solo (COS) constitui a maior reserva de C da biosfera terrestre, desempenhando uma enorme importância no balanço do C à escala global. É de assinalar que os solos florestais, e os depósitos de turfa associados, contribuem globalmente com 60 a 70% do total de COS. De acordo com os mesmos autores, os resultados obtidos para Portugal são de 53,3 e 98,4  $\text{tha}^{-1}$  considerando o total de COS até 20cm e até 100cm de profundidade respectivamente.

Também Fonseca (2005), obteve dados que evidenciam a importância do compartimento solo na estimação do carbono total. Em ensaios realizados no Norte de Portugal, para povoamentos mistos de *Pseudotsuga menziesii* e *Castanea sativa*, com 3 anos de idade, obteve valores de 51,58  $\text{tha}^{-1}$ , sendo o C da fracção solo da ordem dos 98%.

Estimativas nos países europeus do balanço do C de florestas, de pastagens, de terras aráveis e de turfeiras, na década de 90, mostraram que as florestas e as pastagens constituem reservatórios de C, enquanto as terras aráveis são fontes emissoras de C para a atmosfera (Janssens *et al.*, 2005). Conseqüentemente, os países dominados por terras aráveis tendem a perder C dos seus ecossistemas terrestres, enquanto países dominados por áreas florestais tendem a acumular C. Também, a drenagem e a exploração de áreas de turfeira causaram reduções substanciais do carbono sequestrado no solo (Janssens *et al.*, 2005). Nestes estudos notou-se que o C sequestrado era de uma magnitude tipicamente inferior às emissões de C para a atmosfera relacionadas com a utilização dos combustíveis fósseis, excepto em países com baixa densidade populacional e industrialização pouco expressiva.

Na ausência de uma gestão do solo orientada para a fixação do carbono, o actual montante de C sequestrado poderá declinar rapidamente. Contrariar este efeito requer acções a três níveis: i) manter a actividade de sequestro das florestas; ii) alterar práticas agrícolas no sentido de reduzir as emissões provenientes de solos aráveis e; iii) proteger os actuais grandes reservatórios (zonas húmidas e florestas velhas), visto que actualmente o carbono é libertado para a atmosfera a um ritmo superior ao do seu sequestro (Janssens *et al.*, 2005).

Com base em trabalhos realizados a partir de inventários florestais na China entre 1949 e 1998, verificou-se que desde a década de 1970 as florestas acumularam cerca de 0,45 Pg de C (devido a expansão e envelhecimento) e que a densidade média de C subiu de 15,3 para 31,1  $\text{tha}^{-1}$  nesses espaços. Estes resultados sugerem que o C sequestrado através de práticas florestais (referenciadas no protocolo de Quioto) podem ajudar a compensar as emissões industriais para a atmosfera (Fang *et al.*, 2001).

Resultados idênticos foram obtidos por Hu e Wang (2008), com base em nove inventários florestais realizados entre 1936 e 2005 na região do Piedmont na Carolina do Sul, EUA. Neste caso o abandono de áreas agrícolas e a sua conversão em áreas florestais conduziu a um sequestro de C que compensou 5,7% do total de emissões de  $\text{CO}_2$  em todo o estado da Carolina do Sul para o período deste estudo. Na área de estudo a densidade média de C subiu de 44,47 para 74,56  $\text{tha}^{-1}$ .

Um dos fenómenos que influencia fortemente os stocks do C é a ocorrência de fogos que libertam grandes quantidades de  $\text{CO}_2$  num curto espaço de tempo para a atmosfera. Uma experiência de trinta e cinco anos com recurso a fogos controlados no Minnesota (EUA) mostrou que o regime do fogo tem um grande impacto no ciclo do C. Nas condições actuais/experimentais de frequência do fogo a reserva média de

carbono armazenado na biomassa vegetal é de aproximadamente  $110 \text{ tha}^{-1}$  e, em condições de supressão do fogo, o valor duplica para  $220 \text{ tha}^{-1}$ . Assim, a supressão do fogo nos EUA poderia significar cerca de 8 a 20% da perda global de carbono para a atmosfera (Tilman et al., 2000). Contudo, este autor identifica alguns problemas importantes relacionados com a supressão do fogo. Primeiro, as taxas estimadas de armazenamento do carbono que podem resultar da supressão do fogo não são sustentáveis a longo prazo. Ohmann (1992) (*in* Tilman et al., 2000) observou que, na região dos Grandes Lagos (EUA), 90% do armazenamento de C aconteceu nos 60 anos após uma perturbação (eliminação da biomassa vegetal) o que leva a crer que a maior parte do sequestro de C acontece no período de acumulação rápida de biomassa nas árvores. Tal sugere que grande parte do potencial de acumulação de C já aconteceu, visto que a supressão do fogo tem já cerca de 50-60 anos. Segundo, o potencial de reserva de carbono associado à supressão do fogo pode significar uma acumulação de combustível que pode conduzir a fogos descontrolados e catastróficos, especialmente em períodos de seca, o que levaria a uma perda importante do C já aprisionado na biomassa vegetal. Terceiro, não é claro o impacto das alterações climáticas no armazenamento de carbono (pode levar à expansão das florestas ou à sua diminuição pela redução dos ciclos de fogo). Quarto, a supressão do fogo pode ter impactos negativos na biodiversidade, na composição e no funcionamento dos ecossistemas florestais (Tilman et al., 2000).

Na Amazónia brasileira, Philip (2007) calculou a biomassa total média (inclusive os componentes mortos e debaixo do solo), para todas as florestas maduras e não exploradas para obtenção de madeira em 416 toneladas por hectare. A biomassa média acima do solo é 317 toneladas por hectare, das quais 25 toneladas por hectare está morta. A média de biomassa debaixo do solo é calculada em 98 toneladas por hectare.

Segundo (Alegre *et.al.* 2000), estima-se que nas florestas tropicais a biomassa seca pode variar entre 150 e 382 toneladas por hectare, variando assim o C presente entre 67,5 a 171 toneladas por hectare.

Para além das florestas “novas” inseridas no processo de reflorestação, as florestas mais antigas são reservatórios de carbono e biodiversidade. Mesmo que não contribuam directamente para aumentar a capacidade de sequestro de C da biosfera, se destruídas reduzem aquela capacidade e libertam grandes quantidades de dióxido de carbono (Tomé e Pereira, (s/data)).

A verificação remota da ocupação do solo em séries temporais de imagens tem sido uma das ferramentas mais utilizadas para interpretar a paisagem e estudar diferentes componentes, como é o caso dos stocks de carbono (Turner *et al.*, 2004).

Uma forma de conhecer a história do carbono (de ciclo rápido) numa área é a sua estimação a partir do uso do solo ao longo dos anos. É com base neste princípio que se têm realizado estudos acerca da variação deste elemento na paisagem, sendo possível reconstituir a ocupação do solo através das séries temporais com várias coberturas de imagens aéreas recolhidas ao longo dos anos.

A evolução dos solos e da vegetação até às etapas da sucessão ecológica mais próximas do clímax tendem a apresentar stocks de carbono sucessivamente mais elevados. Assim as florestas mais evoluídas e menos exploradas constituem importantes sumidouros de carbono (Turner *et al.*, 2004). Além disso o custo da fixação do carbono através das massas florestais é baixo, porque o carbono é removido da atmosfera pelo processo natural da fotossíntese. Esta técnica, cujo custo principal é a ocupação do espaço, implica pouca tecnologia, pode ser bem distribuída pela superfície terrestre, é fácil de monitorizar, é segura e reversível, sendo então uma opção atractiva implementar em larga escala no mercado global do carbono (Zeng 2008).

O uso do solo e o coberto vegetal influenciam fortemente o armazenamento de C e a sua distribuição nos ecossistemas. Um estudo realizado na zona norte central da província de Alberta (Canadá) estimou as diferenças de carbono em vários tipos de vegetação. O carbono total em florestas autóctones de choupo (*Populus tremuloides* Michx.) foi de 223  $\text{tha}^{-1}$ , em áreas agrícolas de 132  $\text{tha}^{-1}$  e em pastagens de 121  $\text{tha}^{-1}$  (Arevalo *et al.*, 2009).

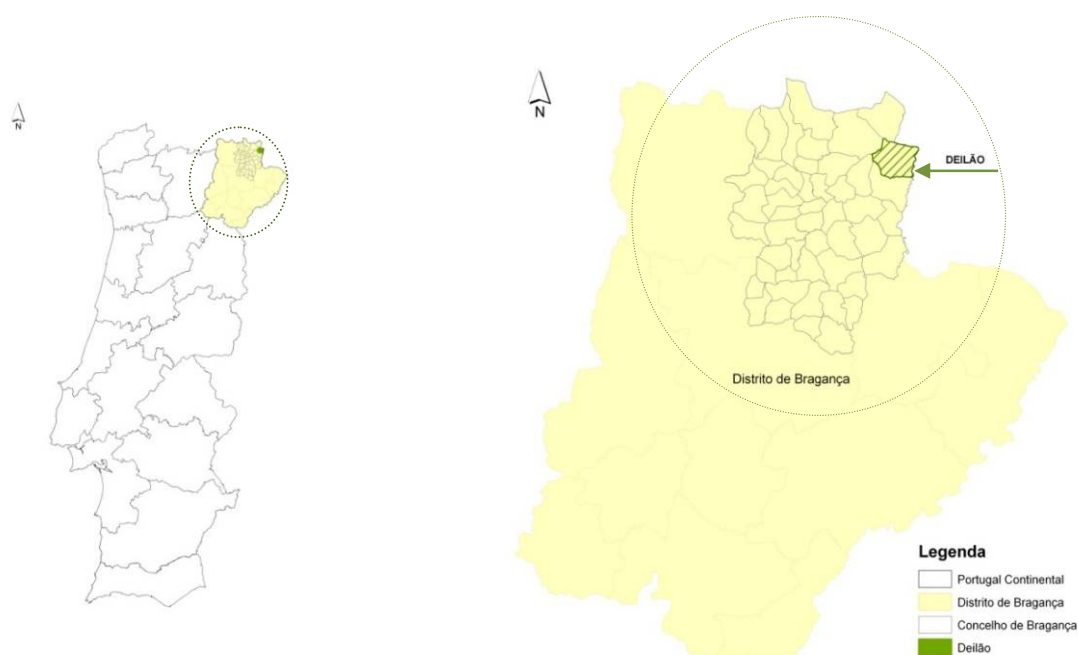
As alterações do uso do solo induzem com frequência grandes alterações instantâneas nos stocks e fluxos de C à escala local. A obtenção de resultados fiáveis acerca dos sequestros e das fontes de C implicam uma identificação correcta dos diferentes tipos de ocupação e dos processos presentes (e.g., agricultura, florestas, urbanização e deposição de azoto) (Liu *et al.*, 2008). Segundo as investigações de Albani *et al.* (2006) acerca das alterações do uso do solo, a reflorestação das áreas após o abandono agrícola têm logrado um aumento significativo no sequestro de carbono. Segundo Schulp *et al.* (2008) são esperadas alterações importantes no uso do solo na União Europeia (EU) nas próximas décadas, com efeitos sobre os stocks de carbono nos solos e na vegetação.

### **3. ÁREA DE ESTUDO**

A freguesia de Deilão, área sobre a qual se desenvolveu o presente trabalho, é constituída pelas aldeias de Deilão, Vila Meã e Petisqueira. Localiza-se no nordeste de

Portugal, no Concelho e Distrito de Bragança, mais concretamente no extremo noroeste do Concelho de Bragança. Faz fronteira a norte e a oriente com Espanha. A noroeste e oeste com as freguesias de Rio de Onor, Aveleda e Babe, e a sul com a freguesia de S.Julião de Palácios. A freguesia de Deilão estende-se por uma área de 4.197 ha e apresenta elevada importância para a conservação da natureza, encontrando-se integrada no Parque Natural de Montesinho (PNM). Esta Área Protegida foi criada em 30 de Agosto de 1979 pelo Decreto-Lei nº 355/79, vindo posteriormente a integrar a Rede Natura 2000, concretamente, a «Zona de Protecção Especial PTZPE0002-Serras de Montesinho e da Nogueira» e o «Sitio PTCO0002 – Montesinho/Nogueira».

Em termos de ordenamento florestal, insere-se na área do Plano Regional de Ordenamento Florestal do Nordeste (PROF-NE), aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 2/2007, D.R. n.º 12, Série I de 17 de Janeiro, onde são definidas sub-regiões naturais que correspondem a grandes unidades de paisagem caracterizadas por aspectos fisiográficos e de vegetação peculiares. Nesta classificação, a freguesia de Deilão está integrada na sub-região Coroa-Montesinho. Cerca de metade do território da freguesia, 2.000 ha, estão inseridos no Perímetro Florestal de Deilão.



**Figura 1** - Localização da área de estudo.

A área de estudo está representada nas cartas número 25 e 26 das cartas militares à escala de 1:25 000 do Instituto Geográfico do Exército (IgeoE).

Os cursos de águas, de regime torrencial, que percorrem a freguesia de Deilão, são afluentes do Rio Sabor, o qual pertence à bacia hidrográfica do Rio Douro. Desses, o Rio Maçãs destaca-se pelo caudal e pela largura, que em alguns troços é superior a 5m. Este rio faz a fronteira Este com Espanha.

O relevo é ondulado, variando em altitudes médias entre os 600-900m, transitando entre planaltos e vales encaixados com declives acentuados. As cotas inferiores surgem no leito do rio do Maçãs (500m). A altitude máxima regista-se na cota 958 m, junto à povoação de Deilão.

Decorrente do trabalho desenvolvido por Aguiar (2001), é apresentada no Plano de ordenamento do PNM (PO-PNM), a caracterização bioclimática do PNM. Partindo de dois sistemas bioclimáticas distintos, de Rivas-Martínez (1987) e de Gonçalves (1991), os quais utilizam, respectivamente, o índice de termicidade compensado (Itc) e a temperatura média anual (T) na determinação de andares termoclimáticos. Segundo a classificação bioclimática de Gonçalves (1991), adaptada por Agroconsultores & Coba (1991), e considerando os elementos do clima verificados em Deilão, o tipo climático verificado na área de estudo é de Terra Fria de Planalto. Do sistema bioclimático Rivas-Martínez resulta a classificação apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1 - Elementos do clima e índices bioclimáticos da área de estudo.**

LOCAL	DEILÃO
T	12,2
Mi	7,5
mi	1,3
Tp	1458,0
P	732,0
Ic	17,0
It	209,0
Itc	209,0
Io	5,0
Ios2	0,5
<b>Diagnose bioclimática</b>	<b>Med. pluviestac.-oceânico supramed. sub-húmido</b>

T - temperatura média anual; Mi- média da temperatura máxima no mês mais frio, mi - média da temperatura mínima no mês mais frio, Tp - soma das temperaturas mensais superiores a 0°C; P – precipitação anual; Ic – índice de continentalidade; It – índice de termicidade; Itc - índice de termicidade compensado; Io – índice ombrotérmico; Ios2 - índice ombrotérmico estival compensável) (Aguiar, 2001 cit. IPB/ICN, 2007). **Fonte:** Adaptado do PO-PNM (2007).

