



**SEQUESTRO DE CARBONO PELA FLORESTA PORTUGUESA:  
POSSÍVEIS CENÁRIOS DE VALORIZAÇÃO ECONÓMICA**

Por

Diana Maria Machado do Vale

**Dissertação de Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente**

Orientada por

Professora Doutora Cristina Chaves

**2014**

## **Nota Biográfica**

A candidata concluiu a Licenciatura em Gestão pela Faculdade de Economia do Porto em 2007. Durante o ano de 2006 e 2007 no âmbito do estágio curricular inerente à licenciatura desempenhou funções de tesoureira e assistente comercial numa dependência bancária. Em 2008 passou a desempenhar funções de assessora de direção e de apoio ao departamento financeiro numa empresa do ramo automóvel. Em 2012 inicia o Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente. Atualmente desempenha funções no departamento financeiro de uma empresa de formação.

## **Agradecimentos**

Á minha mãe por todo o incentivo e motivação para que frequenta-se este mestrado e por todo o apoio e compreensão nos momentos menos fáceis.

Um agradecimento especial à Professora Doutora Cristina Chaves pelo interesse, empenho, disponibilidade e dedicação ao longo da orientação desta tese de mestrado.

Agradeço o apoio dos amigos, que a percorrem este mesmo caminho partilharam incertezas e dissiparam dúvidas inerentes a este trajeto.

Um agradecimento ao Professor Doutor João Santos Pereira pela sua atenção e disponibilidade em responder às dúvidas colocadas e ao seu empenho em prestar os respetivos esclarecimentos.

Um agradecimento também à Eng.<sup>a</sup> Rosário Alves e ao Eng.<sup>o</sup> Jorge Cunha da Forestis - Associação Florestal de Portugal – pela disponibilidade e solicitude em acompanhar este estudo e contribuírem com os seus conhecimentos para o mesmo.

## Resumo

É do senso comum que a floresta é importante para o bem-estar humano, todavia, nem todos os benefícios proporcionados pela mesma são tidos em conta nas decisões sobre a proteção e conservação florestal, dado que não têm expressão monetária ou valor de mercado. A falta de valorização dos serviços dos ecossistemas florestais é a base para o desenvolvimento deste estudo, que se foca na valorização do sequestro de carbono pelas florestas portuguesas. Com o objetivo de obter uma estimativa para o valor do sequestro de carbono foi utilizada a quantidade de CO<sub>2</sub> sequestrada pelas espécies dominantes da floresta nacional, a área em hectares que ocupam essas mesmas espécies tendo como ano de referência 2010 e, como *proxy* do preço unitário do CO<sub>2</sub>, o valor das licenças de emissão de carbono no Comércio Europeu de Licenças de Emissão. Dado que os valores da quantidade de CO<sub>2</sub> sequestrado são definidos em intervalos e que os preços das licenças de emissão de carbono são voláteis, são estabelecidos cenários para os diferentes valores obtidos para o serviço de sequestro de carbono fornecido pelo ecossistema da floresta portuguesa. Mesmo um cenário projetado de forma mais comedida utilizando os limites inferiores de sequestro pelas espécies e o preço mínimo registado das licenças de emissão, permite obter um valor para o serviço de sequestro de carbono pelas espécies predominantes na floresta portuguesa de aproximadamente 64 milhões de euros por ano. Deste modo, este estudo tem como propósito adicionar informação à já disponível sobre o contributo da floresta portuguesa, tanto em termos económicos como ambientais, nomeadamente demonstrando o valor económico do sequestro de carbono, para que futuras decisões sobre a proteção e conservação da floresta possam começar a contemplar a sua real importância e valor.

**Palavras-chave:** serviços de ecossistemas florestais, sequestro de carbono, valorização económica, proteção da floresta.

## *Abstract*

It is common sense that the forest is important to human well-being, however, not all the same benefits are taken into account in decisions about forest protection and conservation, because they have no market value. The lack of appreciation of the services of forest ecosystems is the basis for the development of this study, which focuses on the value of carbon sequestration by Portuguese forests. Aiming to get an estimate for the value of carbon sequestration, the amount of CO<sub>2</sub> sequestered by the dominant species of the national forest, the area in hectares occupying these same species (having as reference year 2010) and, as a proxy of the unit price of CO<sub>2</sub>, the carbon price in the European Emission Trading System were used. Since the values of the amount of CO<sub>2</sub> sequestered are defined in intervals and due to the volatility of the price of carbon allowances, scenarios were established for the different values obtained for the carbon sequestration service provided by the Portuguese forest ecosystem. Even the “lowest” scenario using the lower limits of carbon sequestration by species and the minimum price of allowances, gives a value for the service of carbon sequestration by the predominant species in the Portuguese forest of approximately 64 million € per year. Thus, this study aims to add information on the contribution of Portuguese forests both in economic and environmental terms, namely, demonstrating the economic value of carbon sequestration, so that future decisions about the protection and conservation of forest begin to include its real importance and value.

**Keywords:** forest ecosystem services, carbon sequestration, economic valuation, forest protection.

## Índice

Nota Biográfica.....	ii
Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	iv
Abstract.....	v
Lista de abreviaturas .....	vii
Índice de figuras.....	viii
Índice de tabelas.....	ix
1. Introdução .....	1
2. Estado da Arte.....	3
2.1. Serviços dos ecossistemas florestais .....	3
2.2. Floresta e valorização económica .....	9
2.3. Sequestro de carbono - possíveis métodos de valorização.....	13
3. O caso português - floresta e sequestro de carbono: uma breve caracterização.....	20
3.1. Introdução e Enquadramento Legal .....	20
3.2. Área Florestal em Portugal.....	24
3.3. Sequestro de carbono por espécie .....	30
4. Sequestro de carbono pela floresta portuguesa - cenários de valoração.....	33
4.1. Metodologia .....	33
4.2. Cenários.....	39
4.3. Resultados .....	43
5. Conclusões .....	45
Bibliografia .....	48
Anexos .....	56

## **Lista de abreviaturas**

CMC - Comité de Mudanças Climáticas

CELE - Comércio Europeu de Licenças de Emissão

CF - Código Florestal

CH<sub>4</sub> - Metano

CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono

DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia

DL - Decreto-lei

ENF - Estratégia Nacional para as Floresta

EUA - *European Union Allowances*

GEE - Gases de efeito estufa

ha - Hectares

ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

INE - Instituto Nacional de Estatística

LBPF - Lei de Bases da Política Florestal

MAMAOT - Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território

MEA - *Millennium Ecosystem Assessment*

Mt – Milhões de toneladas

N<sub>2</sub>O - Óxido nitroso

ONG - Organizações Não-Governamentais

PDSFP - Plano de Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa

PEIF - Planos Específicos de Intervenção Florestal

PIB - Produto Interno Bruto

PGF - Planos de Gestão Florestal

PROF - Planos Regionais de Ordenamento Florestal

t - tonelada

UE - União Europeia

VAB - Valor Acrescentado Bruto

WWF - *World Wide Fund*

ZIF - Zonas de Intervenção Florestal

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Funções do ecossistema florestal .....	6
<b>Figura 2:</b> Alguns dos métodos de valorização dos serviços dos ecossistemas, especialmente florestais .....	15
<b>Figura 3:</b> Evolução dos usos do solo em Portugal continental entre 1995 e 2010 .....	24
<b>Figura 4:</b> Distribuição dos usos do solo em Portugal continental para 2010 .....	25
<b>Figura 5:</b> Evolução das áreas totais por espécie em Portugal continental entre 1995 e 2010 .....	27
<b>Figura 6:</b> Distribuição das áreas totais por espécies em Portugal continental para 2010.....	28
<b>Figura 7:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> entre 2008 e 2012 segunda fase .....	34
<b>Figura 8:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> entre 2013 e Maio de 2014 - terceira fase, a decorrer.....	35
<b>Figura 9:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> entre 2008 e Maio de 2014 .....	36
<b>Figura I.1:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> ano 2008.....	56
<b>Figura I.2:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> ano 2009.....	57
<b>Figura I.3:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> ano 2010.....	57
<b>Figura I.4:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> ano 2011.....	58
<b>Figura I.5:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> ano 2012.....	58
<b>Figura I.6:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> ano 2013.....	59
<b>Figura I.7:</b> Evolução do preço das <i>European Union Allowances</i> até Maio de 2014.....	59

## Índice de tabelas

<b>Tabela 1:</b> Resumo dos métodos de valorização do sequestro de carbono adotados em alguns estudos .....	19
<b>Tabela 2:</b> Cenário projetado para o preço mínimo das <i>EUA</i> verificado entre 2008 e Maio de 2014 .....	39
<b>Tabela 3:</b> Cenário projetado para o preço máximo das <i>EUA</i> verificado entre 2008 e Maio de 2014 .....	40
<b>Tabela 4:</b> Cenário projetado para o preço médio das <i>EUA</i> verificado entre 2008 e Maio de 2014 .....	41
<b>Tabela 5:</b> Cenário projetado para o preço das <i>EUA</i> estimado para o ano de 2020 pelo Comité de Mudanças Climáticas .....	42
<b>Tabela 6:</b> Resumo dos valores obtidos dos cenários projetados €/ano .....	43
<b>Tabela II.1:</b> Possíveis valores para o serviço de sequestro de carbono proporcionado pelo eucalipto de acordo com diferentes preços verificados entre 2008 e Maio de 2014 .....	60
<b>Tabela II.2:</b> Possíveis valores para o serviço de sequestro de carbono proporcionado pelo pinheiro-bravo de acordo com diferentes preços verificados entre 2008 e Maio de 2014 .....	61
<b>Tabela II.3:</b> Possíveis valores para o serviço de sequestro de carbono proporcionado pelo sobreiro de acordo com diferentes preços verificados entre 2008 e Maio de 2014 .....	62
<b>Tabela II.4:</b> Possíveis valores para o serviço de sequestro de carbono proporcionado pelas três espécies dominantes (eucalipto, pinheiro-bravo e sobreiro) de acordo com diferentes preços verificados entre 2008 e Maio de 2014 .....	63

## **1. Introdução**

A importância da floresta é indiscutível. À parte de ocupar uma área terrestre muito significativa, a sua importância não se esgota na sua dimensão, sendo inúmeros os benefícios que proporciona, como o fornecimento de madeira, o fornecimento de alimentos, a função recreativa, a biodiversidade que contém, a proteção dos solos, a manutenção da qualidade da água, bem como funções muitas vezes esquecidas mas vitais, como o sequestro de carbono. Estes benefícios traduzem-se em valor ambiental, social e económico.

No entanto, apesar da elevada importância e valor do ecossistema florestal, assiste-se a diversas ameaças sobre o mesmo, tais como a desflorestação, a sobre-exploração dos recursos florestais e os incêndios. Os anos de 2012 e 2013 ficaram marcados por uma destas ameaças, tendo sido a área florestal ardida em Portugal muito significativa. Uma das consequências negativas dos incêndios é que, ao diminuir o número de árvores, diminui a quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) sequestrado, que por sua vez é libertado para a atmosfera durante os incêndios. Da observação destes acontecimentos é possível retirar algumas lições, sendo que a gestão do património florestal nacional se pode encontrar negligenciada e não tem em conta todos os valores intrínsecos à floresta, nas suas políticas de conservação e proteção.

É com base nesta problemática que este estudo se vai desenvolver - a falta ou insuficiente valorização dos serviços dos ecossistemas florestais, mais concretamente a quantificação monetária do serviço de sequestro de carbono pelas florestas portuguesas. Verifica-se que na maioria dos planos ou decisões de proteção da floresta apenas são contemplados os serviços com valor de mercado, sendo descurados os serviços sem valor no mesmo. Por esta razão o objetivo deste trabalho é encontrar uma forma de estimar um possível valor para o serviço de sequestro de carbono para a floresta portuguesa (continental), que permita de alguma forma atribuir valor monetário ao benefício económico, ambiental e social que advém deste serviço.

O trabalho aqui desenvolvido encontra-se dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo permite enquadrar o tema em estudo, através da definição do conceito de serviços dos ecossistemas florestais e uma descrição detalhada das suas funções. Neste mesmo capítulo é ainda abordada a problemática da falta de valorização dos serviços dos ecossistemas florestais que não são transacionados em mercado e o facto de outros valores como sociais e ambientais não serem possíveis de quantificar. Ainda no primeiro capítulo é examinado o sequestro de carbono, visto ser o serviço cujo valor económico se pretende estimar. São também categorizados os possíveis métodos de valorização e referidos alguns estudos, onde os mesmos já foram aplicados.

Num segundo capítulo é efetuada uma caracterização do setor florestal em Portugal (área em estudo) através do seu enquadramento legal, da sua área territorial, da distribuição das espécies florestais e do sequestro de carbono pelas espécies dominantes.

No terceiro capítulo são criados cenários possíveis para a valorização do sequestro de carbono pelas florestas nacionais, através de dados como o sequestro de carbono por espécies dominantes e os hectares (ha) que essas mesmas espécies ocupam. Como *proxy* do valor do CO<sub>2</sub> também será utilizado o preço das licenças de emissão no Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), que será alvo de uma breve descrição.

O quarto e último capítulo passará por uma breve conclusão sobre os valores obtidos através dos cenários projetados e de que forma esta informação pode contribuir de forma positiva para uma melhor compreensão do valor efetivo da floresta portuguesa e transmitir indicações que poderão dar origem à condução de investigações futuras.

## **2. Estado da Arte**

### **2.1. Serviços dos ecossistemas florestais**

A definição de biodiversidade descreve a mesma como uma diversidade de espécies de organismos vivos, os seus habitats e todos os ecossistemas onde estes se inserem (Sukhdev et al., 2010). A floresta é um recurso natural cujo ecossistema é de grande importância para o ser humano e para o próprio ambiente pelos serviços que o mesmo fornece. A consciência da sua importância tem sido crescente ao nível internacional, havendo a referência à floresta - tropical, temperada e boreal - como sendo o ecossistema mais abundante em termos de biodiversidade terrestre (Barbosa, 2009).

Estima-se que mundialmente cerca de 60 milhões de pessoas sejam quase completamente dependentes das florestas para sobreviver, e que 350 milhões de pessoas vivendo nas proximidades das florestas dependam fortemente das mesmas para a sua subsistência e rendimento (Dieterle, 2010). Daqui advém a importância da floresta não só ao nível ambiental, mas também na sua vertente cultural, económica e social (Alves et al., 2012), como por exemplo, a sua relevância na criação de riqueza e emprego. No entanto, em termos mundiais a floresta tem vindo a desaparecer, levando a que o seu ecossistema se aproxime do limite necessário para a prestação dos seus serviços (Sukhdev et al., 2010), o que segundo a *World Wildlife Fund* (WWF, s/d) corresponde a uma perda anual de 13 milhões de ha. As causas mais comuns para a desflorestação são a intervenção do ser humano, através da conversão das áreas florestais para outros fins, incêndios e falta de proteção e gestão dos recursos florestais (Barbosa, 2009).

Segundo De Groot et al. (2002) as primeiras alusões ao conceito de serviços dos ecossistemas ou serviços ambientais datam do fim da década de 60 e início da década de 70 através de autores como King (1966), Helliwell (1969), Hueting (1970) e Odum (1972). No início dos anos 80 surge o conceito de serviços dos ecossistemas com a finalidade de compreender os processos biofísicos que os ecossistemas desenvolvem e que conduzem a um benefício para o bem-estar humano (Brauman et al., 2007 citado por Sagoff, 2011). Todavia, segundo Baveye et al. (2013) a constatação da dependência

do ser humano em relação ao meio ambiente já havia sido feita por autores como Osborn (1948), Vogt (1948) e Leopold (1949).

O conceito de serviços dos ecossistemas foi difundido essencialmente por cientistas ligados à ecologia, que defenderam o valor do ecossistema e dos seus serviços, a sua importância para o bem-estar humano, definindo Daily (1997) os serviços dos ecossistemas como processos desenvolvidos pelo ecossistema que sustentam a vida humana.

De Groot propôs diversas definições, muito semelhantes entre si, para o conceito de serviços de ecossistemas: processos naturais capazes de fornecer bens e serviços que satisfaçam as necessidades do ser humano, de forma direta ou indireta (De Groot, 1992 citado por De Groot et al., 2002), ou “contribuições diretas ou indiretas dos ecossistemas...para o bem-estar humano” (De Groot et al., 2010 citado por García-Nieto et al., 2013, p.127). Também recentemente, Sukhdev et al. (2010) relaciona os serviços dos ecossistemas como um valor para a sociedade que surge do capital natural dos ecossistemas.

O *Millennium Ecosystem Assessment*<sup>1</sup> (MEA) veio dar maior ênfase e importância a este conceito através da atribuição de valor económico aproximado aos serviços dos ecossistemas em todo o mundo (Costanza et al., 1997 citado por Deal et al., 2012). O conceito de serviços dos ecossistemas definido pelo *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2003 citado por Santos, 2010) descreve estes serviços como benefícios que as pessoas retiram dos ecossistemas.

É de salientar que existe uma distinção entre bens fornecidos pelos ecossistemas (alimentos) e serviços (sequestro de carbono), no entanto, o mais consensual é a utilização do termo “serviços de ecossistemas” para ambos (Costanza et al., 1997).

---

<sup>1</sup> Programa desenvolvido com o apoio das Nações Unidas em 2001, cujo objetivo passa pelo estudo das alterações ambientais.

Apesar da consciência da importância dos serviços dos ecossistemas, nomeadamente florestais, há a noção da limitação das florestas em produzir simultaneamente os diversos serviços do seu ecossistema e que, para poder obter um serviço, pode ser necessário sacrificar a obtenção de outro (Wang e Fu, 2013).

Um dos exemplos é o *trade-off* entre o fornecimento de água e o sequestro de carbono (Jackson et al, 2005 citado por Wang e Fu, 2013). Em locais cuja precipitação não é muito significativa, o aumento de florestação como forma de aumentar o sequestro de carbono pode comprometer o fornecimento de água às populações mais próximas, dada a captação ou absorção de água pelas árvores (Wang e Fu, 2013). Este problema de consumo rival constitui uma das questões essenciais ligadas aos bens / serviços provenientes da floresta.

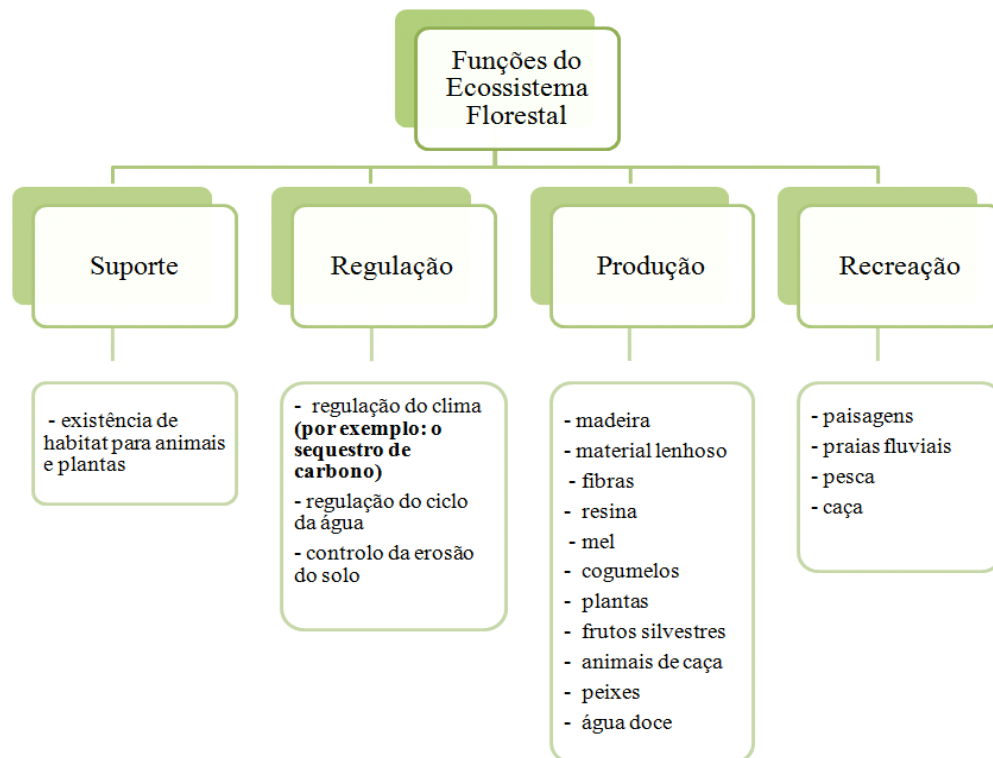
Os bens e serviços dos ecossistemas constituem uma função dos mesmos, todavia, o termo “função dos ecossistemas” causa algumas controvérsias quanto à sua interpretação. O conceito é utilizado tanto para se referir ao funcionamento do ecossistema, por exemplo a reciclagem dos nutrientes, como para se referir ao benefício direto para o ser humano, por exemplo o fornecimento de alimentos (De Groot et al., 2002).

As funções associadas aos serviços dos ecossistemas florestais encontram-se classificadas em quatro categorias (De Groot et al., 2000 citado por De Groot et al., 2002), nomeadamente, produção, regulação, suporte e recreação. Neste estudo, serão abordadas as quatro categorias de funções<sup>2</sup>, sempre na vertente dos serviços dos ecossistemas florestais, dado que são o objeto de estudo deste trabalho (Figura 1).

---

<sup>2</sup> Neste estudo vamos inverter a ordem das funções, em relação à ordem que já foi nomeada anteriormente, de acordo com o grau de abrangência que se entende, neste trabalho, que cada uma representa no ecossistema.

Figura 1: Funções do ecossistema florestal



Fonte: Elaboração própria baseada em De Groot et al., 2002

A primeira função a ser referida é a de suporte e é definida como a função que permite a produção primária dos ecossistemas, ou seja, é condição ou pilar para a prestação dos restantes serviços que os ecossistemas fornecem. Esta função contempla a existência de habitat para animais e plantas, e proporciona as condições essenciais para a manutenção das espécies (De Groot et al., 2002).

Um dos principais benefícios obtidos dos ecossistemas florestais pelo ser humano é a regulação e manutenção de processos ecológicos e sistemas de apoio à vida no planeta (De Groot et al., 2002). Esta segunda função permite a regulação do clima (através do sequestro de carbono), a regulação da água, a manutenção do solo, a prevenção de doenças, (MEA, 2005 citado por Deal et al., 2012, p.70) a decomposição dos resíduos sólidos e o controlo de pragas (MEA, 2005 citado por Da Motta, 2011). De forma mais detalhada são apresentados os benefícios obtidos através da função de regulação dos ecossistemas florestais. Em primeiro lugar, o ecossistema florestal é fundamental para travar a erosão do solo e garantir a manutenção do mesmo. Aquando da ocorrência de

chuva, as folhas das árvores retêm muita da água proveniente da pluviosidade, protegendo o solo de possíveis inundações e deslizamentos, e as raízes das árvores por sua vez têm um efeito estabilizador do mesmo. Estes efeitos positivos de proteção do solo não se limitam apenas à zona florestal mas também às atividades agrícolas a jusante (De Groot et al., 2002).

Nesse sentido Klemick (2011) realizou um estudo em que verificou a ocorrência de externalidades positivas decorrentes das condições hidrológicas da floresta tropical da Amazônia para a atividade agrícola desenvolvida nos locais próximos à mesma. Os resultados sugeriram que as comunidades próximas da floresta que desenvolvem atividades agrícolas têm interesse em proteger e conservar a mesma. A par disto, os ecossistemas florestais também contribuem para a filtragem da água através da cobertura vegetal das árvores que permite a sua retenção (De Groot et al., 2002), sendo fulcral na proteção das bacias hidrográficas e no fornecimento de água para consumo, para irrigação e até para a geração de energia (Ninan e Inoue, 2013). As florestas garantem igualmente que os solos são produtivos através da libertação dos nutrientes no processo de decomposição de matéria orgânica que se encontra depositada no solo (De Groot et al., 2002).

Os ecossistemas são também responsáveis pelo controlo do aparecimento de cerca de 95% das pragas cujos efeitos negativos se manifestam tanto na agricultura, na silvicultura como na saúde humana (Ehrlich, 1985 citado por De Groot et al., 2002). Os ecossistemas florestais ainda garantem a polinização, o processo pelo qual uma grande parte das plantas se reproduz, e sem o qual as mesmas deixariam de existir (De Groot et al., 2002).

Finalmente, e como ponto central deste trabalho, as florestas também permitem a regulação do clima, através de vários processos. Um destes processos ou serviços permite o armazenamento de carbono e é denominado como sequestro de carbono (Ninan e Inoue, 2013). Este serviço do ecossistema possibilita a manutenção de ar puro, a prevenção de determinadas doenças (De Groot et al., 2002) e é um dos contributos para a mitigação das alterações climáticas.

Uma terceira função dos ecossistemas florestais é a função produção, e consiste no fornecimento de bens, nomeadamente, água doce e alimentos (Deal et al., 2012) desde plantas comestíveis, animais de caça, peixes, frutos silvestres, cogumelos entre outros fungos. Fornece também madeira, fibras (como o algodão), bioquímicos aplicáveis a diversos tipos de atividades, lenha e matéria orgânica como fonte de produção de energia (De Groot et al., 2002). A par disto, a floresta aprovisiona produtos com aplicações em fármacos (De Groot et al., 2002) e medicamentos (MEA 2005 citado por Deal et al., 2012, p.70).

Por último, a função recreativa dos serviços dos ecossistemas florestais, refere-se à possibilidade de usufruir de paisagens naturais e apreciar toda a sua estética e envolvência (De Groot et al., 2002) bem como a sua fauna e flora (Ninan e Inoue, 2013). Associada a esta atividade recreativa, surge o turismo e a sua importância para as economias locais como evidenciado por Costanza et al. (1997). O turismo e o ecoturismo são incentivados pelas paisagens que os ecossistemas oferecem, nomeadamente a floresta, pelos momentos de descanso e pelas atividades recreativas que se podem desenvolver no meio natural: passeios, caminhadas, campismo, pesca e caça recreativa, praias fluviais, visitas a áreas protegidas (De Groot et al., 2002). Para além das atividades recreativas, as florestas permitem o estudo científico e educacional “*in loco*” das mesmas e servem também de referência em relação às mudanças que ocorrem no meio ambiente (De Groot et al., 2002).

## **2.2. Floresta e valorização económica**

Como foi descrito no ponto anterior, é indiscutível a importância dos serviços dos ecossistemas, nomeadamente, os florestais. Mercados para os serviços/bens do ecossistema teriam um papel importante na proteção do mesmo, podendo criar incentivos financeiros para os proprietários gerirem de forma mais sustentável as suas florestas, obtendo receitas e fornecendo bens e serviços para a sociedade (Deal et al., 2012). Serviços como o aprovisionamento de madeira, cortiça, resina, frutos silvestres, cogumelos têm o seu valor expresso em mercado, designado como valor de uso direto dos serviços de provisão (Sukhdev et al., 2010). Todavia, uma parte significativa dos serviços dos ecossistemas não têm expressão em mercado (Santos, 2010), sendo o seu valor subestimado ou simplesmente negligenciado.

A definição mais comum dos serviços dos ecossistemas é demasiado ampla e inclui uma série de funções, como já foi visto anteriormente, o que gera problemas quando se pretende quantificar os valores dos mesmos (Boyd e Banzhaf, 2007, Kroeger e Casey, 2007, Farley e Costanza, 2010, Muradian et al., 2010 citados por Deal et al., 2012). Boyd e Banzhaf (2007 citado por Deal et al., 2012) procuraram criar uma definição que permitisse quantificar os serviços dos ecossistemas, incluindo apenas os produtos ou serviços finais obtidos das componentes do ecossistema que são consumidas e proporcionam bem-estar para o ser humano.

Para além disso, o valor destes serviços não se resumiria apenas à sua vertente económica ou valor económico pago pelo consumo de bens e que pode representar o bem-estar dos compradores quando consomem determinado bem ou usufruem de determinado serviço (Madureira et al, 2013). Há que realçar também o seu valor sociocultural e valor ambiental/ecológico (De Groot et al., 2002), ou seja, reconhece-se a existência de vários valores (Liu et al., 2010), como salienta Madureira et al. (2013) ao referir que o valor dos serviços dos ecossistemas tem um carácter multidimensional. A situação ideal seria traduzir estes valores (social, ambiental, recreativo) num valor económico por forma a materializar o seu valor “intangível”, existindo mesmo assim benefícios cujo valor não poderia ser estimado ou quantificado na sua totalidade. Deste

modo, para além dos benefícios económicos derivados da venda de madeira e de outros produtos florestais, existe o reconhecimento na literatura da relevância dos benefícios de outros serviços dos ecossistemas florestais (Costanza et al., 1997, Casey et al., 2006, Farley e Costanza, 2010 citados por Deal et al., 2012). No entanto, “os serviços dos ecossistemas são essenciais ao suporte de vida, mas não existem mercados relevantes em que este valor seja expresso” (Constanza et al., 1997 citado por Tao et al., 2012, p. 2446).