Quanto ao tipo de solos, e considerando a Carta de Solos do Nordeste de Portugal de Agroconsultores & COBA (1991), verifica-se que a unidade de solos predominante na freguesia da Deilão, são os Cambissolos úmbicos e dístricos. São solos pouco evoluídos, apresentando um teor médio a elevado de matéria orgânica segundo a classificação FAO/UNESCO (1987). No fundo dos vales surgem pequenas

unidades de solo de aluvião onde usualmente se estabelecem prados permanentes, os lameiros.

A ocupação do solo caracteriza-se por uma grande diversidade e fragmentação da paisagem. Essa heterogeneidade reflecte o grau de antropomorfização decorrente das diferentes práticas culturais, incluindo o ciclo do fogo, que ao longo da história vão descontinuando as áreas sob domínio da sucessão natural da vegetação, conjugadas com os diferentes tipos de solo e as condições micro climáticas verificadas na área de estudo.

No território de Deilão, Figura 2, a ocupação do solo distribui-se em partes sensivelmente iguais, por áreas agrícola, florestas, e áreas semi-naturais. A área remanescente, é ocupada pelos aglomerados urbanos e massas de água.



**Figura 2 - Imagens que ilustram o tipo de paisagem da Freguesia de Deilão.**

**Fonte:** Canto superior direito (José Rosa, s/data); Restantes (Helena Pinheiro, 2009).

As áreas agrícolas são maioritariamente ocupadas com culturas de sequeiro, dedicadas essencialmente à produção cerealífera, associada à produção pecuária, com alguma representatividade na freguesia. Na envolvente dos aglomerados urbanos desenvolvem-se áreas mais heterogêneas onde surgem algumas culturas de regadio (hortas) e pomares.

Dos povoamentos florestais existentes, a floresta de resinosas destaca-se, essencialmente pelas áreas ocupadas pelos povoamentos de pinheiro-bravo (*Pinus*

*pinaster*), inseridos no Perímetro Florestal de Deilão, por vezes associados com (*Pseudotsuga menziesii*), (*Pinus sylvestris*) e (*Pinus nigra* ssp. *larício*).

As matas de azinheira (*Quercus rotundifolia*), localmente conhecidos por sardoais ou carrascais, ocupam áreas consideráveis e ocorrem normalmente nas vertentes mais declivosas e soalheiras, das zonas menos elevadas. Nas margens dos rios e linhas de água, surgem as espécies ripícolas como o choupo negro (*Populus nigra*), o choupo branco (*Populus alba*), o amieiro (*Alnus glutinosa*), e por vezes o ulmeiro (*Ulmus minor*) e vários salgueiros (*Salix* sp.). O freixo aparece, frequentemente, a rodear campos de culturas e em particular os lameiros. Refira-se também algumas espécies mais raras que surgem nos espaços florestais como o medronheiro (*Arbutus unedo*).

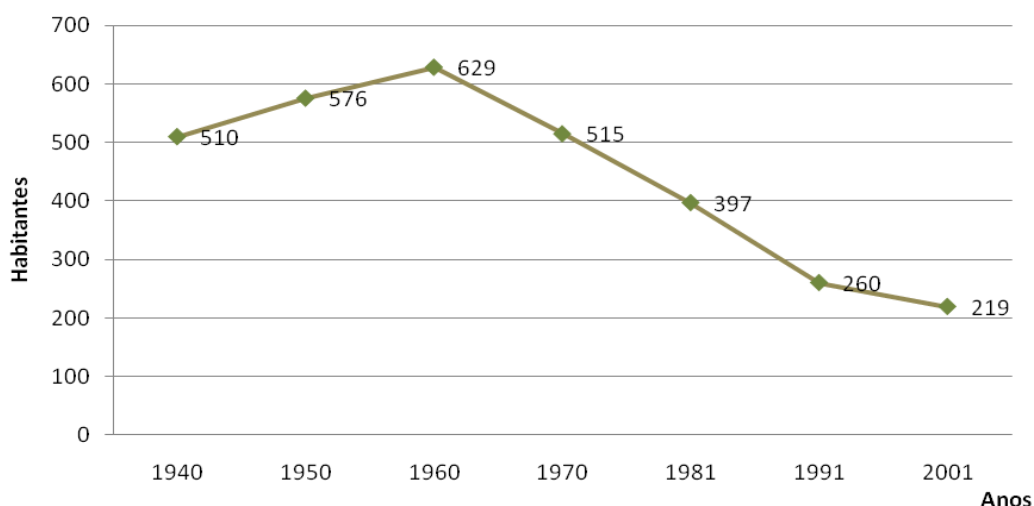
As áreas semi-naturais na freguesia de Deilão são ocupadas por grandes áreas de incultos onde dominam os matos. Entre estes destacam-se os estevais compostos essencialmente por (*Cistus ladanifer*), associados aos solos mais esqueléticos e delgados das zonas mais termófilas, dos quais são característicos, e os urzais (*Erica australis* subsp. *aragonensis*) associada à carqueja (*Pterospartum tridentatum* subsp. *lasianthum*) e ao sargaço (*Halimium alyssoides*) que surgem nas zonas mais frescas. Os giestais (*Cytisus multiflorus*) estão presentes em áreas menores. Surgem essencialmente como comunidades pioneiras colonizadoras das áreas agrícolas abandonadas. Quando acontecem em cotas mais baixas são enriquecidos com *arçã* (*Lavandula* sp.).

O Parque Natural de Montesinho, onde a freguesia de Deilão, se insere, é uma região de diversidade biológica notável. De referir que, em relação aos mamíferos terrestres, é possível observar, 70% das espécies ocorrentes em Portugal Continental e no grupo dos répteis e anfíbios, encontram-se presentes 50% dos endemismos Ibéricos existentes em Portugal Continental. É ainda de destacar, segundo Rosa (2006), a presença de uma das mais importantes populações de lobo-ibérico (*Canis lupus signatus*), cujo território se estende pela região transfronteiriça de Bragança/Zamora, onde a freguesia de Deilão ocupa uma posição importante.

Associada às diferentes unidades de vegetação de grande diversidade florística observa-se uma considerável riqueza faunística. É de mencionar, segundo Rosa (2006), a presença de várias espécies, das quais se destacam a toupeira-de-água (*Galemys pyrenaicus*), o lobo (*Canis lupus*), a lontra (*Lutra lutra*), o veado (*Cervus elaphus*), o corço (*Capreolus capreolus*), a águia-real (*Aquila chrysaetus*), o açor (*Accipiter gentilis*), o tartaranhão-azulado (*Circus cyaneus*), o falcão-peregrino (*Falco peregrinus*), o bufo-real (*Bubo bubo*), a víbora-cornuda (*Vipera latastei*), entre outras.

Considerando a definição assumida no PO-PNM (2007), a paisagem “... entende-se então como uma unidade operacional do ordenamento do território, tendo em conta a sua localização na hierarquia dos sistemas biológicos, entre o nível do ecossistema e o da região.”. Segundo esse documento constatamos que Deilão se enquadra entre a unidade de paisagem denominada “Aberta”, caracterizada pela policultura extensiva de planalto, e a unidade “Matos e pinhais” onde predominam os matos de carácter mediterrâneo intercalados por antigas e recentes e extensas reflorestações com pinhal. São áreas onde a matriz florestal prevalece sobre a agrícola.

Na freguesia de Deilão, à semelhança das restantes freguesias rurais do concelho de Bragança, tem-se constatado ao longo dos tempos um acentuado decréscimo populacional. Conforme o Figura 3, desde a década de 60 a freguesia de Deilão perdeu quase 2/3 da população. A emigração e o êxodo para os centros urbanos reflectem-se num despovoamento crescente. Os valores dos últimos censos, 2001, registam apenas o valor de 219 habitantes no conjunto das localidades da freguesia, o que corresponde a uma densidade populacional de 5,2 hab/km<sup>2</sup>, valor extremamente baixo se comparado com os valores de densidade populacional do Concelho de Bragança que é de 29,6 hab/km<sup>2</sup> e do Distrito de Bragança com valores de 21,2hab/km<sup>2</sup> (INE, Censos 2001).



**Figura 3** - Evolução da população residente na freguesia de Deilão (1940-2001) **Fonte:** INE- Censos (1940,1950,1960,1970,1981,1991,2001).

Associado ao crescente declínio do número de habitantes, observa-se um aumento do índice de envelhecimento, relação entre a população com 65 ou mais anos e a população com menos de 15 anos. O aumento deste índice é uma realidade no contexto nacional e Europeu. Em 2001, no concelho de Bragança o índice de envelhecimento era de 140%. Dado este valor ser relativo à totalidade do concelho, não traduz as realidades verificadas nas diversas freguesias rurais, nas quais apresenta um valor ainda superior.

A taxa de actividade também tem registado uma diminuição sendo em 1981 de 42,5%, passando para 32,4% em 1991 e tendo em 2001 um valor de 29% (INE, Censos) .

A população presente dedica-se maioritariamente à actividade agrícola. Em 2001, o sector primário (agricultura, produção animal e silvicultura), ocupava 43,5% da população activa, segundo dados do INE (2001). A restante população activa da freguesia reparte-se de igual modo (28,3%) pelos sectores secundário e terciário.

A taxa de analfabetismo em Portugal apresenta indicadores positivos, entre 1991 e 2001, registando uma diminuição da taxa de analfabetismo de 11% para 9%, segundo dados do INE. Na freguesia de Deilão este índice teve também uma tendência positiva passando de 32,4 % em 1991 para 29% em 2001.

## **4. MÉTODOS**

Para estimar as variações nos stocks de carbono na paisagem através da análise das alterações do coberto vegetal e usos do solo no período de 1958 a 2006, foram definidos e efectuados os procedimentos que a seguir se descrevem.

### **4.1. Elaboração dos ortofotomapas**

Para a elaboração dos ortofotomapas, foram adquiridas ao Instituto Geográfico do Exército, versões digitalizadas (formato TIFF) de fotografias aéreas verticais pancromáticas de largo formato, correspondentes aos anos de 1958, 1968, 1980 e 1992. Para cobrir a área de estudo, foram necessárias 14 fotografias, repartidas pelos quatro anos e com as características apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2** - Características das fotografias aéreas adquiridas para este trabalho.

Ano de Voo	Nº fotos-IgeoE	Escala aproximada	Distância focal
1958	2308;2310;10756;10758	1:26 000	152,63 m
1968	4732;4734	1:28 000	152,63 m
1980	8723;8731;8948;8955	1:30 000	153,63 m
1992	9126;9128;9237;9239	1:22 000	153,63 m

Além das quatro coberturas foram ainda utilizados os ortofotomapa de 2006, correspondentes ao último Inventário Florestal Nacional em formato digital (TIFF), ortorretificadas de acordo com o DATUM LISBOA, Hayford-Gauss-IgeoE.

O processo de ortorrectificação das fotografias aéreas de 1958, 1968, 1980 e 1992 foi efectuado com recurso OrthoEngine V 9.1 da PCI Geomatics, um software concebido para processamento de imagens aéreas e de satélite.

Para proceder à ortorrectificação das fotografias aéreas da área de estudo, seguiram-se os seguintes passos:

- 1) Inicialmente no programa OrthoEngine, e para cada ano em análise, foi criado um projecto, com a opção específica para correcção fotografia aérea. A um projecto, corresponde uma colecção de fotografias ligadas por pontos de união partilhados ou “tie points”. Um “Tie Point” (TP) é um elemento da superfície partilhado por em duas ou mais imagens, seleccionado e marcado como ponto de referência.
- 2) Foram definidas as características do projecto, nomeadamente o sistema de projecção, e sistemas de coordenadas. Para este trabalho usou-se o Sistema de Coordenadas do DATUM LISBOA, Hayford-Gauss-IgeoE.
- 3) Posteriormente procedeu-se à importação das fotografias aéreas, para o ano em causa e à definição dos parâmetros respectivos.
- 4) Foi construído um Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM, de “Digital Elevation Model”), com uma resolução espacial de 5m, a partir da interpolação linear de curvas de nível com equidistância natural de 10m.
- 5) Em cada projecto/ano, tendo como base os ortofotomapas de 2006, foram recolhidos pontos de controlo de terreno (GCP, de “Ground Control Points”), e marcados nas fotografias áreas respectivas. Por definição um GCP é um fenómeno estacionário da superfície com coordenadas perfeitamente

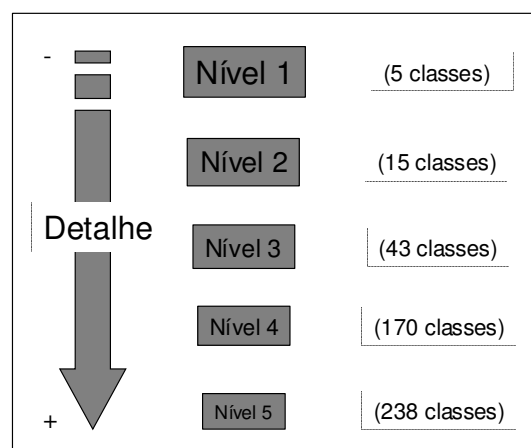
conhecidas. Neste trabalho, foram determinados em cada fotografia no mínimo 13 pontos, distribuídos uniformemente pela área total de cada fotografia.

- 6) Procedeu-se a correcção das fotografias aéreas.
- 7) Finalizado o processo de ortorrectificação de cada conjunto/ano de fotografias, procedeu-se à construção do mosaico da área de estudo.
- 8) O resultado final foi exportado em formato TIFF, compatível com o programa ArcGis

#### 4.2. Elaboração das cartas de uso/ocupação do solo

Para a elaboração das cartas de uso/ocupação do solo adaptou-se a metodologia de fotointerpretação seguida pelo Instituto Geográfico Português (IGP) para a Carta de Ocupação do Solo de 2005 para Portugal Continental COS 2005, Manual da COS'2005 (2006). A COS'2005 é uma cartografia de parcelas que representam unidades de paisagem a uma determinada escala e com um determinado nível de detalhe. Segundo o manual da COS'2005 (2006), parcela é a área de terreno superior ou igual à Unidade Mínima Cartografada (UMC), com distância entre linhas superior ou igual a 20 metros. A percentagem de uma determinada classe de ocupação/uso do solo deverá ser superior ou igual a 75% da totalidade da área delimitada. Este projecto desenvolvido pelo Instituto Geográfico português (IGP) Estabeleceu uma nomenclatura que permite a comparação directa com o produto cartográfico resultante do Projecto CLC-Corine Land Cover.