Costanza et al. (1997) reforçam esta ideia de que as decisões sobre a gestão da floresta e dos seus recursos incluem os serviços dos ecossistemas valorizados em mercado, sendo os serviços cujos benefícios não são comercializáveis pouco considerados ou mesmo descurados em muitas das decisões políticas relativas à sustentabilidade do meio ambiente. Serviços relacionados com benefícios ambientais, sociais e recreativos, por norma não comercializáveis, não são na sua maioria, reconhecidos pelos decisores como fundamentais, apesar de na realidade o serem (Naveh, 2002 citado por Guiomar et al., 2011).

No que diz respeito à floresta, a insuficiente e negligenciada valorização dos serviços dos ecossistemas pode acarretar consequências negativas para a sustentabilidade da mesma. Quem gere os recursos florestais enfrenta um significativo desafio. Para além da gestão dos bens obtidos com valor em mercado, é necessário gerir de forma sustentável a floresta, e tal implica ter em linha de conta os vários serviços do ecossistema que não são transacionados (Madureira et al., 2013). Uma boa gestão assente na demonstração do valor económico da floresta propicia a conservação do ecossistema (Higgins et al., 1997 citado por Badola et al., 2010). Deste modo, o estado de conservação dos ecossistemas depende da gestão que é feita dos mesmos, sendo que às decisões de gestão do recurso falta a informação necessária, como valores de mercado para todos os serviços do ecossistema. Para além do desconhecimento do valor “total” da floresta, muitas das políticas adotadas em relação aos recursos florestais não têm em linha de conta os conflitos sobre o uso dos mesmos, as mudanças nos ecossistemas subjacentes e a necessidade da sua sustentabilidade. Existem conflitos entre interesses globais e interesses locais das populações próximas às áreas florestais,

bem como entre serviços “tradicionais” como o fornecimento de madeira e serviços mais recentemente procurados como serviços de recreação (Eckerberg e Sandstrom, 2013).

Mas não cabe apenas aos gestores e proprietários florestais a ponderação do valor da floresta nas suas decisões. Os ecossistemas florestais fornecem uma série de bens e serviços para o bem-estar humano considerados como bens públicos, sem intervenção do mercado e sem que muitos dos beneficiários tenham consciência de que estão a usufruir dos mesmos (Costanza et al., 1997), ou seja, as externalidades positivas que geram. Assim, a consciência do valor da floresta deve estar presente em todos os seus intervenientes e beneficiários, bem como o dever de conservação e proteção da mesma. Todavia, como Daily et al. (2000) referiram, os ecossistemas são mal compreendidos o que leva à sua degradação, sendo a sua importância reconhecida após a sua perda (Santos, 2010).

No caso português, segundo Mendes (2005, citado por Lopes, 2013) cerca de 83,5% do valor da floresta advém dos benefícios dos serviços do ecossistema que não estão valorizados em mercado.

As preocupações ambientais intensificaram-se quando se tomou consciência das áreas florestais perdidas pela sua exploração intensiva, incentivada pelo desenvolvimento e pela sua conversão para outros usos que não o florestal (Alig et al., 2003, Butler et al., 2004, Stein et al., 2005 citados por Deal et al., 2012). Assim, observa-se um maior interesse nas abordagens de mercado para valorizar os serviços dos ecossistemas florestais, e conseqüentemente, ampliar o valor da própria floresta de forma a promover a conservação dos seus recursos naturais (Deal et al., 2012). Isto inclui tanto a valorização através do método direto aplicado aos serviços que possuem valor em mercado como através do método indireto para os serviços para os quais não existe mercado (Uddin et al., 2013).

Todavia, existem diferentes opiniões relativamente à tentativa de valorização dos ecossistemas. Surgem correntes de opinião contra a tentativa de valorização económica dos ecossistemas, uns porque acreditam ser impossível e até irrefletido atribuir valor monetário a valores “intangíveis”, outros porque defendem que a proteção dos ecossistemas deve ter como motivação questões ambientais, sociais e morais e não ser baseada em questões económicas. No entanto, na opinião de Costanza et al. (1997) todas as motivações (ambientais, sociais, morais e económicas) não são incompatíveis e todas devem ser consideradas aquando da atribuição de valor ao serviço dos ecossistemas.

Outra “crítica” à valorização através do mercado é que o mesmo só tem em conta a procura e a oferta das gerações atuais, não contemplando a procura das gerações futuras. Deste modo, o mecanismo de mercado não contribui para evitar danos ecológicos com efeito na sustentabilidade do ambiente no longo prazo (Baveye et al., 2013).

Existe ainda a perceção de que se todos os serviços dos ecossistemas fossem “pagos” tendo em conta o seu contributo para a economia, haveria uma disparidade significativa no sistema de preços dos produtos obtidos de forma direta ou indireta dos ecossistemas, e esses preços seriam muito superiores aos atuais (Costanza et al., 1997).

São evidentes as enormes incertezas em todo o processo de valorização, e daí se poder afirmar que nunca uma estimativa do valor dos serviços dos ecossistemas poderá ser muito rigorosa (Costanza et al., 1997). Todavia, a não existência de mercados para determinados serviços do ecossistema florestal leva à necessidade de recorrer a métodos que de outra forma permitam a valorização económica dos mesmos.

### **2.3. Sequestro de carbono - possíveis métodos de valorização**

Os gases com efeito de estufa (GEE) são compostos por vários gases nomeadamente: CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O (Óxido nitroso), CH<sub>4</sub> (Metano) entre outros. No entanto, verificou-se que o CO<sub>2</sub> é um dos principais responsáveis pelas alterações climáticas devido à sua libertação significativa aquando da queima de combustíveis fósseis e de processos de deflorestação. O Protocolo de Quioto deu um maior reconhecimento à definição de sequestro de carbono, e o mesmo foi tido como um meio capaz de levar ao decréscimo das emissões de GEE. Assim, é possível constatar a extrema relevância das florestas através do sequestro de carbono na estabilidade do clima do planeta (Machado, 2005). É de salientar que o sequestro de carbono é examinado como um bem público dado que se encontra ao dispor de todos e o seu benefício não pode ser negado a ninguém (Heal, 2000 citado por Lopes, 2013) o que torna ainda mais difícil a sua valorização em termos de mercado.

A existência de mercados diretamente para os serviços dos ecossistemas é vista como essencial para a proteção dos ecossistemas que fornecem esses serviços (Deal et al., 2012), dado que o preço de mercado indica o valor em termos económicos dos mesmos e o seu contributo para a sociedade (Madureira et al., 2013). Contudo, como se observou anteriormente, o sequestro de carbono tal como outros serviços não tem uma expressão monetária em mercado pois não são transacionados no mesmo, o que penaliza a sua valorização tanto económica, social como ambiental.

Ao pretender avaliar economicamente esses serviços a análise deve focar-se, em primeiro lugar, nos métodos de avaliação de mercado, cujo valor obtido traduz a disponibilidade a pagar pelo serviço ou pelo bem diretamente em mercado, como acontece por exemplo no caso da madeira. Sendo este o método mais habitual, mas com menos abrangência no caso da maioria dos serviços dos ecossistemas, vamos concentrar-nos em outras abordagens de avaliação.

Existem diversos métodos de valorização (designados como indiretos) para os serviços dos ecossistemas, que se propõem a atribuir uma grandeza económica a algo que não

possui preço mas possui valor (Santos, 2010).

Atendendo a que vários autores utilizam diferentes abordagens de valorização, optou-se aqui por uma categorização adaptada dos trabalhos de Farber et al. (2002) e De Groot et al. (2002), agrupando os métodos de valorização em preferências declaradas, preferências reveladas e o que aqui designamos por “abordagem de custos” (Figura 2). Não sendo as únicas metodologias de valorização existentes, optou-se aqui por referir as mais usadas na literatura em relação à valorização dos ecossistemas, em particular, dos serviços da floresta, que é o objetivo deste trabalho.

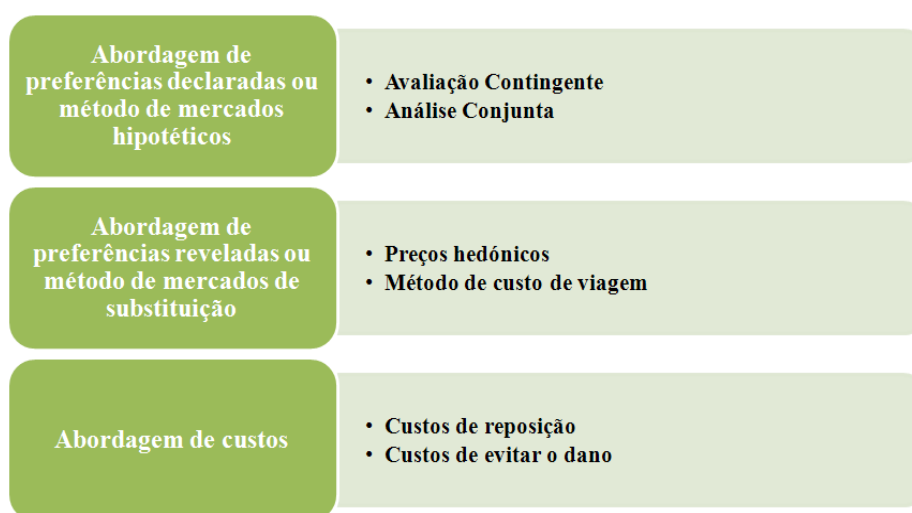
A abordagem comumente denominada de abordagem de preferências declaradas ou método de mercados hipotéticos, pode passar por uma avaliação contingente, medida por exemplo pela disponibilidade a pagar por um benefício (Farber et al., 2002; De Groot et al., 2002); ou por uma análise conjunta que consiste, sumariamente, em proceder a entrevistas a inquiridos, aos quais se apresentam várias situações hipotéticas com características diversas, devendo aqueles escolher uma em particular ou hierarquizá-las, de acordo com as suas preferências (Harpman, 2008).

A abordagem de preferências reveladas é outra das abordagens focadas, também denominada como método de mercados de substituição. Esta abordagem abrange habitualmente o método de preços hedónicos, onde os preços de determinados bens são influenciados pela aproximação a um recurso natural, como por exemplo, o valor de uma propriedade pode ser influenciado pela proximidade de amenidades (como é o caso de uma floresta). Outro método incluído nesta abordagem é o método de custos de viagem (*travel cost method*), em que para usufruir de determinado serviço do ecossistema torna-se necessário efetuar deslocações que implicitamente têm custos, sendo um dos casos mais comuns, o serviço ligado à função recreativa dos ecossistemas (Farber et al., 2002).

Deve ainda ser evidenciada a abordagem de custos, que inclui os custos de reposição e os custos de evitar o dano (Farber et al., 2002). O método de custo de reposição baseia-se em estimar o custo de recuperar a qualidade ambiental que existia antes do dano ambiental, que passa por restaurar o recurso ambiental lesado (Ortiz, 2003 citado por

Machado et al., 2011). No caso da floresta, a reposição pode passar pela arborização (plantação de árvores em locais da floresta onde ainda não existia plantação) ou reflorestação (plantação de árvores em locais da floresta em substituição das que existiam). Este processo tem como objetivo proporcionar o mesmo nível de bem-estar humano propiciado pela floresta antes do dano. Deste modo, torna-se evidente que a arborização ou reflorestação tem sido uma das soluções para a prevenção do aquecimento global (Xue e Tisdell, 2001). Por seu lado, o custo de evitar o dano passa por despesas incorridas com a proteção dos recursos naturais (Farber et al.,2002), designados também como custos de prevenção (Bishop, 1999 citado por Lopes, 2013).

Figura 2: Alguns dos métodos de valorização dos serviços dos ecossistemas, especialmente florestais



Fonte: Elaboração própria baseada em Farber et al.,2002 e De Groot et al., 2002

De acordo com Costanza et al. (1997 citado por De Groot et al., 2002), para cada serviço do ecossistema podem ser utilizados vários métodos de valorização, mas por norma, existem métodos mais adequados a cada ecossistema. No caso de serviços de recreação, o valor do turismo pode ser estimado através da valorização de mercado, já o valor paisagístico pode ser estimado preferencialmente através do método de avaliação contingente ou pelos preços hedônicos ou por ambos. No caso da função de regulação,

nomeadamente o sequestro de carbono, a estimativa do seu valor pode ser obtida através do método de custo de reposição ou pelo custo de evitar o dano (De Groot et al., 2002).

É de salientar que alguns estudos não se limitam apenas a estimar o valor do carbono sequestrado pela floresta mas também do oxigénio emitido pela mesma (Ninan e Inoue, 2013). Neste âmbito, Guo et al. (2001), Li et al. (2006), Li et al. (2010) e Xie et al. (2010) desenvolveram estudos e procuraram estimar tanto o valor do sequestro de carbono como da emissão de oxigénio respetivamente para a floresta de Xingshan County, para as florestas das montanhas Qinba, para duas reservas florestais e para uma floresta em Pequim, todas localizadas na China. O estudo de Li et al. (2010) utilizou para estimar o valor destes “dois” serviços o custo de reposição pelo custo médio de arborização e o preço médio do oxigénio. Outro objetivo deste estudo foi analisar se a sazonalidade implica alterações do valor do sequestro de carbono e na emissão de oxigénio, chegando à conclusão que a captura de CO<sub>2</sub> varia entre as estações do ano.

Todavia, alguns investigadores defendem que ao determinar o valor para ambos (sequestro de carbono e emissão de oxigénio) gera-se uma dupla contagem, dado que os dois estão associados ao mesmo serviço do ecossistema (Xue e Tisdell, 2001). Segundo Ninan e Inoue (2013), sendo o principal objetivo de muitas medidas, no combate ao aquecimento global, a diminuição das emissões de GEE, onde o CO<sub>2</sub> é o principal gás emitido, a estimativa deve incidir sobre o sequestro de carbono.

Um dos estudos que apenas contempla a estimativa do valor económico do sequestro de carbono foi desenvolvido por Badola et al. (2010) para a reserva de Corbett Tiger na Índia. Inicialmente é obtido o sequestro de carbono pela floresta através do cálculo da biomassa total. O método de valorização utilizado foi o custo de reposição, usando os custos médios de sequestro de CO<sub>2</sub> com base no preço de mercado das Reduções Certificadas de Emissões para os projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo existente na Índia (Badola et al, 2010). O preço utilizado para a estimativa foi o preço mínimo registado em 2008 cujo valor era de US\$17 (Tvinnereim et al. 2009 citado por Badola et al, 2010).

A par disto, também Lal e Singh (2003) realizam a estimativa somente tendo em conta o sequestro de CO<sub>2</sub> para as florestas indianas enquanto Xue e Tisdell (2001) para as montanhas da reserva de Changbaishan na China (Ninan e Inoue, 2013). Em ambos os estudos a estimação da fração de carbono nas respectivas florestas tem apenas em conta o volume do pé e dos troncos das espécies florestais (Ninan e Inoue, 2013).

Determinados estudos utilizam as estimativas da quantidade de sequestro de carbono de outros estudos já desenvolvidos. No entanto, caso exista a pretensão de calcular este valor para posteriormente calcular o valor económico do sequestro de carbono, o mais correto segundo Ninan e Inoue (2013) é contemplar não só a quantidade de carbono sequestrado acima do solo da floresta (pé e tronco) mas também utilizar o fator de expansão de biomassa por forma a obter a biomassa de ramos, galhos, folhas e solo.

Com a finalidade de obter estimativas do valor económico do serviço de sequestro de carbono pelas florestas vários modelos foram desenvolvidos nesse sentido. Para além dos métodos mencionados anteriormente existem outros, como por exemplo, o método do custo marginal dos danos causados pela emissão de CO<sub>2</sub>. Este modelo foi desenvolvido por Fankhauser (1994 e 1995) e tem como base o cálculo dos custos marginais dos danos sociais causados pelos GEE, nomeadamente danos causados pelas emissões de CO<sub>2</sub> (Fankhauser, 1994). Este modelo contempla a observação de elementos como as emissões futuras, a concentração atmosférica, o aumento da temperatura, o aumento do nível do mar, entre outros. Dele surgem valores possíveis para o sequestro de carbono por tonelada (t) tais como: US\$ 20,3/tC para 1991; US\$ 22,8/tC para 2001; US\$ 25,3/tC para 2011; US\$ 27,8/tC para 2021, verificando-se o incremento deste valor ao longo do tempo possivelmente pelo aumento esperado das emissões de GEE e dos respetivos danos (Bateman e Lovett, 2000). No Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, o modelo de Fankhauser é frequentemente referido quando o problema dos GEE em termos sociais e económicas<sup>3</sup> é abordado (IPCC, 1996 citado por Bateman e Lovett, 2000).

---

<sup>3</sup> Fankhauser e Tol (1996) salientam o quanto as alterações no clima potenciam uma descida no PIB mundial, demonstrando o seu impacto negativo na economia e os danos sociais.

Croitoru (2007) desenvolveu um estudo para obter estimativas para as florestas mediterrâneas de 18 países. As estimativas da quantidade de carbono sequestrado foram obtidas através da *United Nations Economic Commission for Europe/Food and Agriculture Organization* (UN-ECE/FAO, 2000) e da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (UNFCCC). De seguida o valor económico do sequestro foi obtido usando o valor alcançado pela estimativa de Fankhauser para o período entre 1991 e 2000, que corresponde a US \$20/tC (Fankhauser, 1995 citado por Croitoru, 2007). Existem diferenças evidentes entre o valor agregado obtido para as florestas do norte, leste e sul do Mediterrâneo, sendo que o valor agregado das florestas a norte é, em média, três vezes maior do que o valor agregado das restantes florestas a sul e a leste (Lopes, 2013). Também Johnson e Hope (2012) utilizam o método de custos marginais dos danos sociais e observam valores numa escala de US \$55-250/tC (Ninan e Inoue, 2013).

Alguns países têm vindo a adotar o imposto sobre o carbono como forma de reduzir as emissões de GEE, como é o caso da Noruega e da Suécia. Este imposto serve também como base para um método de cálculo na estimativa de valorização do sequestro de carbono (Xue e Tisdell, 2001).

A Tabela 1 contém uma síntese dos métodos de valorização do serviço de sequestro de carbono utilizados nos estudos observados anteriormente com maior detalhe. Torna-se evidente pela análise da tabela que o método de custo de reposição, nomeadamente, através da arborização é um dos métodos mais empregados na obtenção de uma estimativa do valor deste serviço.

Tabela 1: Resumo dos métodos de valorização do sequestro de carbono adotados em alguns estudos

<b>Autores</b>	<b>Local de estudo</b>	<b>Incidência sobre o sequestro de carbono</b>	<b>Incidência sobre a emissão de oxigénio</b>	<b>Método de valorização</b>
Guo et al. (2001)	Floresta de Xingshan County, China	Sim	Sim	Custo de arborização e preço médio do oxigénio
Xue e Tisdell (2001)	Montanhas da Reserva de Changbaishan, China	Sim	Não	----
Lal e Singh (2003)	Floresta indiana	Sim	Não	----
Li et al. (2006)	Montanhas Qinba, China	Sim	Sim	Custo de arborização e preço médio do oxigénio
Croitoru (2007)	Florestas Mediterrâneas de 18 países	Sim	----	Custos marginais dos danos sociais
Bandola et al. (2010)	Reserva de Corbett Tiger, Índia	Sim	Não	Custo de reposição através do preço das Reduções Certificadas de Emissões
Li et al. (2010)	Reserva Qianyanzhou e Reserva Changbai, China	Sim	Sim	Custo de arborização e preço médio do oxigénio
Xie et al. (2010)	Floresta em Pequim, China	Sim	Sim	----

**Fonte: Elaboração própria baseada em Ninan e Inoue, 2013**

No presente trabalho, a metodologia de cálculo de valorização deste serviço do ecossistema vai basear-se no preço das licenças de emissão comercializadas no mercado europeu de CO<sub>2</sub>, dado o âmbito geográfico em que Portugal se insere, sendo este o mercado de substituição escolhido para realizar possíveis estimativas. Neste sentido, começamos no próximo ponto por uma caracterização da floresta em Portugal.

### **3. O caso português – floresta e sequestro de carbono: uma breve caracterização**

#### **3.1. Introdução e Enquadramento Legal**

As características do setor florestal em Portugal (continental) modificaram-se ao longo dos tempos. A floresta do século XIX sofreu profundas alterações até se transformar na floresta que conhecemos atualmente. Estas alterações são consequência de diversos aspetos, tais como o clima, as condições dos solos, processos de arborização e seleção de espécies, políticas florestais e diferentes interesses económicos.

No séc. XIX, a agricultura predominava em detrimento da pouca área florestal que só correspondia a 10% do território nacional (Pereira H. M. et al., 2009). Nos finais desse século, surgiu aquilo que se designou como Administração Pública Florestal, o que trouxe adjacente uma forte modificação do padrão da área florestal existente, com a expansão do pinheiro-bravo (Alves et al., 2012).

Outras mudanças ocorreram já no séc. XX, a partir dos anos 50. Juntamente à plantação do pinheiro-bravo e também pela sua substituição, surge a expansão do eucaliptal, cujos impactos negativos para as bacias hidrográficas não tiveram a atenção necessária. Ao nível dos intervenientes na floresta, também existiram modificações: até 1974 existiam apenas três intervenientes na floresta portuguesa, o Estado, os proprietários privados e os proprietários industriais. O Estado criou políticas através de subsídios para a florestação que desincentivaram a atividade agrícola, o que direcionou a utilização do solo para a atividade florestal. Os proprietários privados, através destes incentivos, contribuíram para o aumento da área florestal. Todavia, após 1974, a par destes passaram a intervir organizações associativas florestais, autarquias e (ONG) Organizações Não-Governamentais (DGRF, 2006).

De forma geral, verificou-se que o uso dos solos foi-se modificando gradualmente, através da reconversão das áreas agrícolas em povoamentos florestais (Guiomar e Ramalho, 2006 citado por Guiomar et al., 2007) destacando-se Portugal em termos europeus no processo de transição entre a desarborização e a reflorestação, dado que a área florestal em 1987 era de 4 a 7%, e volvido um século passou para mais de 30% do território continental (Pereira J. S. et al., 2009).

Pode-se afirmar que o século XX foi exemplo de um setor florestal português em elevada expansão, cuja arborização, designadamente, sobreiro, pinheiro bravo e eucalipto atingiu em 1995 um valor estimado em 3,3 milhões de ha (DGRF, 2006, p.4). De acordo com Barbosa (2009) este avanço deve-se à intervenção do Estado mas também à valorização dos recursos da floresta pelos proprietários, tanto no que diz respeito a valores de uso direto (como a madeira, cortiça, resina, mel, plantas, cogumelos, caça, pastoreio, recreio) como indireto (proteção do solo e da água, sequestro de carbono, proteção da paisagem e da biodiversidade).

Ao longo do tempo foram criados planos, estratégias e um conjunto de normas cujo objetivo principal é a proteção da floresta nacional. No entanto, a conservação da floresta portuguesa não se remete meramente ao presente e a um futuro próximo, mas também deve ser vista numa perspetiva de desenvolvimento sustentável. Estes planos são o reflexo do papel do Estado (Barbosa, 2009).

A Lei de Bases da Política Florestal (LBPF) colocada em vigor através da Lei n.º 33/96 define os princípios e os objetivos da política florestal nacional, tendo em linha de conta o facto de a floresta ser um recurso natural renovável de elevada importância cuja gestão da mesma deve ter sempre implícita o desenvolvimento sustentável. Tem também implícito o ordenamento florestal, a responsabilização por parte dos proprietários florestais pelas suas ações sobre a floresta, a utilização dos bens e serviços da floresta de forma sustentável, assegurando a sua proteção e conservação, mas permitindo o acesso e obtenção de rendimento através da mesma (AR, 1996).

O Plano de Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa (PDSFP) foi apresentado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 27/99, tendo como objetivo prosseguir um modelo de desenvolvimento económico e social sustentado, tendo sempre presente a conservação e valorização dos recursos naturais e ambientais num contexto de desenvolvimento sustentável da floresta portuguesa (Barbosa, 2009). Deste modo, a relevância da floresta não passa apenas pelo fornecimento de madeira, cortiça e resina mas também por diversos serviços intangíveis que devem ser valorizados e protegidos.

Os Planos Regionais de Ordenamento Florestal (PROF) regulamentados pelo Decreto-lei (DL) n.º 204/99, “são instrumentos de política setorial que incidem exclusivamente sobre os espaços florestais (...), estabelecem normas específicas de intervenção sobre a ocupação e utilização florestal destes espaços, de modo a promover e garantir a produção sustentada do conjunto de bens e serviços a eles associados, na salvaguarda dos objetivos da política florestal nacional” (MADRP, 1999). Os PROF juntamente com os Planos de Gestão Florestal (PGF) e os Planos Específicos de Intervenção Florestal (PEIF) são os planos de ordenamento e gestão da floresta portuguesa.

A Estratégia Nacional para as Floresta (ENF) surgiu em 2006, tendo como objetivo a valorização dos recursos da floresta portuguesa, levando em linha de conta os diferentes tipos de floresta e sua localização (Barbosa, 2009). Uma gestão florestal sustentável é um dos objetivos presentes na ENF, e a mesma pode ser promovida através da Certificação Florestal, que permitirá uma melhoria da produtividade florestal, no ordenamento do território e das práticas florestais desenvolvidas.

O Código Florestal (CF) aprovado pelo DL. n.º 254/2009 descreve qual a política florestal a ser seguida e os termos ou meios em que a mesma deve ser alcançada ou executada (MADRP, 2009b). De acordo com o CF “a política florestal nacional visa a conservação e desenvolvimento sustentável das florestas, a sua valorização produtiva, a beneficiação dos sistemas naturais associados, a definição de programas de gestão associados, a satisfação das necessidades da comunidade num quadro de ordenamento do território, bem como o fortalecimento das instituições do setor” (MADRP, 2009b,

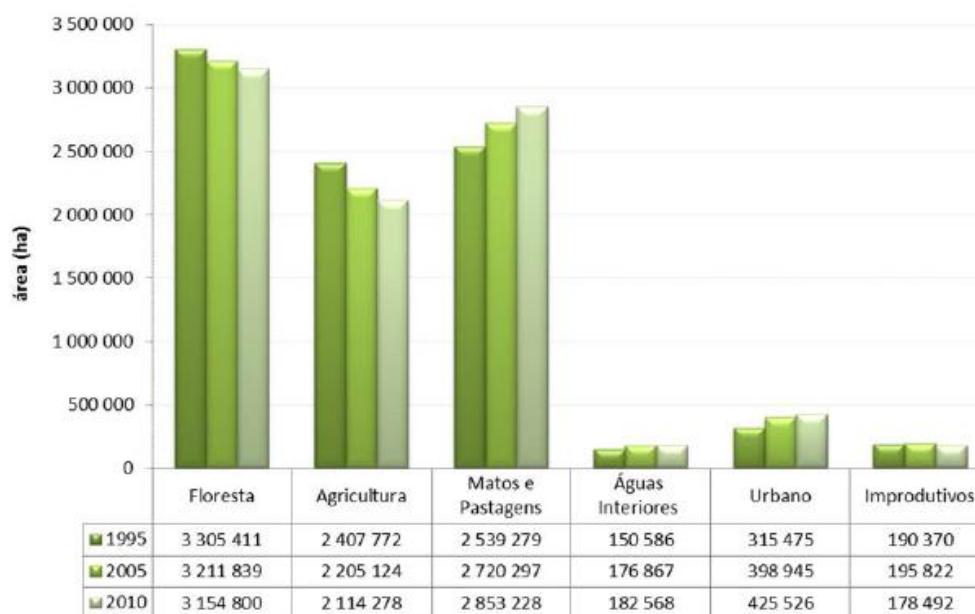
p.6826).

Em termos legais a proteção e conservação da floresta encontra-se contemplada bem como o seu desenvolvimento sustentável, no entanto, a estratégia de gestão dos recursos florestais colocada em prática nem sempre assegura que estes direitos da floresta estejam salvaguardados.

## 3.2. Área Florestal em Portugal

O 6º Inventário Florestal Nacional apresenta os dados relativos à evolução do uso dos solos em Portugal continental e permite verificar a ocorrência, entre 1995 e 2010, de uma diminuição de cerca de 4,6% na área florestal. No entanto, a área arborizada (povoamentos<sup>4</sup> florestais), aumentou 0,4% durante o mesmo intervalo de tempo. A referir que a área atribuída a uso florestal inclui áreas arborizadas (povoamentos florestais) e áreas não arborizadas de forma temporária (devido a incêndios e cortes) mas de espectável regeneração no curto prazo (MAMAOT e ICNF, 2013a) (Figura 3)<sup>5</sup>.