A classificação utilizada atende a uma hierarquia, a qual representa a ocupação/uso do solo em diferentes níveis de detalhe temático (Figura 4).



**Figura 4** - Níveis de detalhe da nomenclatura hierárquica da COS'2005. **Fonte:** Adaptado de COS05 (2006)

No esquema hierárquico, as classes de nível mais detalhado estão contidas nas classes de nível mais elevado, sendo portanto, abrangidas pelas definições destas.

Para o presente trabalho foi aplicada a classificação do COS05. Seguindo a metodologia da COS`2005, foi construída uma legenda, adaptada (Anexo I). Estabeleceu-se uma classificação hierárquica que representa o uso/ocupação do solo em cinco níveis de detalhe temático, agrupados em 4 classes de nível 1, 11 classes de nível 2, 19 classes de nível 3, 22 classes de nível 4 e 27 classes de nível 5.

A fotointerpretação fez-se em ambiente SIG, sobre os ortofotomapas referentes a série temporal em análise. Foi utilizado o software da ESRI, ArcGis 9.3. Inicialmente foi criado um tema vectorial com polígonos, para cada ano considerado (1958, 1968, 1980, 1992 e 2006).

A técnica utilizada para interpretar a fotografia aérea foi a actualização regressiva (Peccoll *et al.*, 1996). Esta técnica consiste em interpretar primeiro a série temporal mais recente e ir actualizando os dados referentes às séries imediatamente anteriores. No presente trabalho, a base inicial foram os ortofotografias de 2006. A fotointerpretação referente a esse ano (2006) sobrepôs-se aos ortofotografias imediatamente anteriores (1992) e fizeram-se as alterações correspondentes, e assim sucessivamente. Obtiveram-se, no total, cinco temas vectoriais de polígonos. A cada um dos polígonos criado, foi atribuído na tabela de atributos, códigos de identificação da legenda criada referente ao uso do solo respectivos. A legenda adoptada é composta por cinco níveis de desagregação. Assim, para cada tema consideraram-se nas tabelas cinco colunas, uma para cada nível de desagregação, e mais cinco colunas com a respectiva legenda.

Para auxiliar o processo de fotointerpretação do ano de 2006, e para clarificar algumas dúvidas efectuaram-se visitas de campo. Para as séries temporais anteriores (1992,1980,1968,1958) contactaram-se pessoas conhecedoras da área de estudo; naturais e residentes; para verificar a validade dos atributos indicados para determinado polígono.

Para a construção das cartas de uso/ocupação foi estabelecida uma área mínima de 1 ha UMC para os polígonos considerados na fotointerpretação. Todos os polígonos com área inferior foram incluídos no maior polígono adjacente.

### **4.3. Elaboração das matrizes de transição**

Para conhecer em detalhe as alterações ocorridas na freguesia de Deilão em termos de uso/ocupação do solo ao longo do de 1958 a 2006, produziram-se matrizes de probabilidade de transição com a aplicação *IDRISI v. 13.0*. Aplicando o módulo *CROSSTAB* às cartas de ocupação/uso do solo construídas anteriormente, produziram-se as matrizes entre cada par de datas consecutivos e entre a primeira (1958) e a última (2006) da série temporal. Foram utilizadas para o efeito as cartas classificadas de acordo com as classes menos agregadas, nível 1.

O módulo *CROSSTAB* possibilita uma análise comparativa, através das tabelas resultantes, entre imagens e matrizes de transição, mostrando as correspondências entre as imagens analisadas (cartas de uso/ocupação do solo) das diferentes datas. Permitindo assim avaliar as transições ocorridas na área de estudo entre as diferentes datas em análise. A diagonal de cada uma das matrizes, dá-nos informação sobre a probabilidade de os usos não sofrerem alteração entre datas consideradas. Ainda com o módulo *CROSSTAB*, foi determinado o Índice Kappa ou KIA, Rosenfield Fitzpatrick-Lins (1986). Este índice, traduz o grau de concordância entre duas imagens/datas. Varia entre -1 e 1. Para valores mais próximos de 1, existe maior concordância, consequência de terem ocorrido poucas alterações entre imagens/datas. Quando as alterações entre imagens são aleatórias, o índice Kappa assume o valor 0.

Para a utilização dos temas vectoriais (*shapefiles*) produzidos inicialmente, foi necessário ainda em ambiente SIG, no ArcGis9.3 converte-los para formato matricial.

### **4.4. Estimação do carbono**

A metodologia utilizada para estimar os stocks de carbono na paisagem, resultou de uma conjugação de distintos métodos de quantificação da biomassa, e estimativa de carbono disponíveis na bibliografia.

A determinação de carbono para cada um dos anos em análise, foi obtido indirectamente a partir dos usos do solo presentes na cartografia produzida anteriormente. Para a determinação dos valores médios de biomassa, e uma vez que as metodologias usadas são distintas, dada a variabilidade de informação disponível, optou-se por agrupar as classes de nível 1. Para efeitos de análise, exclui-se a classe áreas artificializadas, obtendo-se 3 classes: (i) Áreas agrícolas, (ii) Áreas Florestais e (iii) Áreas semi-naturais. A cada uma destas classes, aplicaram-se metodologias distintas para a estimação de biomassa e de carbono. Numa segunda fase, procedeu-se ao cálculo da biomassa e estimativa do carbono ao nível da classe mais

desagregada, nível 5 (Anexo II). Para o cálculo da biomassa, foram sempre estimadas duas componentes de biomassa, a aérea e a radicular.

Para todas as metodologias aplicadas houve a necessidade de efectuar simplificações e assumidos pressupostos.

#### **4.4.1. Áreas agrícolas**

Para o cálculo da biomassa presente nas áreas agrícolas foram utilizados os valores obtidos para a biomassa consumida pelo fogo por unidade de área e por tipo de ocupação decorrentes do trabalho de Silva *et al.* (2006). Neste trabalho, segundo os autores tentou-se introduzir conceitos e metodologias para proceder à quantificação das emissões atmosféricas originadas pelos incêndios em Portugal. Foram compilados dados relativos às áreas ardidas, biomassa média existente por tipo de ocupação do solo, fracções consumidas por incêndios e conversão da biomassa consumida em compostos libertados. As diferentes classes de ocupação do solo foram agrupadas em três grupos distintos (i) áreas contendo florestas (ii) áreas contendo matos e (iii) áreas agrícola ou agro-florestal.

Para as áreas agrícolas foram atribuídos modelos de combustível National Forest Fire Laboratory (NFFL). *“Estes modelos caracterizam os diferentes arranjos estruturais que os combustíveis podem assumir numa determinada área, tendo sido desenvolvidos para tentar prever o comportamento do fogo. Para cada um destes modelos são indicadas cargas típicas de biomassa, bem como a sua distribuição por materiais de diferentes dimensões.”*

Na Tabela 3 encontram-se indicados os modelos NFFL aos quais se fez correspondência às diferentes classes de ocupação do solo de tipo agrícola ou agro-florestal, e respectivos valores de biomassa (carga de combustível) associados. Foram os valores utilizados para o cálculo da biomassa aérea presente em cada classe. Para a estimação da biomassa radicular foi assumido que esta é igual a 1/2 da biomassa área.

Quantificada a biomassa, nas suas duas componentes, aérea e radicular, calculou-se a biomassa total para as áreas em causa. Por fim estimou-se o carbono presente, utilizando o factor de 0.5 de conversão de biomassa em carbono (Wattson *et al.*, 2000). Estes procedimentos foram usados de igual modo para cada ano em análise.

**Tabela 3** - Modelos de combustível e carga de biomassa para as áreas agrícolas.

Classe de ocupação do solo COS 2005 adaptado	Modelo NFFL/NFDRS Atribuídos	Biomassa (t/ha)		
		1HTR	10 HTR	Vivo
Culturas anuais de sequeiro	3/N	6,7	—	
Olivais	1 A e L	1,6	—	
Pastagens	1 A e L	1,6	—	
Pomar	1 A e L	1,6	—	
Vinha	5/F	2,2	1,1	4,5
Sistemas culturais e parcelares complexos	1 A e L	1,6	—	
Agricultura com espaços naturais	1 A e L	1,6	—	
SAF de castanheiro com resinosas e culturas anuais	2/C e T	4,5	—	1,1
SAF de castanheiro	2/C e T	4,5	—	1,1

1HTR equivale a combustíveis de diâmetro inferior a 6mm e 10 HTRa matérias compreendidos entre 6mm e 25mm. *National Forest Fire Laboratory –NFFL/NFDRS*. Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2006).

#### 4.4.2. Áreas florestais

Para o cálculo da biomassa aérea nesta classe foram considerados três componentes, (i) a biomassa da árvore, incluindo parte aérea e radicular, (ii) a biomassa da folhada e (iii) a biomassa da vegetação arbustiva. Para os cálculos referentes à biomassa da folhada e da vegetação arbustiva, adoptaram-se os valores apresentados no trabalho de Silva *et al.*, (2006). Para o cálculo da biomassa da folhada, neste trabalho, foram usados valores obtidos na bibliografia, conforme apresentado na Tabela 4. Os valores médios foram obtidos para a folhada em bosques de azinheira a partir de Fernandes *et al.* (2006) em povoamentos de pinheiro bravo com base nos trabalhos de Botelho *et al.* (1994), Dimitrakopoulos (2002), Fernandes *et al.* (2002) e Montero *et al.* (1999). Para a obtenção dos valores da biomassa da vegetação arbustiva no sub-bosque de formações florestais foram utilizados dados relativos a 2336 parcelas de inventário medidas em 1997 e 1998, no âmbito da terceira revisão do Inventário Florestal Nacional e disponibilizados pela Direcção de Serviços de Planeamento e Estatística da Direcção-Geral dos Recursos Florestais (Tabela 4).

**Tabela 4** - Biomassa da folhada e da vegetação arbustiva.

Classe de ocupação do solo COS 2005 adaptado	Folhada (t/ha)	Vegetação arbustiva (t/ha)
Azinheira ( <i>Quercus rotundifolia</i> )	7	4,66
Pinheiro bravo ( <i>Pinus pinaster</i> )	10	11,16
Novas plantações	0	0

Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2006).

Para a componente aérea e radicular referente às árvores recorreu-se à metodologia desenvolvida por Montero *et al* (2005). Neste trabalho, os autores estimaram a produção de biomassa aérea e radicular e o sequestro de carbono para as 32 principais espécies florestais presentes em Espanha. Estas estimativas, efectuadas com recurso a métodos destrutivos, basearam-se no corte, desrame e pesagem das fracções de biomassa e posterior determinação de matéria seca em laboratório. Foram analisadas no total 1.508 árvores. Ajustaram-se os modelos alométricos que relacionam diâmetro e matéria seca.

O trabalho de Montero *et al.* (2005) foi utilizado para estimar os componentes biomassa área e biomassa radicular relativos aos diâmetros médios estimados para os povoamentos de azinheira (*Quercus rotundifolia*) e pinheiro bravo (*Pinus pinaster*). As estimativas calculadas ao nível da árvore foram extrapoladas para o nível do povoamento pela multiplicação dos valores individuais pelo número de árvores presentes por hectare.

Para os cálculos referentes aos bosques de azinheira (*Quercus rotundifolia*), partindo dos dados de Possacos (2008) relativos a trabalho desenvolvido numa área que inclui também a freguesia de Deilão, seleccionaram-se as parcelas analisadas dentro da área agora em estudo. Obteve-se assim um valor de diâmetro médio (DAP) de 7,43 cm e um valor de densidade (N) igual a 1437 árvores/ha. Admitiram-se estes valores para todas as manchas com povoamentos puros de azinheira. Para os povoamentos denominados abertos, considerou-se metade do valor da densidade assumindo-se o mesmo valor de DAP (7,43cm).

Com o valor do DAP médio, e recorrendo às tabelas publicadas no trabalho de Montero *et al.* (2005), obtivemos os valores de biomassa aérea e radicular para a azinheira. Procedeu-se aos cálculos de quantificação da biomassa para as áreas em causa. De seguida estimou-se o C presente utilizando as percentagens obtidas por Montero, *et al.* (2005): 47,5% de carbono contido por kg de matéria seca de azinheira.

Foram efectuados estes procedimentos para todos os anos em causa assumindo-se que os bosques de azinheira não variaram de diâmetro ao longo do período considerado, principalmente por ausências de dados que permitam estabelecer uma relação entre o diâmetro e a idade dos bosques.

Para os povoamentos de pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) puros e/ou mistos, e partindo dos dados de Branco (1994) desenvolvido no Perímetro Florestal de Deilão, foram obtidos valores de diâmetro médio para o ano de 1994 de 14,91cm, e de (N) igual a 1875 árvores/ha, para uma idade estimada de 30 anos. Os povoamentos avaliados por Branco (1994) localizavam-se na zona consumida pelo grande incêndio ocorrido nesta freguesia no ano de 2005. Assim, estes dados só foram utilizados para

os cálculos efectuados para os anos de 1992, 1980 e 1968. Foi inicialmente calculado o acréscimo médio anual, o qual foi descontado a cada ciclo de anos em que os dados foram utilizados.

Admitiram-se estes valores para todas as parcelas com povoamentos puros e/ou mistos de pinheiro bravo existentes nos anos de 1992, 1980 e 1968. Assumiu-se que todos os pinhais existentes nestas datas terão sido instalados no mesmo ano: 1964. Para os povoamentos denominados abertos, considerou-se metade do valor da densidade, obtendo-se (N) igual a 937 árvores/ha.

Para o ano de 2006 utilizaram-se os dados de Martins (2005), obtidos na avaliação de povoamentos de pinheiro bravo numa zona da freguesia de Deilão que não foi atingida pelo incêndio ocorrido em 2005. Assim, para os cálculos efectuados no ano de 2006 foram utilizados valores de diâmetro médio de 14,10 cm e para (N) valores de 2 100 árvores/ha, para uma idade média de 26 anos.

Admitiram-se estes valores para todas as parcelas com povoamentos puros e/ou mistos de pinheiro bravo existentes no ano de 2006 dado que os existentes nas datas anteriores foram na grande maioria consumidos pelo incêndio de 2005. Para os povoamentos denominados abertos, considerou-se metade do valor da densidade, (N) igual a 1050 árvores/ha.

A partir destes valores e recorrendo às tabelas produzidas por Montero *et al* (2005), obteve-se o valor referente à biomassa aérea e radicular, estimado para cada árvore. Para a biomassa radicular procedeu-se de igual forma. Para obter o valor total da biomassa aérea, somou-se o valor da folhada e da vegetação arbustiva. As estimativas calculadas ao nível da árvore foram extrapoladas para o nível do povoamento pela multiplicação dos valores individuais pela densidade.

De seguida estimou-se o C presente, utilizando as percentagens obtidas por Montero, *et al.* (2005) para o pinheiro bravo: 51,1% de carbono por kg de matéria seca.

Para as novas plantações assumiu-se que todos os povoamentos eram de pinheiro bravo, com uma densidade de 2 250 árvores/ha e um diâmetro inferior a 7,5 cm. Para os cálculos de biomassa aérea e radicular utilizaram-se os valores estabelecidos por Montero, *et al.* (2005).

Não foi considerado neste caso qualquer valor para a vegetação arbustiva nem para a folhada.

Quantificada a biomassa, nas suas duas componentes aérea e radicular, calculou-se a biomassa total para as áreas em causa.

#### 4.4.3. Áreas semi-naturais

Na classe áreas semi-naturais, á semelhança das restantes, houve também a necessidade de proceder a algumas simplificações. Assim para as classes, áreas aridas e vegetação esparsa foram assumidos os valores estabelecidos no trabalho desenvolvido por Silva *et al* (2006), apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Modelos de combustível e carga de biomassa para as áreas semi-naturais.

Classe de ocupação do solo Cos2005 adaptado	Modelos NFFL Atribuídos	1HTR (t/ha)
Áreas aridas	1 A e L	1,6
Vegetação esparsa	1 A e L	1,6

1HTR equivale a combustíveis de dimametro inferior a 6mm e 10 HTRa matérias compreendidos entre 6mme 25mm.National Forest Fire Laboratory –NFFL/NFDRS. **Fonte:** Adaptado de Silva *et al.* (2006).

Para as restantes classes de ocupação do solo nesta categoria, onde estão incluídos os estevais, urzais e giestais, foram considerados os valores obtidos por Ramos (2008). Neste trabalho desenvolvido para a área do PNM são apresentados valores para três situações de declive e três percentagens de coberto, para cada uma das espécies. Para o presente trabalho usaram-se os valores médios das três observações registadas para cada factor. Para as classes de estevais, giestas e urzais pouco densos utilizou-se um terço do valor médio. Procedeu-se da mesma forma para a biomassa radicular.

Quantificada a biomassa, nas suas duas componentes aérea e radicular, calculou-se a biomassa total para as áreas em causa. Por fim estimou-se o carbono presente, utilizando o factor de conversão de 0.5 (Wattson *et al.*, 2000).

Estes procedimentos foram usados de igual modo para todos os anos em análise.

#### 4.5. Mapas de stocks de carbono

Para a construção dos mapas de carbono total acumulado em cada ano em análise ao nível da classe mais desagregada (nível 5), e recorrendo ao software da ESRI, ArcGis 9.3s, foi acrescentada uma nova coluna na tabela de atributos das cartas de uso/ocupação do solo. A cada polígono, foram atribuídos os valores obtidos para a estimação de carbono presente, em cada tipo de ocupação de solo. Os valores obtidos variam entre 1,20 t/ha e os 71,87 t/ha. Classificaram-se em seis classes.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde de 1958 até ao ano de 2006, verificaram-se alterações na ocupação do solo na freguesia de Deilão (Figura 5). Estas modificações são o reflexo da história, social, política, económica e ambiental que moldou a paisagem da freguesia de Deilão. É evidente o aumento das áreas florestais desde o ano de 1958 até 1992. No ano de 2006, estas áreas sofreram um decréscimo, resultado de um grande incêndio registado no ano de 2005 em que arderam cerca de 600 ha (15% da área da freguesia). Este facto, pela sua dimensão, tem que estar necessariamente presente na interpretação dos dados que a seguir se apresentam pelas implicações directas que tem nos resultados e cálculos que a seguir se expõem.

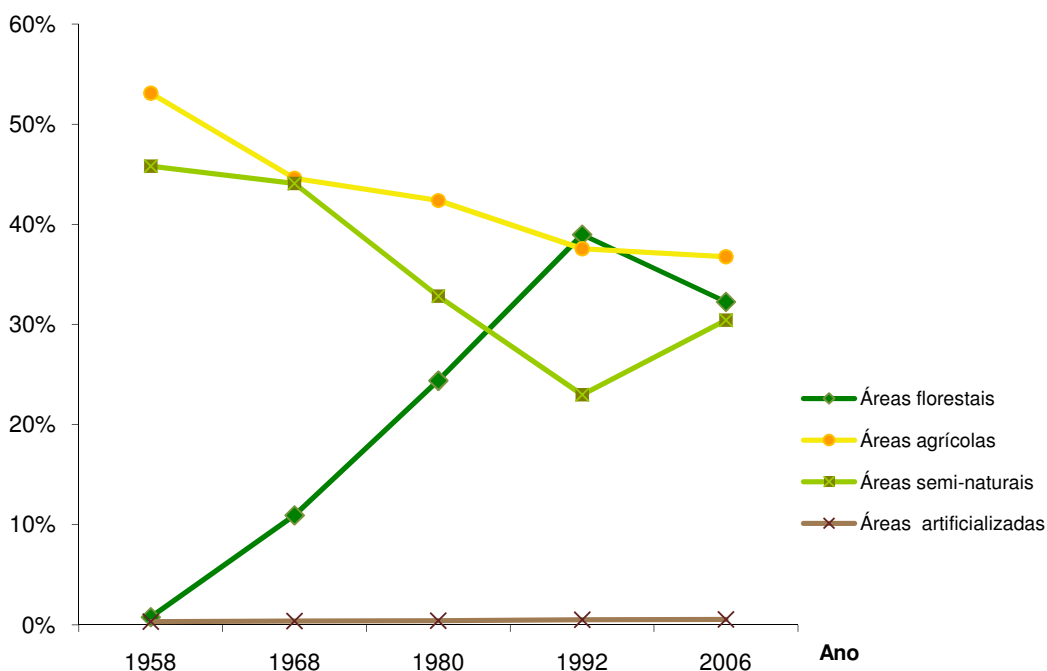


Figura 5 - Variação da área (em %) por classes de ocupação, nível 1 (1958-2006).

### 5.1. Alterações gerais no uso do solo

A utilização do espaço rural encontra-se em profunda alteração. A emigração maciça das décadas 60 a 80, o envelhecimento da população rural, as alterações dos preços dos factores de produção e dos produtos da terra e a desvalorização social e económica da própria actividade agrícola, tem vindo a transformar todo este território. A agricultura praticada é, essencialmente, de subsistência, reunindo potencialidades próprias de uma região de montanha, sendo pouco rentável, subsistindo entre apoios

e subsídios. A base agrícola é estabelecida em esquemas organizacionais característicos da média propriedade com culturas tradicionais (castanha, batata, centeio). O acentuado envelhecimento da população rural activa e os baixos rendimentos de um sistema agrícola muito baseado em culturas cerealíferas e incapaz de competir no mercado europeu, foram certamente algumas das causas destas transformações. Também a política nacional de fomento florestal primeiro, e os incentivos às arborizações oriundos das políticas europeias depois, contribuíram para o aumento das áreas florestadas. O abandono das terras ou a substituição das culturas anuais por culturas perenes, menos exigentes em mão-de-obra, como os soutos e as arborizações florestais, têm sido as tendências de ocupação do solo mais recentes nesta área.

Em 1958 o território em estudo era ocupado em 53% por áreas agrícolas enquanto as áreas florestais ocupavam só 1% e as áreas semi-naturais preenchiam os restantes 46% (Figura 3, Tabela 6). No ano de 1968, verifica-se já um decréscimo das áreas agrícolas passando esta classe a ocupar 45% da área. As áreas florestais aumentaram para 11% e as áreas semi-naturais, apresentaram um ligeiro decréscimo para os 44%. No ano de 1980 mantêm-se a tendência que vinha já de 1968: decréscimo da área agrícola, agora com 42% da área, continuação do aumento da área florestal, passando para os 24% e diminuição das áreas semi-naturais para 33%. No ano de 1992, continuando em decréscimo, as áreas agrícolas passaram para os 38%, as áreas florestais, continuaram a aumentar significativamente, agora com 39% do território, e as áreas semi-naturais perderam novamente área fixando-se nos 23%. O ano de 2006, apresenta uma área agrícola estabilizada nos 37%, a área florestal foi reduzida para 32%, fruto do incêndio de 2005, e as áreas semi-naturais aumentaram para os 30%.

**Tabela 6** - Variação da área, por classes de nível 1 (1958-2006).

OCUPAÇÃO ANO	A. artificializadas		Áreas agrícolas		Áreas florestais		Áreas semi-naturais	
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
1958	14,15	0.3%	2.227,9	53.1%	33,1	0.8%	1.922,12	45.8%
1968	15,91	0.4%	1.871,65	44.6%	459,22	10.9%	1.849,83	44.1%
1980	17,94	0.4%	1.778,31	42.4%	1.023,6	24.4%	1.377,1	32.8%
1992	21,2	0.5%	1.575,96	37.5%	1.635,41	39.0%	964,73	23.0%
2006	23,21	0.6%	1.542,87	36.8%	1.353,8	32.3%	1.277,7	30.4%

Ao longo de todos os anos em análise as áreas artificializadas apresentaram valores estáveis que não chegam a 1% do território, no entanto sempre crescentes, fruto de alguma dispersão dos pequenos perímetros urbanos, existentes na freguesia de Deilão.

Em termos globais, conforme Tabela 6, as áreas agrícolas sofreram um decréscimo passando de mais de 50% (2.228 ha) em 1958 para 36,8% (1.543 ha) no ano de 2006. Por outro lado as áreas florestais aumentaram muito significativamente. No ano de 1958 tinham uma ocupação insignificante de cerca de 1% (33 ha), chegando a 2006 a um valor de 32% (1.354 ha), valor ao qual teremos que acrescentar os 14% de área ardida, tendo já em 1992 atingido o valor de 39% (1.635 ha). As áreas semi-naturais são aquelas que apresentaram maior estabilidade, embora apresentem desde 1992, uma tendência crescente, ocupando em 2006 30% do território com 1.278 ha

## 5.2. Matrizes de transição

Na Tabela 7, apresentam-se as probabilidades de transição para as classes de ocupação do solo, construídas a partir das imagens de referência da freguesia de Deilão. Para descrever a alteração do uso/ocupação do solo, foram calculadas as proporções de transição para cada par de anos (1958-68, 1968-80, 1980-92 e 1992-2006 e 1958-2006).

**Tabela 7 - Tabela de matrizes de transição (1958-2006).**

	A. Artificializadas	A. Agrícolas	A. Florestais	A. Semi-naturais
<b>1958-1968</b>				
A. Artificializadas	0.9704	0.0296	0.0000	0.0000
A. Agrícolas	0.0010	0.6996	0.0942	0.2052
A. Florestais	0.0000	0.0138	0.7262	0.2600
A. Semi-naturais	0.0000	0.1627	0.1173	0.7200
<b>1968-1980</b>				
A. Artificializadas	0.9967	0.0033	0.0000	0.0000
A. Agrícolas	0.0011	0.8293	0.0667	0.1029
A. Florestais	0.0000	0.0324	0.7906	0.1770
A. Semi-naturais	0.0000	0.1138	0.2894	0.5968
<b>1980-1992</b>				
A. Artificializadas	0.9957	0.0039	0.0000	0.0004
A. Agrícolas	0.0010	0.8287	0.0673	0.1031
A. Florestais	0.0000	0.0342	0.9045	0.0613
A. Semi-naturais	0.0012	0.0492	0.4280	0.5217
<b>1992-2006</b>				
A. Artificializadas	0.9120	0.0477	0.0000	0.0403
A. Agrícolas	0.0000	0.9354	0.0198	0.0449
A. Florestais	0.0000	0.0243	0.8223	0.1534
A. Semi-naturais	0.0000	0.0778	0.3844	0.5377
<b>1958-2006</b>				
A. Artificializadas	0.9804	0.0196	0.0000	0.0000
A. Agrícolas	0.0036	0.5675	0.1573	0.2715
A. Florestais	0.0000	0.0091	0.7975	0.1935
A. Semi-naturais	0.0006	0.1443	0.5082	0.3468

Da análise da diagonal da Tabela 7, verifica-se, que se mantiveram com o mesmo tipo de ocupação do solo durante a transição do período (1958-1968), 72,6% das áreas florestais, 70% das áreas agrícolas e 72% das áreas semi-naturais. Das áreas que transitaram de tipo de ocupação de solo, constatou-se que 26% das áreas florestais passaram a ter uma ocupação semi-natural e 1,3% passaram a ter uma ocupação agrícola, em 1968. As áreas agrícolas de 1958 cederam 20,5% às áreas semi-naturais e 9,4% às áreas florestais, em 1968. Das áreas semi-naturais de 1958, 11,7% transitaram para áreas florestais e 16,3% para áreas agrícolas em 1968.

No período de (1968-1980), verifica-se que se conservaram com o mesmo tipo de ocupação do solo 79, % das áreas florestais, 82,9% das áreas agrícolas e 59,7 % das áreas semi-naturais. Do total das áreas que transitaram de tipo de ocupação de solo, constata-se que 17,7 % das áreas florestais de 1968, passaram a ter uma ocupação semi-natural e 3,2% passaram a ter uma ocupação agrícola, em 1980. Em 1968 as áreas agrícolas cederam 10,3% do território às áreas semi-naturais e 6,7% às áreas florestais, no ano de 1980. Das áreas semi-naturais, quantificadas em 1968 que não se mantiveram como tal, transitaram 28,4% para áreas florestais e 11,4% para áreas agrícolas em 1980.

Durante o período (1980-1992), verifica-se que se mantiveram com o mesmo tipo de ocupação do solo 90,4 % das áreas florestais, 82,9% das áreas agrícolas e 52,2 % das áreas semi-naturais. Das áreas que mudaram de tipo de ocupação de solo, constata-se que 6,1 % das áreas florestais de 1980, passaram a ter uma ocupação semi-natural e 3,4% passaram a ter uma ocupação agrícola, em 1992. As áreas agrícolas de 1980 concederam 6,7% às áreas semi-naturais e 10,3% às áreas florestais, no ano de 1980. Das áreas semi-naturais, quantificadas em 1980 que não se mantiveram como tal, transitaram 42,8 % para áreas florestais e 4,9% para áreas agrícolas em 1992.

Verifica-se que durante o período (1992-2006), se conservaram com o mesmo tipo de ocupação do solo 82,3. % das áreas florestais, 93,5% das áreas agrícolas e 53,8 % das áreas semi-naturais. Das áreas que transitaram de tipo de ocupação de solo, constata-se que 15,4 % das áreas florestais de 1992, passaram a ter uma ocupação semi-natural e 2,4% passaram a ter uma ocupação agrícola, em 2006. As áreas agrícolas de 1992 cederam 4,5% às áreas semi-naturais e 2% às áreas florestais, no ano de 2006. Das áreas semi-naturais, quantificadas em 1992 que mudaram de ocupação, 38,4 % transitaram para áreas florestais e 7,8% para áreas agrícolas em 2006.