Figura 3: Evolução dos usos do solo em Portugal continental entre 1995 e 2010



Fonte: MAMAOT E ICNF, 2013a, p.8

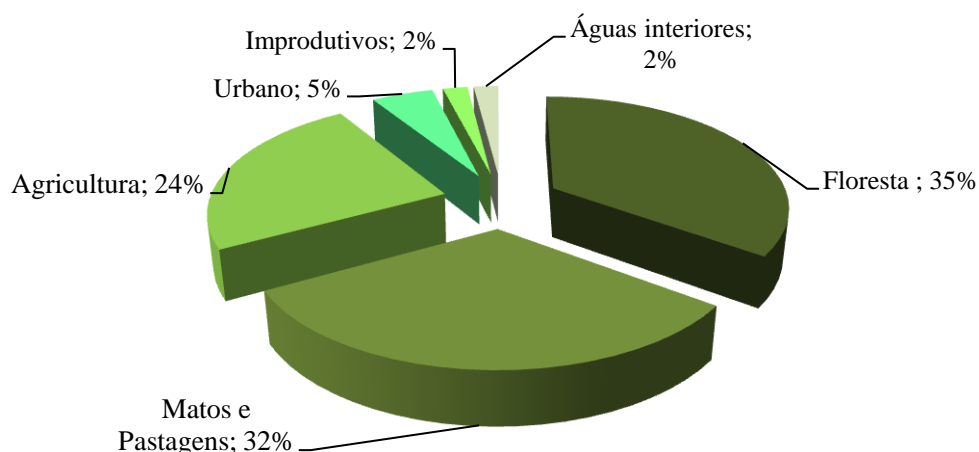
<sup>4</sup> Área ocupada com árvores florestais com um grau de cobertura no mínimo de 10%, que ocupa uma área no mínimo de 0,5 ha e largura não inferior a 20 metros. As árvores devem atingir, na maturidade, uma altura mínima de 5 metros (ICNF, s/d)

<sup>5</sup> Verificou-se igualmente uma diminuição da área agrícola de 12%, o que se deve em grande parte, ao abandono da atividade ligada à agricultura, sendo estas áreas convertidas em matos e pastagens. Inversamente, os espaços urbanos tiveram uma tendência de aumento de 35%, distribuído no período 1995 a 2005 (26%) e entre 2005 -2010 (7%) (MAMAOT e ICNF, 2013a).

A diminuição da área florestal deve-se em grande parte a três fatores: conversão dos solos de uso florestal para uso urbano, incêndios florestais e a realização de cortes de pinheiros-bravos. Estas áreas não arborizadas não têm um caráter temporário, não sendo no curto prazo convertidas em áreas arborizadas, passando a não ser contabilizadas como área florestal. Todavia, é de salientar o aumento da área arborizada devido à própria ação de regeneração da natureza e ações de arborização e rearborização (MAMAOT e ICNF, 2013a).

Assim, pelos últimos dados disponíveis para o ano de 2010 em termos de área territorial, a floresta em Portugal Continental ocupava cerca de 3,1 milhões de ha, o que corresponde a 35,4% do território nacional, sendo que de todos os usos do solo, este é aquele que predominava (Figura 4).

Figura 4: Distribuição dos usos do solo em Portugal continental para 2010



Fonte: Elaboração própria baseada em MAMAOT e ICNF, 2013a, p.7

É de salientar, que da área florestal total em 2010, 145.635 ha encontravam-se em regeneração, 41.010 ha correspondiam a área ardida (espectável de regeneração), 25.356 ha a área cortada (espectável de regeneração) e 2.942.800 ha a área arborizada (MAMAOT e ICNF, 2013a).

A propriedade das áreas florestais em Portugal continental é essencialmente privada (Alves et al., 2012). No entanto, existem dois tipos de proprietários privados: os proprietários florestais privados fora das áreas detidas pelas indústrias (designados proprietários florestais privados não industriais) e os proprietários privados industriais. Em Portugal os “proprietários florestais privados não industriais” têm um destaque especial. Assim, em 2005 a propriedade pública correspondia apenas a 15,8%, conseqüentemente, a propriedade privada a 84,2% do total de área florestal, dos quais apenas 6,5% referentes a proprietários privados industriais (DGRF, 2006 p. 9). O regime de propriedade privada em termos florestais tem características diferentes entre o Norte, Centro e Sul de Portugal continental. No Norte e Centro predominam as propriedades de pequena dimensão e distribuídas de forma fragmentada, enquanto no Sul as explorações florestais têm uma maior dimensão (DGRF, 2006).

Tendo em conta a propriedade privada que predomina no território português e o tipo de explorações pequenas e fragmentadas, a criação através do DL nº127/2005 das Zonas de Intervenção Florestal (ZIF)<sup>6</sup> veio promover o ordenamento do território florestal e colmatar a deficiente gestão do mesmo. Deste modo, a constituição das ZIF pode ser uma oportunidade de “aumentar” a dimensão das áreas florestais e melhorar a produção, certificação, gestão e proteção das mesmas (Guiomar et al., 2007 citado por Guiomar et al., 2011). Em Março de 2013, encontravam-se constituídas 162 ZIF de Norte a Sul de Portugal continental, o que equivale a uma área de 847.712 ha (MAMAOT e ICNF, 2013b).

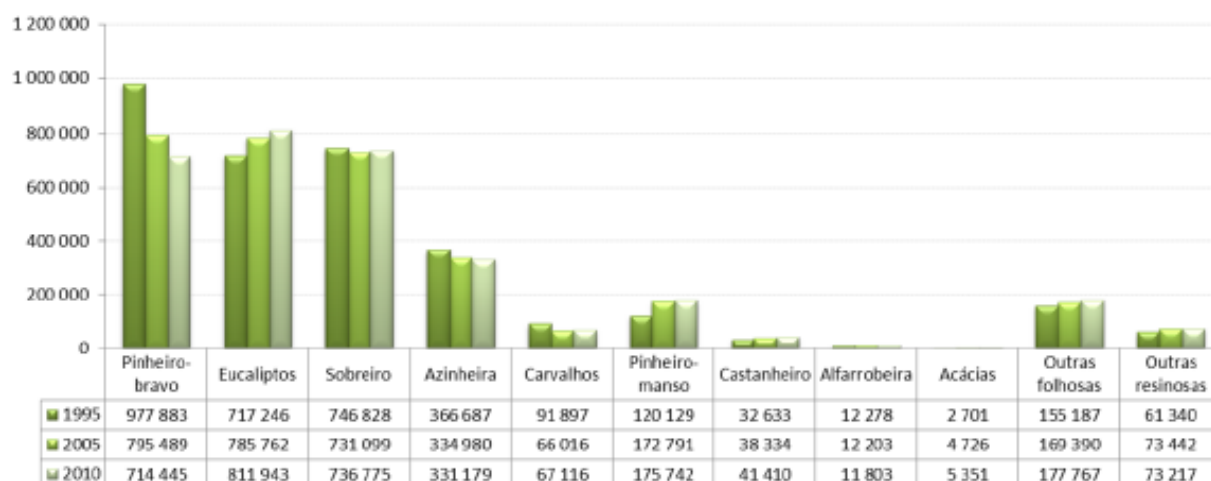
No que concerne ao tipo de espécie de árvores, através da Figura 5 é possível verificar a evolução da área atribuída a cada espécie entre 1995 e 2010. A área de pinheiro-bravo apresenta neste período uma redução de cerca de 263 mil ha, o que corresponde a

---

<sup>6</sup> Trata-se de uma área territorial contínua e delimitada, gerida por uma única entidade designada por Entidade Gestora, constituída maioritariamente por espaços florestais e submetida obrigatoriamente a um Plano de Gestão Florestal (PGF) e a um plano de defesa contra incêndios vinculativos para todos os proprietários e produtores abrangidos pela área territorial da ZIF. Estas Zonas de Intervenção têm como objetivos promover a gestão sustentável dos espaços florestais que as integram, planear e coordenar a proteção dos espaços florestais e reduzir as condições que dão origem a incêndios florestais conforme disposto no DL N° 15/2009 que revogou o DL N° 127/2005 (MADRP, 2009a).

aproximadamente 27%. Esta perda de área de pinheiro-bravo deve-se à alteração da área para matos e pastagens, em espaços urbanos, e em áreas florestais de eucalipto, como já foi descrito anteriormente. Assim, a conversão de área de pinheiro-bravo em eucaliptal contribui para o aumento de 13% da área de eucalipto, correspondente a 95 mil ha, para além da conversão de matos e pastagens e áreas agrícolas. A área de sobreiro sofreu uma ligeira diminuição de 10 mil ha, devido a uma conversão para áreas de matos e pastagens, no entanto, compensada pelo aumento da área de sobreiro por arborização de terrenos agrícolas. Para as restantes áreas verificou-se uma diminuição das áreas de azinheira (10%) e de carvalho (27%), e um aumento das áreas de pinheiro-manso (46%) e de castanheiro (27%) (MAMAOT e ICNF, 2013a, p.13).

Figura 5: Evolução das áreas totais por espécie em Portugal continental entre 1995 e 2010

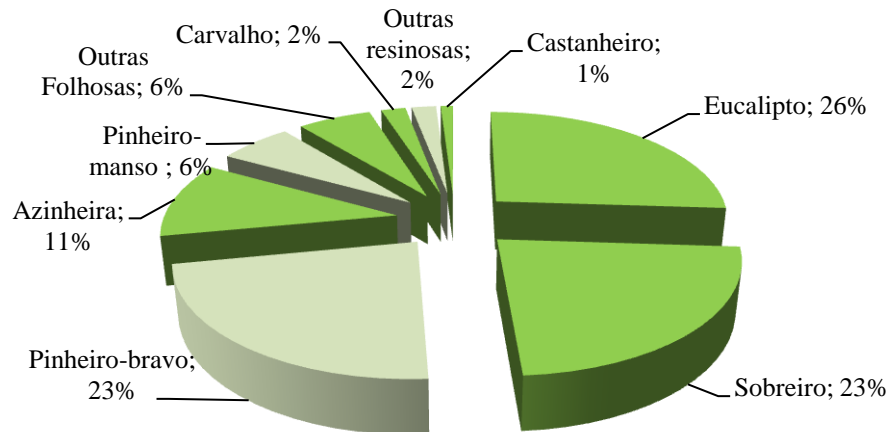


Fonte: MAMAOT e ICNF, 2013a, p.13

Presentemente, as três espécies dominantes na área de uso florestal em Portugal continental são o eucalipto que ocupa cerca de 26% (812 mil ha), de seguida o sobreiro com aproximadamente 23% (737 mil ha) e o pinheiro-bravo com igualmente 23% (714 mil ha) (MAMAOT e ICNF, 2013a) (Figura 6). Relativamente à sua localização, o pinheiro-bravo concentra-se sobretudo no Norte e Centro. O eucalipto predomina ao longo de todo o litoral e toda a bacia do rio Tejo. O sobreiro localiza-se essencialmente no Ribatejo, Alentejo e litoral do Algarve. Assim, as espécies resinosas (pinheiro-bravo

e pinheiro-manso) correspondem a 31% da floresta portuguesa, sendo 69% ocupada por espécies folhosas (eucalipto, sobreiro, azinheira, carvalho e castanheiro) (MAMAOT e ICNF, 2013a).

Figura 6: Distribuição das áreas totais por espécies em Portugal continental para 2010



Fonte: Elaboração própria baseada em MAMAOT e ICNF, 2013a, p.11

No século XX esta hierarquia de espécies tinha como espécie dominante o pinheiro-bravo, tendo sido a espécie utilizada para a reflorestação ou expansão florestal que decorreu nessa época (Alves et al.,2012).Contudo, com o surgimento das indústrias de celulose a opção recaiu muito mais pelo eucalipto, cuja espécie tem um crescimento mais rápido. Assim, entre 1966 e 1974 as indústrias de celulose arborizaram cerca de 44.693 ha, no Sul com a substituição dos campos de trigo por eucaliptos, a Norte com a substituição do pinheiro bravo por eucalipto (Mendes e Fernandes, 2007 citado por Barbosa, 2009). Para além da sua substituição pelo eucalipto, a diminuição do pinheiro-bravo deve-se também à ocorrência de incêndios em áreas de pinhal e pela ampliação das áreas urbanas (Alves et al., 2012).

A referir que são vários os fatores que colocam em risco a conservação e sustentabilidade da floresta, nomeadamente, os incêndios, as alterações climáticas, as pragas e a intervenção humana. Os incêndios são uma das maiores dificuldades com que

se depara a floresta portuguesa.

Entre 2003 e 2005, 85% da área ardida derivava de médios e grandes incêndios - classificação para uma área ardida correspondente a mais de 100 ha (DGRF, 2006 p.16). O predomínio de monoculturas pode potenciar o risco de incêndios, o que mostra a necessidade de apostar na diversidade de espécies florestais (Lopes, 2013). Assim, o risco de incêndio e a sua ocorrência leva à opção por espécies de ciclo mais curto como é o eucalipto em detrimento de espécies de ciclo mais longo como o pinheiro-bravo (Pereira J. S. et al., 2009). No entanto, o tipo de espécie de árvore elegido para a arborização pode ser um fator de risco para a biodiversidade (Pereira H. M. et al., 2009).

A par disto, “as alterações climáticas estão também intrinsecamente associadas à ocorrência de incêndios dado os picos extremos de calor que Portugal tem sofrido na época de verão” (Pereira J. S. et al., 2009, p.184). E prevê-se que no futuro ocorra uma subida considerável da temperatura, em termos médios, em Portugal (DGRF, 2006, p.14). Outro aspeto negativo, para além dos incêndios, que decorre das alterações climáticas são alterações nas espécies florestais e a sua distribuição. No limite, algumas espécies podem perecer prevenindo-se, embora com limitações que outras venham a substituir as existentes: a Norte os pinheiros-bravos e os eucaliptos por sobreiro; a Sul a floresta pode ser transformada em área de matos (DGRF, 2006 p.15).

Outra questão relevante está relacionada com a diminuição do fornecimento de petróleo e o aumento da opção por energias renováveis, nomeadamente biocombustíveis, o que aumenta a pressão sobre as florestas na obtenção de recursos energéticos (Koh e Wilcove, 2007 citado por Prideaux et al., 2012). Em Portugal, 15,3% da energia elétrica gerada a partir de fontes renováveis em 2011 tinha como proveniência a biomassa (DGEG, s/d). Todavia, a sua utilização deve ser moderada e ponderada, pois a procura de biomassa em larga escala potencia a desflorestação, destruição da fauna e flora e a erosão do solo.