Analisando o total do período em estudo (1958-2006), constata-se que se mantiveram com o mesmo tipo de ocupação do solo 79,7.% das áreas florestais,

56,7% das áreas agrícolas e 34,7 % das áreas semi-naturais. Das áreas que transitaram de tipo de ocupação de solo, verifica-se que 19,3 % das áreas florestais de 1958, passaram a ter uma ocupação semi-natural e 0,9% mudaram para uma ocupação agrícola, em 2006. Das áreas agrícolas de 1958, 27,1% passaram a ser ocupadas com áreas semi-naturais e 15,7% com áreas florestais, no ano de 2006. Das áreas semi-naturais, quantificadas em 1958, 50,8% transitaram para áreas florestais e 14,4% para áreas agrícolas, em 2006.

As áreas artificializadas apresentam ao longo de todo o período em análise e entre períodos, ligeiras variações mantendo-se quase constante a área que ocupam. Do território que em 1958, era ocupado com áreas artificializadas, 98% manteve a mesma ocupação em 2006.

Da análise dos resultados da variação do índice KIA, entre os pares de imagens de referência de 1958 a 2006, Tabela 8, concluímos que, de uma forma geral há uma grande tendência para a alteração da paisagem. Excluindo as áreas artificializadas, as restantes classes de ocupação sofreram alterações significativas.

**Tabela 8 - Variação do índice KIA.**

Índice KIA	1958	1968	1968	1980	1980	1992	1992	2006	1958	2006
A. Artificializadas	0.9700	0.8610	0.9967	0.8839	0.9954	0.8419	0.9983	0.9114	0.9803	0.5958
A. Agrícolas	0.5778	0.7447	0.7646	0.8217	0.7736	0.9098	0.8889	0.9144	0.4328	0.7252
A. Florestais	0.7028	0.0473	0.7513	0.3057	0.8720	0.4846	0.5966	0.7622	0.7437	0.0145
A. Semi-naturais	0.6083	0.6422	0.4879	0.7218	0.4381	0.6759	0.6415	0.4569	0.1868	0.3206

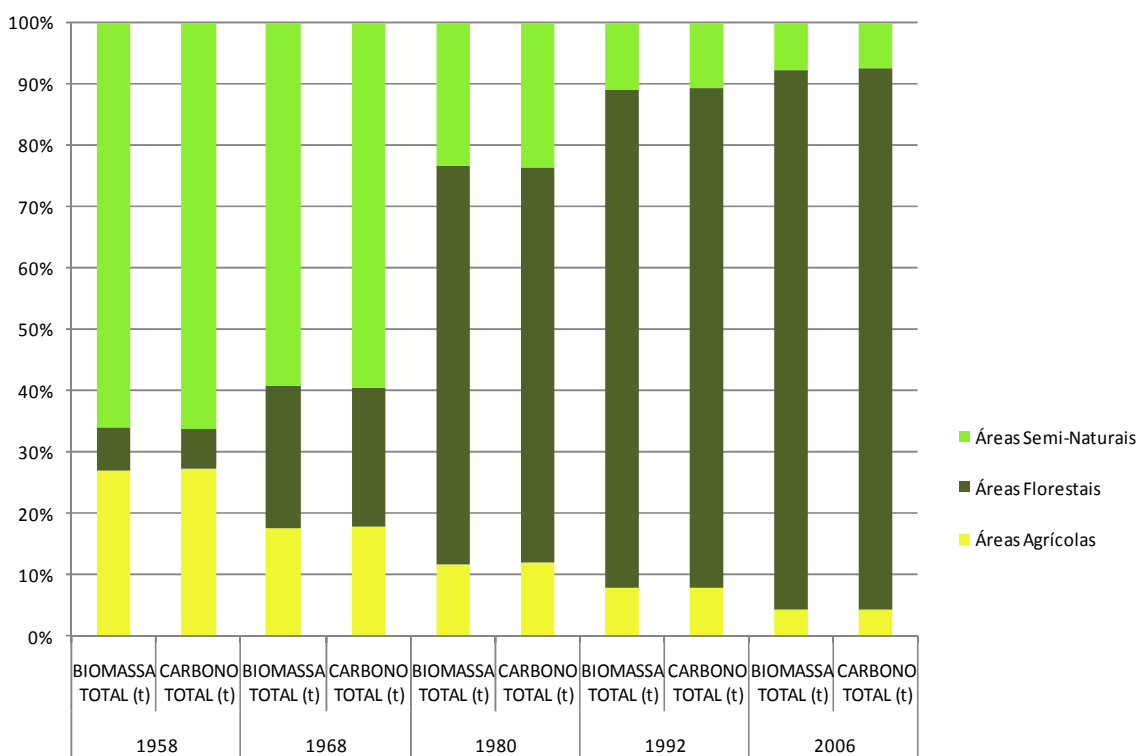
Da análise dos valores, do Índice KIA Total, Tabela 9, para o par de imagens de referência (1958 e 2006), concluímos que apenas 53,3% da área da freguesia não alterou a sua ocupação original ao longo dos 48 anos em estudo. Esta dinâmica desenvolvida ao longo deste período revela-se, no entanto com tendência de estabilização pelo valor do índice KIA, que ao longo de quase 50 anos vai assumindo valores mais elevados.

**Tabela 9 - Índice KIA total.**

1958/1968	1968/1980	1980/1992	1992/2006	1958/2006
0.7287	0.7527	0.7778	0.8044	0.5329

### 5.3. Biomassa e carbono

Os cálculos efectuados, para os anos em análise no presente trabalho confirmam que as áreas florestais têm vindo assumir na freguesia de Deilão uma importância crescente na composição da paisagem e no seu contributo para a biomassa total e conseqüentemente de carbono presente neste território, conforme Figura 6.



**Figura 6** - Variação de biomassa e carbono (%) – (1958-2006).

Na Tabela 10 apresentam-se os valores totais calculados para a biomassa presente em cada ano em análise e o carbono retido por cada tipo de ocupação de solo, revelando o seu contributo relativo para o valor global de biomassa e de carbono presente ao longo do período de estudo.

A biomassa presente no território em estudo no ano de 1958, conforme Tabela 10, era proveniente em 27% das áreas agrícolas, as áreas florestais contribuíam só com 7% e as áreas semi-naturais preenchem os restantes 66%. No ano de 1968, verifica-se já um decréscimo das áreas agrícolas passando esta classe a contribuir com 19% do total de biomassa e carbono, as áreas florestais aumentam o seu contributo para os 18% e as áreas semi-naturais, tiveram um ligeiro decréscimo, mas

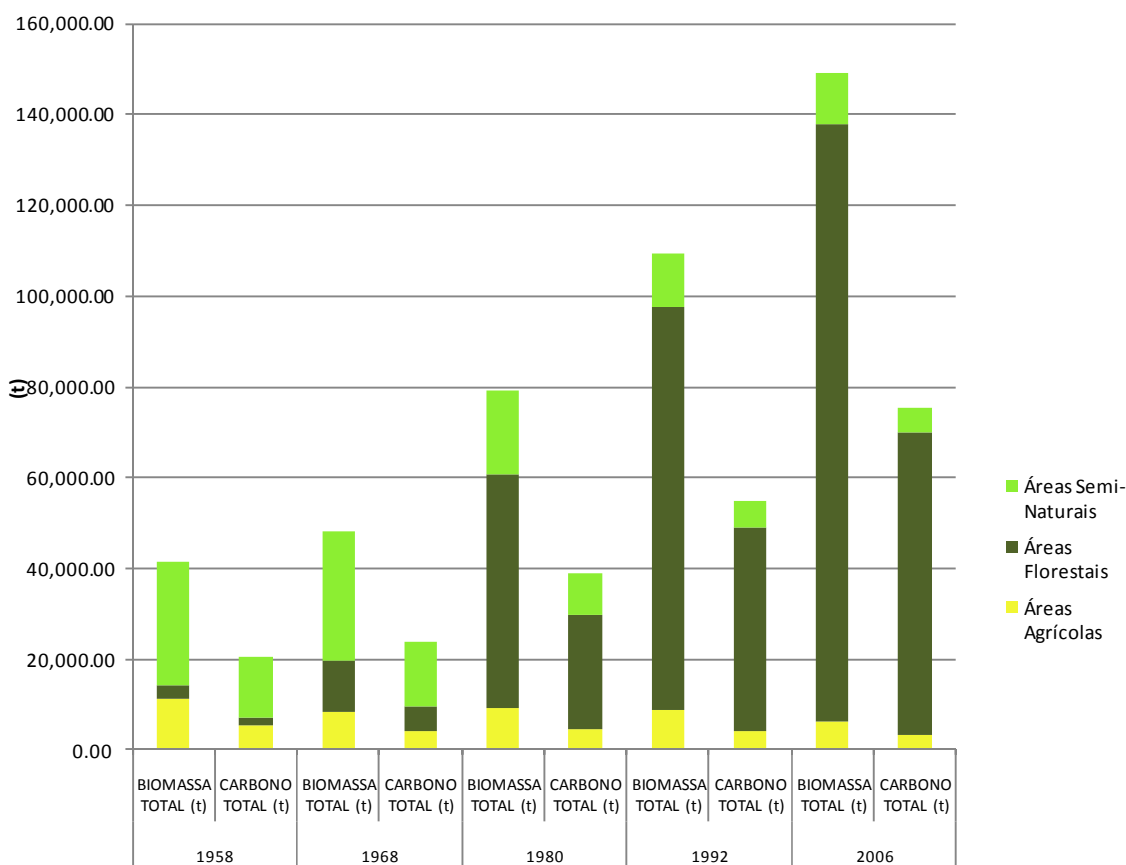
ainda no entanto com 63% do total. No ano de 1980, manteve-se a tendência que vinha já de 1968, decréscimo do contributo da área agrícola, agora com apenas 12% do total de biomassa e carbono, continuação do aumento do contributo da floresta chegando aos 64% e diminuição das áreas semi-naturais, agora com um peso de 24%. No ano de 1992, o contributo da área agrícola continuou a descer, contribuindo apenas com 8% do total da biomassa e carbono, as áreas florestais tem aqui mais um aumento significativo no contributo para o total de biomassa e carbono passando para os 81%, e tendo às áreas semi-naturais descido para os 11%.

**Tabela 10 - Totais de biomassa e carbono (1958-2006).**

<b>USO/OCUPAÇÃO DO SOLO</b>	<b>Áreas Agrícolas</b>	<b>Áreas Florestais</b>	<b>Áreas Semi-Naturais</b>	<b>Total</b>
<b>1958</b>				
<b>BIOMASSA TOTAL (t)</b>	11.204,62	2.841,68	27.238,39	<b>41.284,69</b>
<b>CARBONO TOTAL (t)</b>	5.602,31	1.350,22	13.619,19	<b>20.571,72</b>
<b>% de Carbono e Biomassa</b>	27	7	66	<b>100</b>
<b>1968</b>				
<b>BIOMASSA TOTAL (t)</b>	8.492,71	8.481,55	28.401,72	<b>45.375,98</b>
<b>CARBONO TOTAL (t)</b>	4.246,36	4.056,90	14.200,86	<b>22.504,12</b>
<b>% de Carbono e Biomassa</b>	19	18	63	<b>100</b>
<b>1980</b>				
<b>BIOMASSA TOTAL (t)</b>	9.384,76	51.338,22	18.468,38	<b>79.191,36</b>
<b>CARBONO TOTAL (t)</b>	4.692,38	25.149,10	9.234,19	<b>39.075,67</b>
<b>% de Carbono e Biomassa</b>	12	64	24	<b>100</b>
<b>1992</b>				
<b>BIOMASSA TOTAL (t)</b>	8.649,12	88.803,86	11.850,04	<b>109.303,03</b>
<b>CARBONO TOTAL (t)</b>	4.324,56	44.834,02	5.925,02	<b>55.083,60</b>
<b>% de Carbono e Biomassa</b>	8	81	11	<b>100</b>
<b>2006</b>				
<b>BIOMASSA TOTAL (t)</b>	6.469,34	131.444,88	11.282,41	<b>149.196,63</b>
<b>CARBONO TOTAL (t)</b>	3.234,67	66.573,24	5.641,21	<b>75.449,11</b>
<b>% de Carbono e Biomassa</b>	5	88	7	<b>100</b>

As áreas agrícolas representam no ano de 2006, apenas 5% do total da biomassa e do carbono, e as áreas semi-naturais 7%. No ano de 2006 as áreas florestais, representam 88%, da biomassa total e carbono sequestrado. Potencialmente, poderiam assumir um valor ainda superior, se a este valor das áreas florestais, fosse acrescido o valor da área que ardeu em 2005.

A carga de biomassa no território, e o carbono associado, têm vindo gradualmente a aumentar. A biomassa passou de 41.285 t em 1958, para 149.197 t presente o que em termos de carbono representa um aumento de 20.572 t para 75.449 t. Este aumento deve-se essencialmente ao aumento da biomassa proveniente das áreas florestais (Figura 7), fruto das grandes áreas que foram florestadas ao abrigo de programas e projectos nacionais e europeus. No ano de 1958, do total de (41.285 t) só 2.842 t eram provenientes das áreas florestais, representando 7% do total do valor da biomassa e do carbono sequestrado. Valor que aumentou até ao ano de 2006 perfazendo um total de 149.197 t de biomassa, o que representa 75.449 t de carbono, correspondendo a 88% do total.

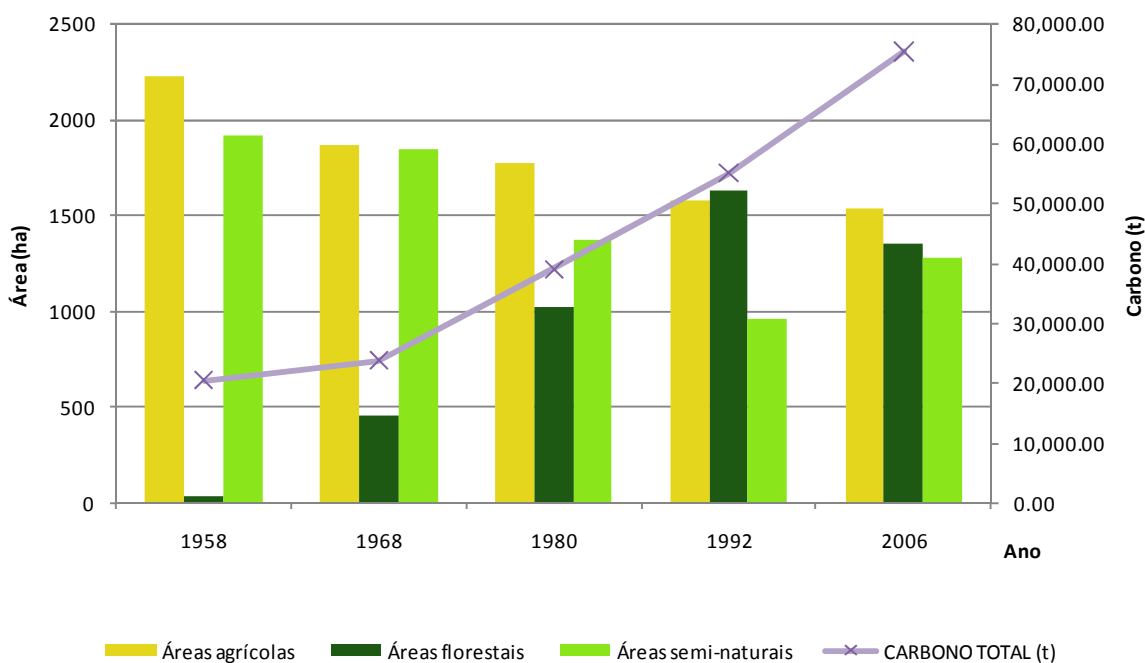


**Figura 7 - Totais de biomassa e carbono (1958-2006).**

Por outro lado, quer as áreas agrícolas, quer as áreas semi-naturais foram ao longos dos tempos, diminuindo a quantidade de C sequestrado, quer pela diminuição das áreas que ocupam, quer também pelo aumento significativo das áreas florestadas e o incremento de biomassa que estas vão acumulando. As áreas agrícolas reduziram de 27% em 1958, para os 5% no ano de 2006, e as áreas semi-naturais que em 1958 fixavam 66% do carbono, em 2006, eram responsáveis por 7% do total. No ano de 2006, também os resultados das áreas semi-naturais são directamente influenciados pela ocorrência de incêndios, que diminuiu as áreas ocupadas essencialmente por matos.

Em termos globais, conforme Figura 8, ao longo do período em análise verifica-se um aumento do carbono sequestrado, na paisagem de Deilão. A diminuição das áreas agrícolas, e o aumento das áreas florestais e semi-naturais, traduzem-se num crescente acumular de biomassa e carbono neste território.

Ao longo destes, aproximadamente, 50 anos (1958-2006), o carbono retido aumentou significativamente na área de estudo. No ano de 1958, estimou-se um valor de carbono acumulado de 20.571,72 t, e para o ano de 2006 essa estimativa representa já um valor de 75.449,11 t. Esta variação tão expressiva da quantidade de carbono sequestrado na paisagem, é um reflexo das alterações ocorridas ao longo deste período, na área de estudo.



**Figura 8 -** Evolução dos stocks de Carbono (1958-2006).

Um dos fenómenos que tem contribuído para a alteração da paisagem ao nível da freguesia de Deilão, têm sido os incêndios florestais. O fogo é uma presença recorrente ao longo da história da humanidade, em particular nos ecossistemas mediterrânicos e também na freguesia de Deilão, Tabela 11 .

Desde 1992, foram contabilizados 43 incêndios florestais os quais percorreram quase 800 ha, deste território. Em média consomem cerca de 18 ha por ocorrência registada. O fogo na freguesia de Deilão percorre cerca de 20% do território

Deste histórico destaca-se o ano de 2005, com uma área ardida de 609,8 ha, sendo que cerca de 600 ha resultaram de uma única ocorrência que consumiu uma área contínua de floresta e matos.

**Tabela 11 - Número de ocorrências e área ardida (1992-2005)**

<b>ANO</b>	<b>Número</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% Freguesia</b>
1992	2	3,0	0.00
1993	0	0,0	0.00
1994	4	34,0	0.01
1995	5	40,0	0.01
1996	4	3,6	0.00
1997	6	11,3	0.00
1998	1	1,0	0.00
1999	3	53,4	0.01
2000	4	14,4	0.00
2001	4	8,1	0.00
2002	4	13,7	0.00
2003	1	0,0	0.00
2004	0	0,0	0.00
2005	5	609,8	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>792,2</b>	

Fonte: Autoridade Florestal Nacional.

#### **5.4. Stocks de carbono**

Com base nos cálculos realizados e nos valores obtidos, verificou-se que a densidade média de carbono na paisagem aumentou de 4,9 t/ha para 17,97 t/ha entre 1958 e 2006, essencialmente devido ao contributo das áreas florestais, apesar da sua área ter sido significativamente reduzida pela recorrência de incêndios.

Estes resultados sugerem que o C sequestrado através de práticas florestais pode ajudar a compensar as emissões para a atmosfera (Fang *et al.*, 2001).

**Tabela 12** - Variação da densidade média de carbono (1958-2006).

DENSIDADE MÉDIA DE CARBONO (t/ha)	1958	1968	1980	1992	2006
Áreas Agrícolas	2,51	2,27	2,64	2,40	2,10
Áreas Florestais	41,07	11,76	25,80	34,41	49,17
Áreas Semi-aturais	7,08	7,68	6,70	6,45	4,42

Da análise da Tabela 12 constata-se que as áreas florestais são aquelas que contribuem com maior quantidade de carbono retido e as que apresentam maiores variações. O ano de 1968, destaca-se pelo valor mais baixo, justificando-se pelo facto de incluir uma grande proporção da classe novas plantações com um contributo relativamente baixo em termos de quantidade de carbono retido.

Os valores obtidos para a freguesia de Deilão se comparados com os estimados por Phill (2007), para a floresta amazónica, são compreensivelmente (latitude e tipo de coberto) baixos. Para a floresta amazónica foram obtidos valores entre 67,5 t/ha e 171 t/ha.

No entanto têm um valor comparável aos obtidos por Fang *et al.*, 2001) a partir de 50 anos de inventários florestais na China (entre 1949 e 1998), onde a densidade média de C subiu de 15,3 para 31,1  $\text{tha}^{-1}$  nesses espaços. Segundo os autores estes resultados sugerem que o C sequestrado através de práticas florestais (referenciadas no protocolo de Quioto) podem ajudar a compensar as emissões industriais para a atmosfera

Resultados idênticos foram obtidos por Hu e Wang (2008), com base em nove inventários florestais realizados entre 1936 e 2005 na região de Piedmont na Carolina do Sul, EUA.. Na área de estudo a densidade média de C subiu de 44,47 para 74,56  $\text{tha}^{-1}$

Considerando os valores obtidos (Tabela 12) para o carbono na biomassa por tipo de ocupação, os quais não incluem o carbono orgânico do solo (COS), e assumindo os valores obtidos por Martins *et al.* (2009), para Portugal de 53,3 e 98,4  $\text{tha}^{-1}$  para o total de COS até 20cm e até 100cm de profundidade respectivamente, e fazendo o somatório dos dois sub-totais, obtêm-se valores ainda inferiores ao obtidos por Arevalo *et al.* (2009), para a estimacão do carbono total em vários tipos de vegetação, num estudo realizado na zona norte central de Alberta (Canadá) - em florestas autóctones de 223  $\text{tha}^{-1}$ , em áreas agrícolas de 132  $\text{tha}^{-1}$  e em pastagens de 121 $\text{tha}^{-1}$ .

Dos valores totais no ano de 1958 a paisagem de Deilão fixava um total de 20.572 t de C e no ano de 2006 esse valor era de 75.449 t. Da diferença entre esses

valores referentes ao período de 48 anos em análise, obtivemos uma taxa média anual de fixação de carbono da ordem das 0,27 t/ha/ano.

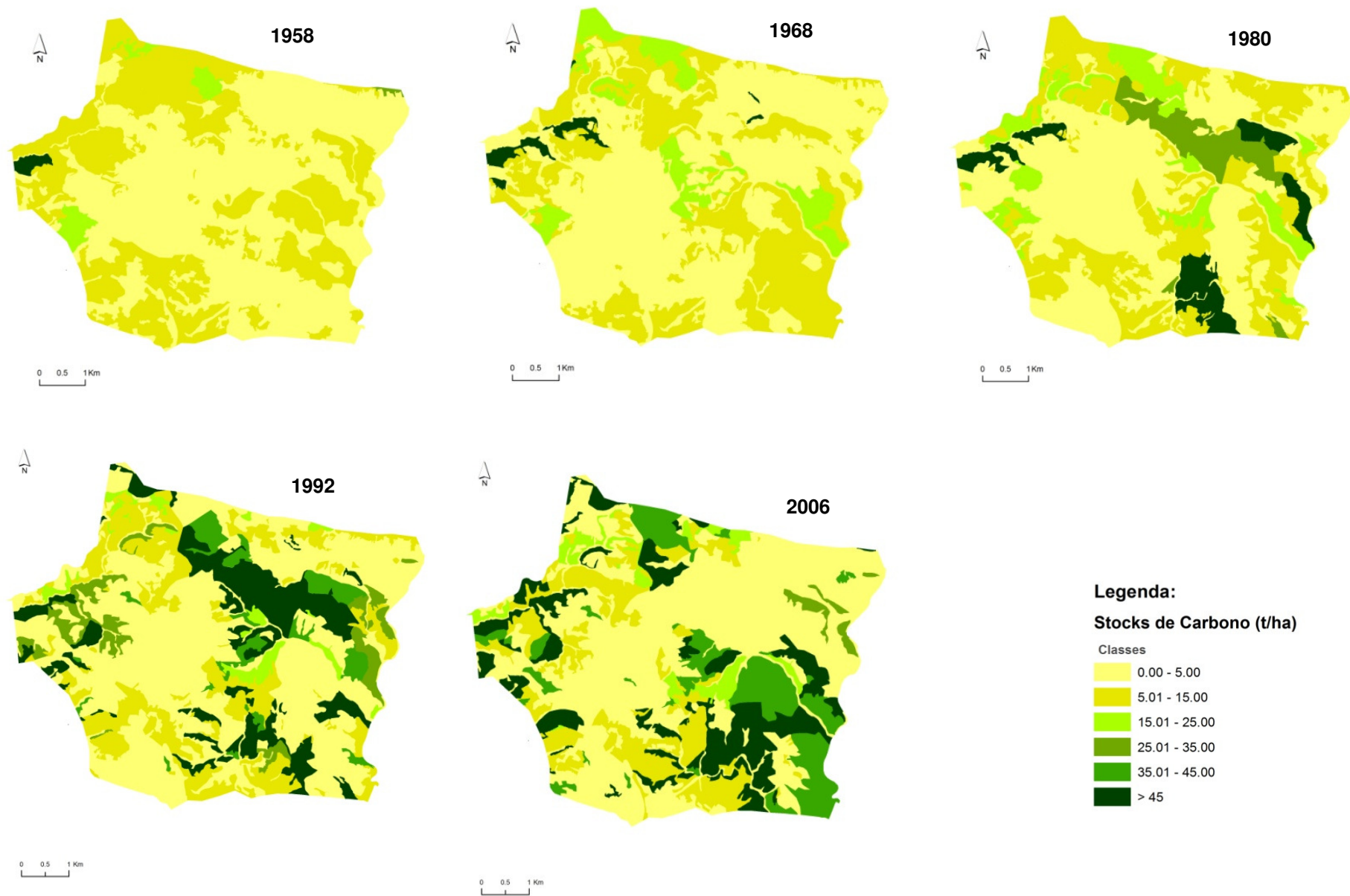
Decorrente das alterações que aconteceram ao longo do tempo na área de estudo e resultado das taxas de fixação desenvolvidas pelas diferentes componentes da paisagem em cada um dos anos em análise, resultaram variações no stocks de carbono no período em análise.

Na Figura 6 mostra-se espacialmente, num gradiente de cores, e ao longo dos anos a evolução e localização nas áreas da freguesia e dos stocks de carbono presentes na paisagem de Deilão.

É evidente o aumento das áreas ocupadas com as duas classes superiores, as quais compreende os valores com stocks de carbono com mais de 35 t/ha. Este aumento justifica-se quer pela expansão quer pelo crescimento das plantações florestais.

Os valores de carbono da data inicial inferiores a 5 t/ha, representam essencialmente as áreas agrícolas e/ou áreas com vegetação esparsa (Figura 6). Estas áreas são dominantes também em todas as datas subsequentes devido à manutenção de áreas que pela recorrência do fogo se vão classificando como áreas de vegetação esparsa e das áreas agrícolas que vão sendo abandonadas ou convertidas noutra tipo de culturas.

As três restantes classes intermédias representam essencialmente as áreas cujo tipo de ocupação são os matos (estevais, urzais e giestais) e as áreas florestais de povoamentos mais jovem (Figura 6). Estas três classes vão sofrendo modificações quer pelo envelhecimento das áreas florestais, quer pelas áreas agrícolas que vão mudando de uso quer ainda de uma forma mais evidentes pelas áreas que vão sendo moldadas pela acção do fogo.



**Figura 6** - Evolução e localização dos stocks de carbono na freguesia de Deilão (1958-2006).

## 6. CONCLUSÕES

No período compreendido entre 1958 e 2006 o carbono retido na paisagem da Freguesia de Deilão aumentou 360 %.

No ano de 1958 a paisagem de Deilão fixava um total de 20.572 t de C e no ano de 2006 esse valor era de 75.449 t, o que corresponde a uma taxa média anual de fixação de carbono da ordem de 0,27t/ha/ano.

A densidade média de carbono na paisagem da freguesia de Deilão aumentou de 4,9 t/ha para 17,97 t/ha entre 1958 e 2006, essencialmente devido ao contributo das áreas florestais.

As áreas ocupadas pelas classes de carbono superiores a 35 t/ha aumentaram muito significativamente na paisagem.