### **3.3. Sequestro de carbono por espécie**

A floresta é um dos ecossistemas que mais permite armazenar CO<sub>2</sub>, cerca de 85% em termos mundiais (Houghton, 1994 citado por Silveira et al., 2008). Dados para 2007 revelam que a floresta nacional sequestrou nesse ano 5,44 milhões de toneladas (Mt) de CO<sub>2</sub>, sendo que deste valor 4,86 Mt CO<sub>2</sub> foram sequestrados por florestas já existentes e 0,58 Mt CO<sub>2</sub> por florestas que resultaram da conversão de solo para uso florestal (Pereira H. M. et al., 2009). Estes valores expressivos devem-se ao facto de as árvores permitirem captar uma quantidade significativa de CO<sub>2</sub> da atmosfera e armazenar o mesmo nas suas folhas, ramos, caules, cascas e raízes, sendo que o carbono armazenado corresponde a 50% do peso da biomassa de uma árvore. Diversos modelos têm sido desenvolvidos por forma a estimar o carbono sequestrado pelas florestas (Johnson e Coburn, 2010).

Consequentemente tem ganho importância a tentativa de padronizar os métodos utilizados para quantificar o carbono sequestrado pela floresta nos inventários florestais nacionais. (Brown, 2002 e Löwe et al., 2000 citados por Faias, 2009). Como visto anteriormente, a quantificação do carbono sequestrado tem como base a estimativa da biomassa florestal, e uma das definições mais comuns de biomassa é “a quantidade expressa em massa do material vegetal disponível numa floresta, sendo que os componentes de biomassa geralmente estimados são a biomassa viva horizontal acima do solo, composta de árvores e arbustos, a biomassa morta acima do solo, composta pela serapilheira e troncos caídos, e a biomassa abaixo do solo, composta pelas raízes. A biomassa total é dada pela soma de todos esses componentes” (Martinelli et al., 1994 citado por Silveira et al., 2008, pp. 187).

Segundo Higuchi e Carvalho (1994 citado por Silveira et al., 2008) podem ser adotados dois métodos de estimativa para a biomassa florestal. O primeiro é o método direto e pressupõe uma contagem direta através do derrube de uma amostra de árvores e a pesagem de todas as componentes que podem constituir biomassa, contudo, este método apesar de mais rigoroso tem custos significativos. Outro método é o indireto, mais

utilizado atualmente, e consiste em estimativas através de equações alométricas<sup>7</sup> que incluem variáveis como o diâmetro e a altura das árvores, cujos valores são obtidos através de inventários florestais (Somogyi et al., 2006 citado por Silveira et al., 2008).

Após a obtenção do valor da biomassa é utilizado um fator de conversão de 0,5 para estimar o valor do carbono armazenado, dado que “a massa de carbono representa aproximadamente 50% da biomassa” (Alves et al., 2012, p.575). É de salientar que o carbono que se encontra na biomassa florestal varia de acordo com as espécies florestais, no entanto, o fator de conversão mais comumente usado em estudos é de 0,5. Posteriormente, para se auferir o valor de CO<sub>2</sub> correspondente ao carbono contido na biomassa é necessário considerar que, por cada tonelada de carbono, são sequestradas 3,67 toneladas de CO<sub>2</sub> (Fernandes et al., 2008 citado por Lopes e Miola, 2010).

O Relatório sobre a Avaliação para Portugal do *MEA* faz referência ao potencial de sequestro de carbono ao nível da biomassa florestal para as principais espécies de árvores da floresta portuguesa. Destaca-se o eucalipto com 15-32 t CO<sub>2</sub>/ha/ano. Outra espécie é o pinheiro-bravo com um intervalo de sequestro na ordem das 15-26 t CO<sub>2</sub>/ha/ano. Por último o sobreiro com valores entre 1,0-5,1 t CO<sub>2</sub>/ha/ano (Pereira H. M. et al., 2009).

Os valores de sequestro de carbono mencionados para o pinheiro-bravo foram obtidos através de equações alométricas, já os valores para o eucalipto e sobreiro resultam da mensuração “da produtividade líquida do ecossistema durante o crescimento”<sup>8</sup> (Pereira H. M. et al., 2009, p.703).

Verifica-se que o valor sequestrado de carbono varia entre espécies de árvores. O pinheiro-bravo/*pinus pinaster* tem uma capacidade significativa de sequestro de carbono tal como o eucalipto (Pereira J. S. et al., 2007). No entanto, os eucaliptos/*eucalyptus globulus* sequestram quantidades superiores de CO<sub>2</sub> (Pereira J. S. et al., 2007).

---

<sup>7</sup> A alometria para o caso florestal pode ser definida como “uma relação de proporcionalidade das dimensões, nomeadamente, a relação entre a altura e o diâmetro dos troncos” (Alves et al., 2012, p.573).

<sup>8</sup> A produtividade líquida do ecossistema é definida como “a quantidade de carbono que efetivamente fica no ecossistema depois da ação de consumidores e decompositores” (Alves et. al., 2012, p.587)

Relativamente ao sobreiro/*quercus suber*, é uma das espécies que menos CO<sub>2</sub> sequestra mas a quantidade sequestrada é menos inconstante (Alves et al., 2012).

## 4. Sequestro de carbono pela floresta portuguesa – cenários de valoração

### 4.1. Metodologia

No sentido de tentar estimar um valor “de mercado” para o sequestro de carbono proporcionado pela floresta portuguesa, este trabalho segue um método de mercado de substituição, e para tal vai ser adotada como *proxy* o preço do CO<sub>2</sub> determinado no mercado de licenças de emissão. Recorrendo ao mercado de CO<sub>2</sub>, segue-se uma tentativa de aferir um valor monetário para o “valor” do carbono e, em consequência, do seu sequestro. De acordo com Alves et al. (2012, p.55) “Ainda que muitos dos serviços não possuam ainda valor de mercado, a fixação de carbono como medida de mitigação das emissões de GEE, pode ser já transacionável”. Deste modo, adota-se a premissa de que se a emissão de uma tonelada de CO<sub>2</sub> em mercado vale x€, o sequestro de uma tonelada de CO<sub>2</sub> valerá também x€. Ou seja, o valor de permitir emitir uma tonelada de CO<sub>2</sub> reflete o custo que essa tonelada de poluição tem para a sociedade, quando esse nível de poluição é evitado através do sequestro de carbono é possível considerar esse valor como o benefício obtido pela sociedade, e daqui determinar o valor deste serviço do ecossistema florestal.

O mercado de licenças de emissão é um instrumento que permite comprar licenças de acordo com aquilo que é necessário emitir em termos de CO<sub>2</sub>. Este mercado surge na sequência da ratificação do Protocolo de Quioto em 2002, cujo objetivo passou pela redução das emissões de GEE. No caso europeu, é aprovado pela UE o Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) que entrou em vigor a Janeiro de 2005 (Chaves, 2013). No entanto, trata-se de um sistema “*cap and trade*”, primeiramente é definido um limite de emissão de CO<sub>2</sub> ou um limite máximo de poluição, este nível de emissões de CO<sub>2</sub> permitido é dividido em licenças que são posteriormente negociadas em mercado. Cada licença equivale à permissão de emitir uma tonelada de CO<sub>2</sub> pelas instalações determinadas para participarem no mercado, sendo denominadas como *European Union Allowances* (EUA). Entre 2005 a 2007 decorreu a fase piloto do CELE, um teste a um mercado experimental ainda sem conhecimentos de como os

preços se comportariam. Neste primeiro período a atribuição de licenças, muito além das necessárias para as emissões que foram verificadas, tornou-se um dos fatores decisivos para o decréscimo acentuado do preço das licenças para valores que não traduziam, de forma alguma, o valor do carbono, tendendo inclusivamente no fim do período para um valor nulo<sup>9</sup>. Ou seja, o mercado experimental não ofereceu condições mínimas que permitissem valorar o carbono (Chaves, 2013).

A partir de 2008 até 2012 teve lugar o segundo período do mercado<sup>10</sup>. Nesta fase, o mercado continua a demonstrar uma grande volatilidade, tendo o preço variado entre 5,73€/t CO<sub>2</sub> (mínimo) e 28,3€/t CO<sub>2</sub> (máximo), registando-se o preço médio na ordem dos 13,92€/t CO<sub>2</sub> (Figura7) (Figura I.1 a Figura I.5).

Figura 7: Evolução do preço das *European Union Allowances* entre 2008 e 2012 – segunda fase



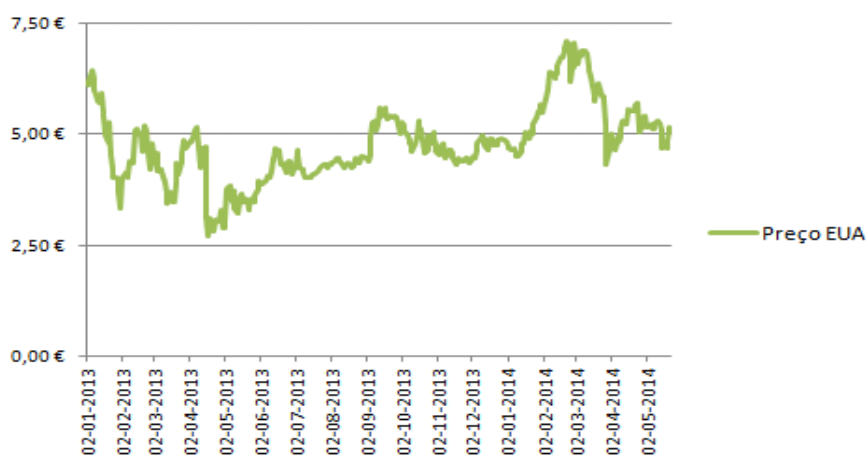
Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

<sup>9</sup> É de salientar também a impossibilidade de transferir licenças do período 2005-2007 para a fase seguinte 2008-2012, denominado como restrições de *banking*, sendo que as licenças do primeiro período não tiveram qualquer valor no segundo período, o que contribuiu também para o declínio brusco dos preços no seu término (Chaves, 2013).

<sup>10</sup> Este período é também designado pela “primeira fase” formal do mercado mas para efeitos desta dissertação seguiremos a classificação de primeira fase (experimental) entre 2005-2007, segunda entre 2008-2012 e terceira entre 2013-2020.

Atualmente, decorre a terceira fase do mercado, compreendida entre 2013 e 2020. Por forma a reduzir a volatilidade do preço, no início deste terceiro período ficou definido que a atribuição de licenças gratuitas bem como as licenças disponíveis em mercado será reduzida de forma gradual ao longo dos anos. A expectativa é que a menor oferta de licenças faça o preço subir (SendeCO<sub>2</sub>, s/d). Entre 2013 e Maio de 2014, o preço das *EUA* variou entre 2,7€/t CO<sub>2</sub> (mínimo) e 7,12€/t CO<sub>2</sub> (máximo), registando-se o preço médio na ordem dos 4,77€/t CO<sub>2</sub> (Figura8) (Figura I.6 a Figura I.7).

Figura 8: Evolução do preço das *European Union Allowances* entre 2013 e Maio de 2014<sup>11</sup> – terceira fase, a decorrer



Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Ao longo destes períodos (de 2008 até Maio de 2014) verificou-se globalmente que o preço das licenças foi extremamente variável (Figura 9), dependendo de vários fatores. Assim do lado da oferta, o número de créditos distribuídos em mercado; do lado da procura, da expectativa de emissões de CO<sub>2</sub> que por sua vez dependerá de múltiplos fatores, entre eles, necessidade de produção das indústrias, das fontes de energia utilizadas e respetivos preços, do nível de eficiência energética adotado, da situação económica dos países e da situação climática e meteorológica verificada nos anos em análise.

<sup>11</sup> A recolha de informação para este trabalho deu-se por terminada em Maio de 2014.

Figura 9: Evolução do preço das *European Union Allowances* entre 2008 e Maio de 2014



Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Para a análise dos cenários que se segue, e uma vez que 2005 a 2007 constituiu uma fase experimental, optou-se aqui por apenas tratar a informação entre o período compreendido entre os anos de 2008 e 2012, a que corresponde a 2ª fase do CELE, e entre 2013 até Maio de 2014, a que correspondem os dois primeiros anos da 3ª fase do CELE, que se encontra a decorrer e que terminará em 2020. Através da Figura 9 é possível verificar a volatilidade, anteriormente referida mas aqui de forma global (segunda e terceira fase), que o preço das licenças de emissão apresentou ao longo do tempo, em que o preço mínimo atingiu os 2,7€/t CO<sub>2</sub> e o máximo 28,3€/t CO<sub>2</sub>, verificando-se um preço médio de 11,92€/t CO<sub>2</sub>. Mais detalhadamente se apresenta essa evolução, ano a ano, no anexo I.<sup>12</sup>

Já considerando apenas a terceira fase observa-se que a evolução do preço apresentou inicialmente uma tendência decrescente, mantendo-se menos volátil do que o panorama geral e apresentando até uma ligeira ascensão em 2014 o que pode ser resultado das novas medidas adotadas e pode significar uma ligeira inversão da tendência de mercado até aí. Os preços máximo e mínimo nesta terceira fase foram de respetivamente 7,12€/t CO<sub>2</sub> e 2,7€/t CO<sub>2</sub> (SendeCO<sub>2</sub>, s/d).

<sup>12</sup> Ver Figuras I.6 e I.7, anexo I.

Como visto anteriormente, o mercado de carbono é influenciado por diferentes fatores como o preço da energia, políticas energéticas adotadas, condições meteorológicas, entre outros fatores de ordem política e institucional (Chevallier 2011; Creti et al., 2012 citado por Simões, 2014) e por conseguinte afeta o preço das licenças de emissão tornando a sua antevisão incerta (Koop e Tole 2011 citado por Simões, 2014). Todavia, segundo o (CMC) Comité de Mudanças Climáticas (*Committee on Climate Change UK*, 2009 citado por Simões, 2014) o preço das licenças de emissão poderá rondar os 22€/tCO<sub>2</sub> no ano de 2020, valor que será adotado como um possível preço das licenças numa perspetiva “futura”.

Esta instabilidade dos preços das licenças de emissão constitui uma dificuldade na análise de valoração, todavia, é um valor quantitativo a utilizar como referência neste trabalho, facultado por uma fonte oficial, nomeadamente o CELE, pelo que se considera que dentro das hipóteses de mercado de substituição existentes este é, pesem embora os inconvenientes já apontados, o mais adequado.

Devido à existência de preços tão distintos serão criados cenários de valoração para preços considerados como valor de referência “mínimo”, “máximo”, “médio” e “espectável/futuro”.

Após assumir o preço unitário das licenças de emissão por tonelada de CO<sub>2</sub> no mercado europeu como *proxy* do valor de uma tonelada de CO<sub>2</sub>, vai adotar-se no exercício de construção dos cenários a quantidade em toneladas de CO<sub>2</sub> sequestrado durante um ano/ha das principais espécies de árvores da floresta portuguesa e o número total de ha que essas espécies ocupam em território nacional.

Há que salientar algumas limitações desta estimativa. Em primeiro lugar, neste estudo a estimativa emprega os dados de apenas três espécies de árvores, no entanto, as mesmas correspondem a cerca de 72% da área florestal em Portugal continental, passíveis de serem uma “amostra” representativa da floresta nacional. Ao pinheiro-bravo corresponde uma área de 714.445 ha (23%), ao eucalipto 811.943 ha (26%) e ao sobreiro 736.775 ha (23%). Estes dados têm como ano de referência 2010, o último para

o qual os valores disponíveis são os mais atualizados (MAMAOT e ICNF, 2013a).

Em segundo lugar, aqui são contabilizados os ha das espécies dominantes, no entanto, nem todos os povoamentos da mesma espécie se encontram na mesma fase de crescimento. A maioria das espécies sequestra carbono a partir de uma determinada fase de crescimento, por exemplo, o sobreiro leva 4 anos até começar a captar carbono. Por outro lado, numa fase posterior (envelhecimento) as espécies capturam menos carbono. Todavia, esta questão não será tida em conta uma vez que neste exercício de valoração não se tem como objetivo pormenorizar essas informações, pretendendo-se somente propor uma metodologia de valoração do sequestro de carbono, apoiada no mercado de substituição escolhido - o do CELE.

Os valores adotados para a quantidade de sequestro de carbono por ha de espécie são mencionados no Relatório da Avaliação para Portugal no âmbito do *MEA* e encontram-se expressos em intervalos de valores: o eucalipto com 15-32 t CO<sub>2</sub>/ha/ano; o pinheiro-bravo com um intervalo de sequestro na ordem das 15-26 t CO<sub>2</sub>/ha/ano e o sobreiro com valores entre 1,0-5,1 t CO<sub>2</sub>/ha/ano (Pereira H. M. et al., 2009). Dado o facto de existirem intervalos para a quantidade de CO<sub>2</sub> sequestrado por espécie, nos cenários projetados posteriormente serão discriminados os limites inferiores e superiores de sequestro por espécie.

## 4.2. Cenários

Essencialmente existem quatro cenários a considerar tendo em conta o preço das licenças de emissão no CELE: o cenário “baixo” a que corresponde o preço mínimo registado, o cenário “alto” que equivale ao preço máximo, o cenário “médio” em que é utilizado o preço médio verificado no conjunto da segunda e terceira fases e o cenário “futuro” recorrendo ao preço estimado para o ano de 2020 recomendado pelo Comité de Mudanças Climáticas.

### Cenário “Baixo”

Tabela 2: Cenário projetado para o preço mínimo das *EUA* verificado entre 2008 e Maio de 2014

Preço das licenças de emissão €/tCO <sub>2</sub>		Eucalipto					
		Limite inferior			Limite superior		
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	32t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
Preço mínimo	2,70 €	40,50 €	811.943	32.883.691,50 €	86,40 €	811.943	70.151.875,20 €
		Pinheiro-bravo					
		Limite inferior			Limite superior		
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	26t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
		40,50 €	714.445	28.935.022,50 €	70,20 €	714.445	50.154.039,00 €
		Sobreiro					
		Limite inferior			Limite superior		
		1,0t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	5,1t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
		2,70 €	736.775	1.989.292,50 €	13,77 €	736.775	10.145.391,75 €
		TOTAL					
		Limite inferior			Limite superior		
				63.808.006,50 €			130.451.305,95 €

Fonte: Elaboração própria

**Cenário “Alto”:**

Tabela 3: Cenário projetado para o preço máximo das *EUA* verificado entre 2008 e Maio de 2014

Preço das licenças de emissão €/tCO <sub>2</sub>		Eucalipto					
		Limite inferior			Limite superior		
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	32t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
Preço máximo	28,30 €	424,50 €	811.943	344.669.803,50 €	905,60 €	811.943	735.295.580,80 €
		Pinheiro-bravo					
		Limite inferior			Limite superior		
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	26t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
		424,50 €	714.445	303.281.902,50 €	735,80 €	714.445	525.688.631,00 €
		Sobreiro					
		Limite inferior			Limite superior		
		1,0t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	5,1t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
		28,30 €	736.775	20.850.732,50 €	144,33 €	736.775	106.338.735,75 €
		TOTAL					
		Limite inferior			Limite superior		
				668.802.438,50 €			1.367.322.947,55 €

Fonte: Elaboração própria

**Cenário “Médio”:**

Tabela 4: Cenário projetado para o preço médio das *EUA* verificado entre 2008 e Maio de 2014

Preço das licenças de emissão €/tCO2		Eucalipto					
		Limite inferior			Limite superior		
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	32t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
Preço médio	11,92 €	178,80 €	811.943	145.175.408,40 €	381,44 €	811.943	309.707.537,92 €
		Pinheiro-bravo					
		Limite inferior			Limite superior		
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	26t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
		178,80 €	714.445	127.742.766,00 €	309,92 €	714.445	221.420.794,40 €
		Sobreiro					
		Limite inferior			Limite superior		
		1,0t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	5,1t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
		11,92 €	736.775	8.782.358,00 €	60,79 €	736.775	44.790.025,80 €
		TOTAL					
		Limite inferior			Limite superior		
				281.700.532,40 €			575.918.358,12 €

Fonte: Elaboração própria

## Cenário “Futuro”:

Tabela 5: Cenário projetado para o preço das *EUA* estimado para o ano de 2020 pelo Comité de Mudanças Climáticas

Preço das licenças de emissão €/tCO <sub>2</sub>		Eucalipto					
		Limite inferior			Limite superior		
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	32t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
Preço futuro	22,00 €	330,00 €	811.943	267.941.190,00 €	704,00 €	811.943	571.607.872,00 €
		Pinheiro-bravo					
		Limite inferior			Limite superior		
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	26t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
		330,00 €	714.445	235.766.850,00 €	572,00 €	714.445	408.662.540,00 €
		Sobreiro					
		Limite inferior			Limite superior		
		1,0t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro	5,1t CO <sub>2</sub> /ha/ano	hectares	Valor do sequestro
		22,00 €	736.775	16.209.050,00 €	112,20 €	736.775	82.666.155,00 €
		TOTAL					
		Limite inferior			Limite superior		
				519.917.090,00 €		1.062.936.567,00 €	

Fonte: Elaboração própria

### 4.3. Resultados

Da análise da Tabela 6 é possível observar o resumo dos valores obtidos para o sequestro de carbono pela floresta nacional para os quatro cenários gerados e os respetivos preços, tendo em linha de conta os limites inferiores e superiores para as quantidades de CO<sub>2</sub> sequestrado pelas espécies dominantes em Portugal.

Tabela 6: Resumo dos valores obtidos dos cenários projetados €/ano

Cenários	Preço das licenças de emissão €/tCO <sub>2</sub>		TOTAL	
			Limite inferior de sequestro por espécie	Limite superior de sequestro por espécie
Cenário "Baixo"	Preço mínimo	2,70 €	63.808.006,50 €	130.451.305,95 €
Cenário "Alto"	Preço máximo	28,30 €	668.802.438,50 €	1.367.322.947,55 €
Cenário "Médio"	Preço médio	11,92 €	281.700.532,40 €	575.918.358,12 €
Cenário "Futuro"	Preço futuro	22,00 €	519.917.090,00 €	1.062.936.567,00 €

Fonte: Elaboração própria

Os preços usados<sup>13</sup> na projeção no cenário “baixo” e no cenário “alto” são preços “reais” e permitem verificar o quanto pode ser variável o valor económico do sequestro de carbono segundo o mercado de substituição usado nesta estimativa. Hipoteticamente, quanto mais baixo o preço de “poluir” menor o valor do serviço que permite diminuir os valores de poluição. Por este ponto de vista e numa hipótese limite de não existência de emissões de CO<sub>2</sub>, o valor do serviço de sequestro de carbono tenderia a ser muito baixo ou quase nulo.

O preço futuro ou estimado mostra um preço superior das licenças de emissão face aos atuais, o que também se aplica segundo a lógica deste exercício, ao valor do sequestro de carbono. Este aumento previsto pelo Comité de Mudanças Climáticas em 2009 pode encontrar aqui uma aplicação, se forem equacionadas mudanças em relação à situação atual como uma retoma económica, uma maior atividade industrial e um consequente

<sup>13</sup> Nas Tabelas II. 1, Tabela II.2, Tabela II.3 e Tabela II.4 constam valores para outros preços verificados no CELE.

aumento da procura das licenças, além da adoção de novas regras de correção de mercado.

Os valores obtidos pelas projeções podem variar entre 64 milhões ou 1 bilhão de euros. Esta discrepância não é só resultado da variação do preço das licenças de emissão. É de salientar, como verificado no ponto anterior, a hierarquia das espécies dominantes em termos de contribuição para o valor do sequestro de carbono pela floresta nacional, nomeadamente em primeiro lugar o eucalipto, seguido do pinheiro-bravo e por último o sobreiro. Esta classificação está intrinsecamente ligada às quantidades de CO<sub>2</sub> sequestradas por cada espécie e pelos ha que cada uma delas ocupa. Estas variáveis influenciam também de forma expressiva o valor do sequestro de carbono.

Apesar de todos os fatores que podem influenciar o valor deste serviço do ecossistema florestal, o seu valor mesmo no cenário “baixo”, com o limite inferior de sequestro de carbono, é bastante significativo, correspondendo a aproximadamente 64 milhões de euros, quantia essa que mesmo subestimada, pelas razões já invocadas, não é considerada, quando se procede a uma avaliação económica dos serviços da floresta no seu todo. Assim, embora o valor possa ser impreciso e pecar por defeito, dá uma indicação clara que o sequestro de carbono não pode continuar a ser negligenciado nos estudos da especialidade.

## 5. Conclusões

Um dos maiores problemas ambientais com que o mundo se depara são as alterações climáticas, cujo impacto não se limita aos danos causados no ambiente mas também se estende ao domínio social e económico. As florestas para além de serem consideradas um dos maiores patrimónios naturais são consideradas as grandes precursoras na mitigação das alterações climáticas. Por seu lado, uma das consequências mais notórias das alterações climáticas é a ocorrência de temperaturas extremas, que no caso de serem muito elevadas aumenta a probabilidade e intensidade de ocorrência de incêndios. Os incêndios são um dos piores flagelos que a floresta nacional enfrenta, e consequentemente, para além dos impactos nas populações, na economia, na biodiversidade, o serviço de sequestro de carbono é também bastante penalizado. Assim, se as alterações climáticas penalizam a prestação do serviço de sequestro de carbono pelas florestas via combustão, verifica-se que existe um ciclo vicioso entre alterações climáticas e o sequestro de carbono, visto que o mesmo é uma das principais soluções no combate às alterações climáticas.

Como verificado anteriormente, a função de regulação do clima através do sequestro de carbono é um, entre muitos, dos serviços prestados pelo ecossistema florestal, no entanto, ao contrário por exemplo da produção de madeira, o valor do sequestro não é expresso em mercado ou, dito de outra forma, não possui valor em mercado.

Todavia, torna-se evidente que para além do contributo muito significativo para a economia, para a criação de emprego, para a sua parcela no PIB e o seu peso nas exportações, em termos de serviço de sequestro de carbono a floresta tem também um contributo bastante significativo, que se pode quantificar num valor económico.

Deste modo, o objetivo deste estudo foi obter uma possível estimativa para o valor do sequestro de carbono, nomeadamente, pela floresta nacional. Foram utilizados as espécies predominantes em Portugal continental e intervalos de valor para o sequestro de CO<sub>2</sub> para cada uma delas. Como *proxy* do valor do CO<sub>2</sub> foi utilizado o preço das licenças de emissão no CELE. É de salientar que o valor estimado para este serviço

varia de acordo com o tipo de floresta, as espécies florestais que a constituem e o clima da região onde a mesma se encontra.

No cenário “baixo” e tendo em conta o limite inferior de sequestro por espécie, o valor mínimo estimado para o sequestro de carbono pela floresta portuguesa é de aproximadamente de 64 milhões de euros por ano. Contudo, outros valores de índole ambiental e social não conseguem ser capturados na sua totalidade pelas estimativas económicas.

No entanto, deve ter-se em conta que o cálculo deste valor está intrinsecamente ligado aos pressupostos da metodologia adotada, aos cenários propostos constituindo portanto em primeira linha um “sinal” da valorização do sequestro de carbono, devendo ser realizados estudos futuros para aprimorar este resultado.

Apesar deste valor significativo obtido no cenário “baixo”, os planos nacionais de proteção para a floresta nacional negligenciaram até agora o valor total da floresta, sendo um dos indicadores deste facto o número elevado de incêndios que se verificam e que continuam a fustigar a floresta, e conseqüentemente, a prejudicar duplamente o benefício obtido através do sequestro de carbono (diminuir o número de árvores, diminuindo o sequestro de CO<sub>2</sub> e com a queima das mesmas libertando CO<sub>2</sub>). Em zonas florestais cuja propriedade é privada e com finalidades industriais muitos aspetos de valoração são tidos em linha de conta, dado que existe um objetivo económico a cumprir através por exemplo da venda de madeira, cortiça, etc.. O que já não acontece na restante área florestal. Não obstante, independentemente da propriedade, muitos dos outros serviços do seu ecossistema que constituem externalidades positivas para toda a sociedade são descurados, nomeadamente o sequestro de carbono que enferma da contradição de, apesar de ser vital, não ter qualquer valor de expressão económica o que é uma fator decisivo para ser negligenciado.

Verificado um possível valor económico do serviço de sequestro de carbono, o mesmo deveria criar um incentivo para que os planos nacionais de proteção e conservação da floresta incluíssem nos seus objetivos a promoção do aumento do sequestro de carbono

pelas florestas nacionais. Propõe-se então, que este aumento do sequestro de carbono podia ser fomentado através de 1) medidas contra a ocorrência de incêndios; 2) regeneração de áreas ardidas ou cortadas; 3) criação de uma limitação à conversão de áreas florestais em áreas urbanas ou sem utilização; 4) plantio das espécies com maior potencial de sequestro; 5) acompanhamento da evolução das espécies garantindo a sua regeneração, dado que numa fase em que as espécies estão mais envelhecidas assiste-se ao declínio da acumulação de carbono.

A atividade de silvicultura não pode ter apenas como objetivo a exploração da floresta mas também a sua regeneração, reforçando o ecossistema florestal e todos os outros serviços fornecidos pelo mesmo. Deste modo, a gestão florestal deve ter implícita a sustentabilidade e os diversos valores que a floresta fornece.