As alterações estruturais e de funcionamento da paisagem, nomeadamente as relacionadas com o abandono da agricultura e a ocorrência de incêndios, modificam significativamente os valores de carbono sequestrado à escala da paisagem.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Albani M., Medvigy D., Hurtt G.C. and Moorcroft P.R. (2006). The contributions of land-use change, CO<sub>2</sub> fertilization, and climate variability to the Eastern US carbon sink. *Global Change Biology* (2006) 12, 2370–2390.
- Arevalo C.B.M., Bhatti J.S., Chang S.X., Sidders D. (2009). Ecosystem carbon stocks and distribution under different land-uses in north central Alberta, Canada, *Forest Ecology and Management*, Volume 257, Issue 8, 31 March 2009, Pages 1776-1785, ISSN 0378-1127, DOI: 10.1016/j.foreco.2009.01.034. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6X-4VP1CMS-4/2/5e57dd962f9c84c232d970dbe9e3fb76>) Keywords: Populus; Tree plantations; Hybrid poplars; Particle-size fractions; Carbon sequestration; <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N natural abundance
- Bala G., Caldeira K., Wickett M., Phillips T.J., Lobell D.B., Delire C., Mirin A. (2007). Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 104 6550–5
- Bousquet P., Peylin P., Ciais P., Quéré C., Friedlingstein P., Tans P.P. (2000). Regional Changes in Carbon Dioxide Fluxes of Land and Oceans Since 1980. *Science* 290 (5495), 1342.
- Branco C.L. (1994). Avaliação qualitativa e quantitativa de dois povoamentos de *Pinus pinaster* Ait. no Perímetro Florestal de Deilão. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária. Trabalho de Fim de Curso para obtenção de grau de bacharel em Gestão de Recursos Florestais.
- Caetano M., Nunes V., Araújo A. (2006). Manual da Carta de Ocupação do Solo de 2005 para Portugal Continental. Instituto Geográfico Português, Grupo de Detecção Remota ([www.igeo.pt/gdr](http://www.igeo.pt/gdr)).
- Canadell J.C., Kirschbaum M., Kurz W., Sanz M-J., Schlamadinger B., Yamagata Y. (2007) Factoring out natural and indirect human effects on terrestrial carbon sources and sinks (pdf, 461Kb). *Environment and Science Policy* 10: 370-384.
- Canadell JG, Raupach MR (2008). Managing Forests for Climate Change Mitigation. (pdf, 325Kb) *Science* 320, 1456-1457, doi: 10.1126/science.1155458.
- Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Trexler M.C., Wisniewski J. (1994). Carbon pools and flux global forest ecosystems. *Science* 263, 185-190.
- Fearnside P.M. (2007). Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. *Revista SEB*, ano 10-2. Indd.

- Fonseca F.M.S. (2005). Técnicas de Preparação do Terreno em Sistemas Florestais, Implicações no Solo e no Comportamento das Plantas. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 2005.
- IPB, ICN (INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA; INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA), 2007 – Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho – Caracterização. Bragança.
- Jackson R.B., Randerson J.T., Canadell J.G., Anderson R., Avissar R., Baldocchi D.D., Bonan G.B., Caldeira K., Diffenbaugh N.S., Field C.B., Hungate B.A., Jobbágy E.G., Kueppers L.M., Noyelle M.D., Pataki D.E. (2008). Protecting Climate with Forests. (pdf, 460Kb) *Environmental Research Letters* 3, doi:10.1088/1748-9326/3/4/044006.
- J. T. Randerson, H. Liu, M. G. Flanner, S. D. Chambers, Y. Jin, P. G. Hess, G. Pfister, M. C. Mack, K. K. Treseder, L. R. Welp, F. S. Chapin, J. W. Harden, M. L. Goulden, E. Lyons, J. C. Neff, E. A. G. Schuur, C. S. Zender<sup>1</sup> (2006). The impact of boreal forest fire on climate warming *Science* 314 1130–2
- Kollmann F.(1959). Tecnología de la madera y sus aplicaciones.Tomo Primero. IFIE, Madrid.
- Le Quéré C., Raupach M.R., Canadell J.G., Marland G., Bopp L., Ciais P., Conway T.J., Doney S.C., Feely R.A., Foster P., Friedlingstein P., Gurney K., Houghton R.A., House J.I., Huntingford C., Levy P.E., Lomas M.R., Majkut J., Metzl N., Ometto J.P., Peters G.P., Prentice I.C., Randerson J.T., Running S.W., Sarmiento J.L., Schuster U., Sitch S., Takahashi T., Viovy N., Van der Werf G.R. e Woodward F.I. (2009) Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience* 2, doi: 10.1038/ngeo689
- Martins N.M.S. (2005). Contribuição para um Plano de Gestão Florestal do Baldio de Vila Meã (Parque Natural de Montesinho). Relatório final de estágio para obtenção de licenciatura em Engenharia Florestal. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária.
- Montero, G; Ruiz-Peinado, R; Muñoz, M (2005). Producción de biomassa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles. Monografias INIA: Serie Florestal. N.º13-2005ISBN:84-7498-509-9.
- Martins A., Raimundo F., Duarte J., Farropas L., Mano R., Sousa V., Lourenço M., Aranha J., Madeira M. (2009). O Carbono nos Solos Florestais de Portugal Continental e Relações com Factores Ambientais. Actas do 6º CONGRESSO

FLORESTAL NACIONAL, Ponta Delgada, Tema 1: Floresta Ambiente e Biodiversidade. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. 91-99.

Ordoñez A., Masera O. (2001). Almacenamiento de carbon em bosque de Pinus pseudostrobus an San Juan Nuevo, Michoacán. Madera y Bosque 7(2), 27-49.

Peccol E., Bird A.C. e Brewer T.R. (1996). GIS as a tool for assessing the influence of countryside designations and planning policies on landscape changes. Journal of Environmental Management 355-367.

Possacos A.S. (2008). Influência de manchas de azinhal na dinâmica espacial de fogos florestais. Universidade dos Açores. Tese de Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza. Bragança, Dezembro de 2008.

Ramos M. A. B. (2008). Matos do Parque Natural de Montesinho – Erosão Hídrica e Dinâmica do Carbono: Um estudo à micro-escala com Simulação de Chuva. UNIVERSIDADE DOS AÇORES. Tese de Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza. Bragança, Julho de 2008.

Rosa J.L.N. (2006). Efeitos dos Ungulados Bravios na Agricultura e Floresta no Parque Natural de Montesinho, O Caso da Zona de Caça Nacional da Lombada. Universidade dos Açores. Tese de Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza. Bragança, Dezembro de 2006.

Schulp, Catharina J.E., Nabuurs Gert-Jan, Verburg P.H. (2008). Future carbon sequestration in Europe--Effects of land use change, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 127, Issues 3-4, September 2008, Pages 251-264, ISSN 0167-8809, DOI:10.1016/j.agee.2008.04.010.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T3Y-4SMF279-1/2/add44df4ceff185e28ff330c3f4c511f>

Silveira P., Koehler H.S., Sanquetta C.R., Arce J.E. (2008). O Estado da Arte na Estimativa de Biomassa e Carbono em Formações Florestais. FLORESTA, Curitiba, v. 38, n.º 1, Jan./Mar. 2008.

Somogyi Z., Cienciala E., Mäkipää R., Muukkonen P., Lehtonen A., Weiss P. (2007a). Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. European Journal of Forest Research 126 (2): 197-207.

Somogyi Z., Teobaldelli M., Federici S., Matteucci G., Pagliari V., Grassi G., Seufert G. (2008). Allometric biomass and carbon factors database. iForest 1:107-113 [online: 2009-11-09] URL: <http://www.sisef.it/iforest/>

Tomé M. e Pereira J.S. (sem data). Mitigação das emissões de CO<sub>2</sub> fóssil pelas Florestas. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais. Consultado em 21 de Novembro de 2008 a partir de:<http://www.embar.pt/conteudos/File/Noticias/2008/280%20Mitigao%20das%20emissoes%20co2.pdf>.

Turner D.P., Guzy M., Lefsky M.A., Ritts W.D., Tuyl S.V. e Law B.E. (2004). Monitoring Forest Carbon Sequestration with Remote Sensing and Carbon Cycle Modeling. Environmental Management Vol. 33, No. 4, pp. 457–466

Zeng N. (2008). Carbon sequestration via wood burial. Carbon Balance and Management, 2008,3:1doi:10.1186/1750-0680-3-1.

Páginas da internet consultadas:

<http://www.ipcc.ch> (acedido em 2/10/2008)

<http://www.igeo.pt/produtos/cadastro/caop/inicial.htm> (acedido em 20/03/2008)

<http://www.afn.min-agricultura.pt/portal> (acedido em 24/08/2009)

<http://portal.icnb.pt/ICNPortal/vPT2007/> (acedido em 12/04/2009)

<http://www.ine.pt> (acedido em 5/05/2009)

## **8. ANEXOS**

ANEXO I - Legenda COS'05 adaptada.

CLASSE NÍVEL 1		CLASSE NÍVEL 2		CLASSE NÍVEL 3		CLASSE NÍVEL 4		CLASSE NÍVEL 5			
Cód.	Nomenclatura	Cód.	Nomenclatura	Cód.	Nomenclatura	Cód.	Nomenclatura	Cód.	Nomenclatura		
1	Territórios artificializados	11	Tecido urbano contínuo	111	Tecido urbano contínuo predominantemente horizontal	1112	Tecido urbano contínuo predominantemente horizontal	11121	Aglomerado urbano		
		12	Indústria, comércio e transportes	121	Indústria, comércio e equipamentos gerais	1213	Instalações agrícolas	12131	Instalações agrícolas		
		13	Áreas de extracção mineira, áreas de deposição de resíduos e estaleiros	131	Áreas em construção	1331	Áreas em construção	13311	Áreas em construção		
2	Áreas agrícolas	21	Culturas anuais	211	Culturas anuais de sequeiro	2111	Culturas anuais de sequeiro	21111	Culturas anuais de sequeiro		
		22	Vinha	221	Vinha	2211	Vinha	22111	Vinha		
		22	Pomar	222	Pomar	2221	Pomar	22211	Pomar		
		22	Olivais	223	Olivais	2231	Olivais	22311	Olivais		
		23	Pastagens	231	Pastagens	2311	Pastagens	23111	Lameiros		
		24	Áreas agrícolas heterogéneas	242	Sistemas culturais e parcelares complexos	2421	Sistemas culturais e parcelares complexos	24211	Sistemas culturais e parcelares complexos		
		243		Agricultura com espaços naturais	2431	Agricultura com espaços naturais	24311	Agricultura com espaços naturais			
		244		Sistemas agro-florestais (SAF)	2442	SAF de castanheiro com resinosas e culturas anuais	24424	SAF de castanheiro com resinosas e culturas anuais			
244	Sistemas agro-florestais (SAF)	2444		SAF de castanheiro	24441	SAF de castanheiro					
3	Florestas	31	Florestas	311	Florestas de folhosas	3112	Florestas de azinheira	31121	Florestas de azinheira		
				312	Florestas de resinosas	3121	Florestas de pinheiro bravo	31211	Florestas de pinheiro bravo		
				313	Florestas mistas	3139	Florestas de pinheiro bravo com folhosas	31391	Florestas de pinheiro bravo com folhosas		
		32	Florestas	324	Florestas abertas, cortes e novas plantações	3240	Florestas abertas	32401	Florestas abertas de azinheira		
						3240	Florestas abertas	32405	Florestas abertas de pinheiro bravo		
				3243	Novas plantações	32409	Florestas abertas de pinheiro bravo com folhosas				
				3243	Novas plantações	32433	Novas plantações				
				42	Vegetação arbustiva, vegetação herbácea e florestas abertas	422	Matos	4221	Estevais	42211	Estevais densos
								4221	Estevais	42212	Estevais pouco densos
								4222	Giestais	42221	Giestais densos
4222	Giestais	42222	Giestais pouco densos								
4223	Urzais	42231	Urzais densos								
43	Zonas descobertas e com pouca vegetação	431	Áreas de vegetação esparsa	4311	Áreas de vegetação esparsa	43111	Áreas de vegetação esparsa				
				432	Áreas ardidas	4321	Áreas ardidas	43211	Áreas ardidas		

**ANEXO II – Tabelas de cálculo de biomassa e estimativas de carbono por classes de nível 5.**

OCUPAÇÃO DO SOLO-1958 ÁREAS AGRÍCOLAS	Área (ha)	Carga de combustível (t/ha)	Biomassa Aérea (t)	Biomassa Radicular (t)	BIOMASSA (t/ha)	BIOMASSA TOTAL (t)	CARBONO TOTAL(t)	CARBONO (t/ha)
Culturas anuais de sequeiro	764.03	6.7	5119.00	2559.50	10.05	7,678.50	3,839.25	5.03
Agricultura com espaços naturais	491.95	1.6	787.12	393.56	2.40	1,180.68	590.34	1.20
Sistemas culturais e parcelares complexos	719.62	1.6	1151.39	575.70	2.40	1,727.09	863.54	1.20
Pastagens - Lameiros	251.31	1.6	402.10	201.05	2.40	603.14	301.57	1.20
Vinhas	1.30	7.8	10.14	5.07	11.70	15.21	7.61	5.85
<b>TOTAL</b>	<b>2228.21</b>					<b>11,204.62</b>	<b>5,602.31</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-1958 ÁREAS FLORESTAIS	Área (ha)	BIOMASSA AÉREA						BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA (t/ha)	BIOMASSA TOTAL (t)	CARBONO TOTAL(t)	CARBONO (t/ha)
		Árvore (t)	N (arv./ha)	Total A (t/ha)	Folhada (t/ha)	V.arbustiva (t/ha)	Total BA (t/ha)	(t/arv.)	Total R (t)				
Florestas de azinheira	24.18	0.0306	1437	43.97	7	4.66	55.63	0.0336	48.28	103.92	2,512.67	1,193.52	49.36
Florestas abertas de azinheira	5.49	0.0306	719	22.00	7	4.66	33.66	0.0336	24.16	57.82	317.43	150.78	27.46
Novas plantações	3.43	0.0028	2250	6.30	0	0	6.30	0.001	2.25	8.55	29.33	14.99	4.37
<b>TOTAL</b>	<b>33.10</b>										<b>2,859.43</b>	<b>1,359.29</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-1958 ÁREAS SEMI-NATURAIS	Área (ha)	BIOMASSA AÉREA				BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA (t/ha)	BIOMASSA TOTAL (t)	CARBONO TOTAL(t)	CARBONO (t/ha)
		(t/ha)	Folhada (t/ha)	Total (t/ha)	Total (t)	(t/ha)	Total (t)				
Estevais densos	389.10	9.48	2.3	11.78	4,583.60	3.20	1,245.12	14.98	5,828.72	2,914.36	7.49
Estevais pouco densos	818.00	3.16	2.3	5.46	4,466.28	1.07	875.26	6.53	5,341.54	2,670.77	3.27
Giestais pouco densos	182.29	2.81	2.3	5.11	931.50	0.76	138.54	5.87	1,070.04	535.02	2.94
Urzais densos	437.45	12.22	2.3	14.52	6,351.77	17.13	7,493.52	31.65	13,845.29	6,922.65	15.83
Urzais pouco densos	95.43	4.07	2.3	6.37	607.89	5.71	544.91	12.08	1,152.79	576.40	6.04
<b>TOTAL</b>	<b>1922.27</b>								<b>27,238.39</b>	<b>13,619.19</b>	

ANEXO II – Continuação.

OCUPAÇÃO DO SOLO-1968	Área	Carga de combustível	Biomassa Aérea	Biomassa Radicular	BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
ÁREAS AGRÍCOLAS	(ha)	(t/ha)	(t)	(t)	(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	(t/ha)
Culturas anuais de sequeiro	520.04	6.7	3484.27	1742.13	10.05	5,226.40	2,613.20	5.03
Agricultura com espaços naturais	581.73	1.6	930.77	465.38	2.40	1,396.15	698.08	1.20
Sistemas culturais e parcelares complexos	469.63	1.6	751.41	375.70	2.40	1,127.11	563.56	1.20
Pastagens - lameiros	293.69	1.6	469.90	234.95	2.40	704.86	352.43	1.20
Pomares	4.31	1.6	6.90	3.45	2.40	10.34	5.17	1.20
Vinha	2.38	7.8	18.56	9.28	11.70	27.85	13.92	5.85
<b>TOTAL</b>	<b>1871.78</b>					<b>8,492.71</b>	<b>4,246.36</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-1968	Área	BIOMASSA AÉREA						BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
		Árvore	N	Total	Folhada	V.arbustiva	Total A	(t/arb.)	Total R (t)				
ÁREAS FLORESTAIS	(ha)	(t)	(arb./ha)	A (t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t)			(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	t/ha
Florestas de azinheira	74.09	0.0306	1437	43.97	7	4.66	55.63	0.0336	48.28	103.92	7,699.09	3,657.07	49.36
Florestas abertas de pinheiro bravo	6.23	0.0028	1875	5.25	10	11.16	26.41	0.0010	1.88	28.29	176.22	90.05	14.45
Novas plantações	378.90	0.0028	2250	6.30	0	0	6.30	0.0010	2.25	8.55	3,239.60	1,655.43	4.37
<b>TOTAL</b>	<b>459.22</b>										<b>11,114.90</b>	<b>5,402.55</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-1968	Área	BIOMASSA AÉREA				BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
		(t/ha)	Folhada (t/ha)	Total (t/ha)	Total (t)	(t/ha)	Total (t)				
ÁREAS SEMI-NATURAIS	(ha)										
Estevais densos	420.03	9.48	2.3	11.78	4,947.95	3.20	1,344.10	14.98	6,292.05	3,146.02	7.49
Estevais pouco densos	402.62	3.16	2.3	5.46	2,198.31	1.07	430.80	6.53	2,629.11	1,314.55	3.27
Giestais densos	13.92	8.42	2.3	10.72	149.22	2.28	31.74	13.00	180.96	90.48	6.50
Giestais pouco densos	222.48	2.81	2.3	5.11	1,136.87	0.76	169.08	5.87	1,305.96	652.98	2.94
Urzais densos	431.30	12.22	2.3	14.52	6,262.48	17.13	7,388.17	31.65	13,650.65	6,825.32	15.83
Urzais pouco densos	359.52	4.07	2.3	6.37	2,290.14	5.71	2,052.86	12.08	4,343.00	2,171.50	6.04
<b>TOTAL</b>	<b>1849.87</b>								<b>28,401.72</b>	<b>14,200.86</b>	

ANEXO II – Continuação.

OCUPAÇÃO DO SOLO-1980	Área	Carga de combustível	Biomassa Aérea	Biomassa Radicular	BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
ÁREAS AGRÍCOLAS	(ha)	(t/ha)	(t)	(t)	(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	(t/ha)
Culturas anuais de sequeiro	668.78	6.7	4480.83	2240.41	10.05	6,721.24	3,360.62	5.03
Agricultura com espaços naturais	158.20	1.6	253.12	126.56	2.40	379.68	189.84	1.20
Sistemas culturais e parcelares complexos	664.11	1.6	1062.58	531.29	2.40	1,593.86	796.93	1.20
Pastagens - lameiros	275.83	1.6	441.33	220.66	2.40	661.99	331.00	1.20
Pomares - castanheiros	11.66	1.6	18.66	9.33	2.40	27.98	13.99	1.20
<b>TOTAL</b>	<b>1778.58</b>					<b>9,384.76</b>	<b>4,692.38</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-1980	Área	BIOMASSA AÉREA						BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
		Árvore	N	Total	Folhada	V.arbustiva	Total	(t/arv.)	Total				
ÁREAS FLORESTAIS	(ha)	(t)	(arv./ha)	A	(t/ha)	(t/ha)	BA	(t/ha)	BR	(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	t/ha
Florestas de azinheira	289.96	0.0306	1437	43.97	7	4.66	55.63	0.0336	48.28	103.92	30,131.31	14,312.37	49.36
Florestas abertas de pinheiro bravo	111.59	0.0158	937	14.80	10	11.16	35.96	0.0051	4.78	40.74	4,546.54	2,323.28	20.82
Florestas de pinheiro bravo	266.65	0.0158	1875	29.63	10	11.16	50.79	0.0051	9.56	60.35	16,091.66	8,222.84	30.84
Novas plantações	355.44	0.0028	2250	6.30	0	0	6.30	0.0010	2.25	8.55	3,039.01	1,552.94	4.37
<b>TOTAL</b>	<b>1023.64</b>										<b>53,808.53</b>	<b>26,411.43</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-1980	Área	BIOMASSA AÉREA				BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
		(t/ha)	Folhada	Total	Total	(t/ha)	Total				
ÁREAS SEMI-NATURAIS	(ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t)	(t/ha)	(t)	(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	t/ha
Estevais densos	301.22	9.48	2.3	11.78	3,548.37	3.20	963.90	14.98	4,512.28	2,256.14	7.49
Estevais pouco densos	369.48	3.16	2.3	5.46	2,017.36	1.07	395.34	6.53	2,412.70	1,206.35	3.27
Giestais densos	2.74	8.42	2.3	10.72	29.37	2.28	6.25	13.00	35.62	17.81	6.50
Giestais pouco densos	69.52	2.81	2.3	5.11	355.25	0.76	52.84	5.87	408.08	204.04	2.94
Urzais densos	231.97	12.22	2.3	14.52	3,368.20	17.13	3,973.65	31.65	7,341.85	3,670.93	15.83
Urzais pouco densos	288.30	4.07	2.3	6.37	1,836.47	5.71	1,646.19	12.08	3,482.66	1,741.33	6.04
Vegetação esparsa	114.66	1.6	0.00	1.60	183.46	0.80	91.73	2.40	275.18	137.59	1.20
<b>TOTAL</b>	<b>1377.89</b>								<b>18,468.38</b>	<b>9,234.19</b>	

ANEXO II – Continuação.

OCUPAÇÃO DO SOLO-1992	Área	Carga de combustível	Biomassa Aérea	Biomassa Radicular	BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
ÁREAS AGRÍCOLAS	(ha)	(t/ha)	(t)	(t)	(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	(t/ha)
Culturas anuais de sequeiro	316.12	6.7	2118.004	1059.002	10.05	3177.01	1588.50	5.03
Olivais	3.84	1.6	6.144	3.072	2.4	9.22	4.61	1.20
Agricultura com espaços naturais	316.12	1.6	505.792	252.896	2.4	758.69	379.34	1.20
Sistemas culturais e parcelares complexos	439.69	1.6	703.504	351.752	2.4	1055.26	527.63	1.20
Pastagens	270.06	1.6	432.096	216.048	2.4	648.14	324.07	1.20
SAF de castanheiro com resinosas e culturas anuais	439.69	4.5	1978.605	989.3025	6.75	2967.91	1483.95	3.38
Pomares	13.71	1.6	21.936	10.968	2.4	32.90	16.45	1.20
<b>TOTAL</b>	<b>1799.23</b>					<b>8649.12</b>	<b>4324.56</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-1992	Área	BIOMASSA AÉREA						BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
		Árvore	N	Total	Folhada	V.arbustiva	Total	(t/árv.)	Total BR				
ÁREAS FLORESTAIS	(ha)	(t)	(ár./ha)	A	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	t/ha
Florestas de azinheira	90.2	0.0306	1437	43.97	7	4.66	55.63	0.0336	48.2832	103.9154	9373.17	4452.26	49.36
Florestas abertas de azinheira	99.6	0.0306	719	22.00	7	4.66	33.66	0.0336	24.1584	57.8198	5758.85	2735.45	27.46
Florestas abertas de pinheiro bravo	204.93	0.0435	937	40.76	10	11.16	61.92	0.0134	12.5558	74.4753	15262.22	7799.00	38.06
Florestas abertas de pinheiro bravo com folhosas	4.45	0.0435	937	40.76	10	11.16	61.92	0.0134	12.5558	74.4753	331.42	169.35	38.06
Florestas de pinheiro bravo	480.95	0.0435	1875	81.56	10	11.16	102.72	0.0134	25.125	127.8475	61488.26	31420.50	65.33
Florestas de pinheiro bravo com folhosas	42.44	0.0435	1875	81.56	10	11.16	102.72	0.0134	25.125	127.8475	5425.85	2772.61	65.33
Novas plantações	586.08	0.0028	2250	6.30	0	0	6.30	0.001	2.25	8.55	5010.98	2560.61	4.37
<b>TOTAL</b>	<b>1508.65</b>										<b>102,650.75</b>	<b>51,909.78</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-1992	Área	BIOMASSA AÉREA				BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
		(t/ha)	Folhada	Total	Total	(t/ha)	Total				
ÁREAS SEMI-NATURAIS	(ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(t)	(t/ha)	(t)	(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	t/ha
Estevais densos	153.7	9.48	2.3	11.78	1810.586	3.2	491.84	14.98	2302.43	1151.21	7.49
Estevais pouco densos	368.6	3.16	2.3	5.46	2012.556	1.07	394.402	6.53	2406.96	1203.48	3.27
Giestais densos	16.52	8.42	2.3	10.72	177.0944	2.28	37.6656	13	214.76	107.38	6.50
Giestais pouco densos	109.31	2.81	2.3	5.11	558.5741	0.76	83.0756	5.87	641.65	320.82	2.94
Urzais densos	154.91	12.22	2.3	14.52	2249.293	17.13	2653.6083	31.65	4902.90	2451.45	15.83
Urzais pouco densos	114.03	4.07	2.3	6.37	726.3711	5.71	651.1113	12.08	1377.48	688.74	6.04
Vegetação esparsa	1.61	1.6	0	1.6	2.576	0.8	1.288	2.4	3.86	1.93	1.20
<b>TOTAL</b>	<b>918.68</b>								<b>11850.04</b>	<b>5925.02</b>	

**ANEXO II – Continuação.**

OCUPAÇÃO DO SOLO-2006	Área	Carga de combustível	Biomassa Aérea	Biomassa Radicular	BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
ÁREAS AGRÍCOLAS	(ha)	(t/ha)	(t)	(t)	(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	(t/ha)
Culturas anuais de sequeiro	263.56	6.7	1765.85	882.93	10.05	2,648.78	1,324.39	5.03
Olivais	3.84	1.6	6.14	3.07	2.40	9.22	4.61	1.20
Agricultura com espaços naturais	342.26	1.6	547.62	273.81	2.40	821.42	410.71	1.20
Sistemas culturais e parcelares complexos	472.90	1.6	756.64	378.32	2.40	1,134.96	567.48	1.20
Pastagens - lameiros	288.08	1.6	460.93	230.46	2.40	691.39	345.70	1.20
SAF de castanheiro	97.63	4.5	439.34	219.67	6.75	659.00	329.50	3.38
SAF de castanheiro com resinosas e culturas anuais	74.75	4.5	336.38	168.19	6.75	504.56	252.28	3.38
<b>TOTAL</b>	<b>1543.02</b>				<b>33.15</b>	<b>6,469.34</b>	<b>3,234.67</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-2006	Área	BIOMASSA AÉREA						BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
		Árvore(t)	N (arv/ha)	Total Arv.(t/ha)	Folhada (t/ha)	V.arbustiva (t/ha)	Total BA (t/ha)	(t/arv.)	Total BR (t/ha)				
ÁREAS FLORESTAIS	(ha)								(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	t/ha	
Florestas de azinheira	132.44	0.0306	1437	43.97	7	4.66	55.63	0.0336	48.28	103.92	13,762.56	6,537.21	49.36
Florestas abertas de azinheira	47.87	0.0306	719	22.00	7	4.66	33.66	0.0336	24.16	57.82	2,767.83	1,314.72	27.46
Florestas abertas de pinheiro bravo	479.38	0.0435	1050	45.68	10	11.16	66.84	0.0134	14.07	80.91	38,784.24	19,818.75	41.34
Florestas abertas de pinheiro bravo com folhosas	15.96	0.0435	1050	45.68	10	11.16	66.84	0.0134	14.07	80.91	1,291.24	659.83	41.34
Florestas de pinheiro bravo	430.15	0.0435	2100	91.35	10	11.16	112.51	0.0134	28.14	140.65	60,500.60	30,915.81	71.87
Florestas de pinheiro bravo com folhosas	92.49	0.0435	2100	91.35	10	11.16	112.51	0.0134	28.14	140.65	13,008.72	6,647.46	71.87
Novas plantações	155.52	0.0028	2250	6.30	0	0	6.30	0.0010	2.25	8.55	1,329.70	679.47	4.37
<b>TOTAL</b>	<b>1353.81</b>										<b>131,444.88</b>	<b>66,573.24</b>	

OCUPAÇÃO DO SOLO-2006	Área	BIOMASSA AÉREA				BIOMASSA RADICULAR		BIOMASSA	BIOMASSA	CARBONO	CARBONO
		(t/ha)	Folhada (t/ha)	Total (t/ha)	Total (t)	(t/ha)	Total (t)				
ÁREAS SEMI-NATURAIS	(ha)						(t/ha)	TOTAL (t)	TOTAL(t)	t/ha	
Estevais densos	268.54	9.48	2.3	11.78	3,163.40	3.20	859.33	14.98	4,022.73	2,011.36	7.49
Estevais pouco densos	109.80	3.16	2.3	5.46	599.51	1.07	117.49	6.53	716.99	358.50	3.27
Giestais densos	55.77	8.42	2.3	10.72	597.85	2.28	127.16	13.00	725.01	362.51	6.50
Giestais pouco densos	23.21	2.81	2.3	5.11	118.60	0.76	17.64	5.87	136.24	68.12	2.94
Urzais densos	73.29	12.22	2.3	14.52	1,064.17	17.13	1,255.46	31.65	2,319.63	1,159.81	15.83
Urzais pouco densos	162.07	4.07	2.3	6.37	1,032.39	5.71	925.42	12.08	1,957.81	978.90	6.04
Áreas ardidas	542.86	1.6	0.00	1.60	868.58	0.80	434.29	2.40	1,302.86	651.43	1.20
Vegetação esparsa	42.14	1.6	0.00	1.60	67.42	0.80	33.71	2.40	101.14	50.57	1.20
<b>TOTAL</b>	<b>1277.68</b>								<b>11,282.41</b>	<b>5,641.21</b>	