## Bibliografia

- Alves, A. M., J. S. Pereira e A. V. Correia (2012), “Silvicultura: a gestão dos ecossistemas florestais”, *Fundação Calouste Gulbenkian*, Lisboa.
- AR, Assembleia da República (1996), “Lei nº33/96”, *Diário da República*, I - Série A Nº190 1996.
- Badola, R., S. A. Hussain, B. K. Mishra, B. Konthoujam, S. Thapliyal e P. M. Dhakate (2010), “An assessment of ecosystem services of Corbett Tiger Reserve, India”, *Environmentalist*, Vol.30, pp. 320-329.
- Barbosa, C. M. S. R. (2009), “A biodiversidade na floresta: políticas vs. visão dos proprietários”, Dissertação de Mestrado em Ecologia, Biodiversidade e Gestão de Ecossistemas, Universidade de Aveiro Departamento de Biologia.
- Bateman, I. J. e A. A. Lovett (2000), “Estimated Value of Carbon Sequestered in Softwood and Hardwood Trees, Timber Products and Forest Soils in Wales”, *Journal of Environmental Management*, Vol.60, pp.301-323.
- Baveye, P. C., J. Baveye e J. Gowdy (2013), “Monetary valuation of ecosystem services: It matters to get the timeline right”, *Ecological Economics*, Vol.95, pp. 231-235.
- Chaves, C. (2013), Materiais didáticos da Unidade Curricular de Mercados de Licenças de Emissão, Mestrado de Economia e Gestão do Ambiente, Faculdade de Economia do Porto (não publicado).
- Costanza, R., R. d’Arge, R. De Groot, S. Farberk, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O’Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Suttonkk e M.van den Belt (1997), “The value of the world’s ecosystem services and natural capital”, *Nature*, Vol.387, pp 253-260.

- Croitoru, L. (2007), “How much are Mediterranean forests worth?”, *Forest Policy and Economics*, Vol.9, pp. 536-545.
- Da Motta, R. S. (2011), “Valuation and pricing of environmental resources for a green economy”, *Política Ambiental*, Nº8, pp. 174-185.
- Daily, Gretchen (1997), “Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems”, *Island Press*, 1997.
- De Groot, R. S., M. A. Wilson e R. M. J. Boumans (2002), “A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services”, *Ecological Economics*, Vol. 41, pp. 393-408.
- Deal, R. L., B. Cochran e G. La Rocco (2012), “Bundling of ecosystem services to increase forestland value and enhance sustainable forest management”, *Forest Policy and Economics*, Vol.17, pp. 69-76.
- DGEG, Direção Geral de Energia e Geologia (s\d), <http://www.dgeg.pt/>, acedido em 10 de Novembro de 2013.
- DGRF, Direção Geral dos Recursos Florestais (2006), “Estratégia Nacional para as Florestas”, <http://www.icnf.pt/portal/icnf/docref/enf>, acedido em 25 de Março de 2014.
- Dieterle, Gerhard (2010), “Sustaining the World’s Forests: Managing Competing Demands for a Vital Resource – The Role of the World Bank” in P. Spathelf (ed.), *Sustainable Forest Management in a Changing World: A European Perspective*, *Managing Forest Ecosystems 19*, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, pp. 9-32.
- Eckerberg, K. e C. Sandstrom (2013), “Forest Conflicts: A growing research field”, *Forest Policy and Economics*, Vol.33, pp. 3-7.

- Faias, S. M. P. (2009), “Modelling Biomass Expansion Factors for the Most Important Forest Tree Species in Portugal”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais, Instituto Superior de Agronomia Universidade Técnica de Lisboa.
- Fankhauser, S. (1994), “The social costs of greenhouse gas emissions: an expected value approach”, *The Energy Journal*, Vo.15, pp.157-184.
- Farber, S. C., R. Costanza e M. A. Wilson (2002), “Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services”, *Ecological Economics*, Vol.41, pp. 375-392.
- García-Nieto, A. P., M. García-Llorente, I. Iniesta-Arandia e B. Martín-López (2013), “Mapping forest ecosystem services: From providing units to beneficiaries”, *Ecosystem Services*, Vol.4, pp. 126–138.
- Guiomar, N., J. P. Fernandes e M. B. Moreira (2007), “A Multifuncionalidade do Território na Gestão do Risco de Incêndio Florestal”, Atas do III Congresso de Estudos Rurais - Universidade do Algarve.
- Guiomar, N., P. Palheiro, C. Loureiro, C. Carvalho, A. Salgueiro, J. Tomé e J. A. Fernandes (2011), “Manual de Boas Práticas de Gestão dos espaços florestais na Bacia Drenante da Albufeira de Castelo do Bode - Contributos resultantes do projeto Nascentes para a Vida”, *EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A.*, Vol. 5.
- Guo, Z., X. Xiao, Y. Gan e Y. Zheng (2001), “Ecosystem functions, services and their values – a case study in Xingshan County of China”, *Ecological Economics*, Vol.38, pp. 141-154.
- Harpman, D. A. (2008): “Introduction to Conjoint Analysis for Valuing Ecosystem Amenities”, Reclamation Managing Water in the West, Technical Memorandum Number EC 2008-03 of Technical Service Center Economics and Resource Management, U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation.

- ICNF, Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (s\d), "Glossário Técnico", <http://www.icnf.pt/portal/florestas/gf/glossario-tecnico>, acessido em 24 de Março de 2014.
- Johnson, I. e R. Coburn (2010), "Trees for carbon sequestration", Prime facts for profitable, adaptive and sustainable primary industries, Nº 981, State of New South Wales through Department of Industry and Investment (Industry & Investment NSW) 2010.
- Klemick, H. (2011), "Shifting cultivation, forest fallow, and externalities in ecosystem services: Evidence from the Eastern Amazon", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.61, pp. 95-106.
- Li, J., Z. Ren e Z. Zhou (2006), "Ecosystem services and their values: a case study in the Qinba mountains of China", *Ecological Research*, Vol.21, pp. 597-604.
- Li, S., G. Xie, G. Yu, C. Zhang, e L. Ge (2010), "Seasonal dynamics of gas regulation services in forest ecosystem", *Journal of Forestry Research*, Vol.21, pp. 99–103.
- Liu, S., R. Costanza, S. Farber e A. Troy (2010), "Ecosystem service valuation review: Valuing ecosystem services theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis", *Annals of the N.Y. Academy of Sciences*, Nº1185, pp. 54-78.
- Lopes, A. F. F. (2013), "The Economic Value of Portuguese Pine and Eucalyptus Forests", A Work Project, presented as part of the requirements for the Award of a Masters Degree in Economics from the NOVA – School of Business and Economic.
- Lopes, R. B. e Miola, D. T. B. (2010), "Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do Cerrado", *Revista Digital FAPAM*, Vol. 2, Nº2, pp. 127-143.

- Machado, A. L. S., E. C. Oliveira, E. M. Ribeiro e J. A. Mota (2011), “O valor de um processo de recuperação florestal: aplicado na região Amazónica”, *Encontro da Rede de Estudos Ambientais em Países de Língua Portuguesa*, <http://soac.unb.br/index.php/ERLBEA/XIVERLBEA/paper/view/1175>, acessido em 25 de Maio de 2014.
- Machado, P. L. O. A. (2005), “Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global”, *Química Nova*, Vol. 28, N°2, pp. 329-334.
- MADRP, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (1999), “DL n°204/99”, *Diário da República*, I - Série A N°133 1999, pp. 3249-3252.
- MADRP, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (2009a), “DL n°15/2009”, *Diário da República*, I - Série N°9 2009, pp. 254-267.
- MADRP, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (2009b), “DL n°254/2009”, *Diário da República*, I - Série A N°186 2009.
- Madureira, L., P. Magalhães, P. G. Silva, C. Marinho e R. Oliveira (2013), “Economia dos Serviços de Ecossistema: Um guia para conhecer e valorizar serviços de agroecossistemas em áreas protegidas de Montanha”, *Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza*.
- MAMAOT e ICNF, Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território e Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2013a), “6° Inventário Florestal Nacional - Áreas dos usos do solo e espécies florestais de Portugal continental com 2010 como ano de referência - resultados preliminares - Fevereiro 2013”, <http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/ficheiros/ifn/ifn6-res-prelimv1-1>, acessido em 13 de Abril de 2014.

- MAMAOT e ICNF, Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território e Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2013b), “Ponto de Situação nacional das ZIF - caracterização e grandes números - Abril 2013”, <http://www.icnf.pt/portal/florestas/gf/zif/resource/doc/zif/seia-13/pont-sit>, acessado em 13 de Abril de 2014.
- Ninan, K. N. e M. Inoue (2013), “Valuing forest ecosystem services: What we know and what we don't”, *Ecological Economics*, Vol.93, pp. 137-149.
- Pereira, H. M., T. Domingos, C. M. Pedroso, V. Proença, P. Rodrigues, M. Ferreira, R. Teixeira, R. Mota e A. Nugal (2009), “Uma avaliação dos serviços dos ecossistemas em Portugal”, in: *Ecossistemas e Bem-Estar Humano – Resultados da Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*, Capítulo 20, pp. 687-716, <http://ecossistemas.org/>, acessado em 22 de Janeiro de 2014.
- Pereira, J. S., J. A. Mateus, L. M. Aires, G. Pita, C. Pio, J. S. David, V. Andrade, J. Banza, T. S. David, T. A. Paço e A. Rodrigues (2007), “Net ecosystem carbon exchange in three contrasting Mediterranean ecosystems – the effect of drought”, *Biogeosciences*, Vol.4, pp.791-802.
- Pereira, J. S., A. Correia, J. G. Borges e A. Correia (2009), “Floresta”, in: *Ecossistemas e Bem-Estar Humano – Resultados da Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*, Capítulo 6, pp. 183-211, <http://ecossistemas.org/>, acessado em 22 de Janeiro de 2014.
- Prideaux, B., K. E. McNamara e H. Sakata (2012), “Viable yet Protected for Future Generations? An Examination of the Extensive Forest-Based Tourism Market”, *Turismo em Análise*, Vol. 23, N°3, pp. 575-599.
- Sagoff, M. (2011), “The quantification and valuation of ecosystem services”, *Ecological Economics*, Vol.70, pp. 497-502.

- Santos, J. L. (2010), “Serviços dos ecossistemas: valoração e valorização”, Ciclo de Conferências Futuro Verde Org. ICNB / BES.
- SendeCO<sub>2</sub> (s\d), *Sistema Eletrónico de Negociação de Direitos de Emissão de Dióxido de Carbono*, <http://www.sendeco2.com/index-pt.asp>, acessido em 22 de Maio de 2014.
- Silveira, P., H. S. Koehler, C. R. Sanquetta e J. E. Arce (2008), “O Estado da Arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais”, *Floresta PR*, Vol. 38, Nº1, pp.185-206.
- Simões, C. (2014), “Integrating environmental and economic tools into product development”, Dissertação de Doutoramento em Ciência e Engenharia de Polímeros e Compósitos, Escola de Engenharia da Universidade do Minho.
- Sukhdev, P., H. Wittmer, C. Schröter-Schlaack, C. Nesshöver, J. Bishop, P. ten Brink, H. Gundimeda, P. Kumar e B. Simmons (2010), “Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB”, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*.
- Tao, Z., H. Yan e J. Zhan (2012), “Economic Valuation of Forest Ecosystem Services in Heshui - Watershed using Contingent Valuation Method”, *Procedia Environmental Sciences*, Vol.13, pp. 2445-2450.
- Uddin, Md. S., E. R. van Steveninck, M. Stuij e M. A. R. Shah (2013), “Economic valuation of provisioning and cultural services of a protected mangrove ecosystem: A case study on Sundarbans Reserve Forest, Bangladesh”, *Ecosystem Services*, Vol.5, pp. 88-93.
- Wang, S. e B. Fu (2013), “Trade-offs between forest ecosystem services”, *Forest Policy and Economics*, Vol.26, pp. 145-146.

- WWF, World Wide Fund (s/d), “Sumário do Relatório WWF/CEABN: O Sobreiro, uma barreira contra a Desertificação”, [http://www.lafitteportugal.com/client/documentos/sumario\\_rel\\_wwf\\_ceabn.pdf](http://www.lafitteportugal.com/client/documentos/sumario_rel_wwf_ceabn.pdf), acessado em 13 de Março de 2014.
- Xie, G., W. Li, Y. Xiao, B. Zhang, C. Lu, K. An, J. Wang, K. Xu e J. Wang (2010), “Forest Ecosystem Services and Their Values in Beijing”, *Chinese Geographical Science*, Vol.20, pp. 51-58.
- Xue, D. e C. Tisdell (2001), “Valuing ecological functions of biodiversity in Changbaishan Mountain Biosphere Reserve in Northeast China”, *Biodiversity and Conservation*, Vol.10, pp.467-481.

## Anexos

### Anexo I - Evolução do preço das *European Union Allowances* de 2008 a 2014

Figura I.1: Evolução do preço das *European Union Allowances* ano 2008



Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Figura I.2: Evolução do preço das *European Union Allowances* ano 2009



Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Figura I.3: Evolução do preço das *European Union Allowances* ano 2010



Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Figura I.4: Evolução do preço das *European Union Allowances* ano 2011



Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Figura I.5: Evolução do preço das *European Union Allowances* ano 2012



Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Figura I.6: Evolução do preço das *European Union Allowances* ano 2013



Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Figura I.7: Evolução do preço das *European Union Allowances* até Maio de 2014



Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

## Anexo II – Cálculos auxiliares de avaliação do sequestro de carbono, por espécie.

Tabela II.1: Possíveis valores para o serviço de sequestro de carbono proporcionado pelo eucalipto de acordo com diferentes preços verificados entre 2008 e Maio de 2014

Preço das licenças de emissão €/tCO2		Eucalipto			
		Limite inferior		Limite superior	
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	total de hectares (811.943 ha) ano 2010	32t CO <sub>2</sub> /ha/ano	total de hectares (811.943 ha) ano 2010
<b>PREÇO MÉDIO DE 2008</b>	<b>22,02 €</b>	330,30 €	268.184.772,90 €	704,64 €	572.127.515,52 €
<b>MINIMO DE 2008</b>	<b>13,72 €</b>	205,80 €	167.097.869,40 €	439,04 €	356.475.454,72 €
<b>MÁXIMO DE 2008</b>	<b>28,30 €</b>	424,50 €	344.669.803,50 €	905,60 €	735.295.580,80 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2009</b>	<b>13,06 €</b>	195,90 €	159.059.633,70 €	417,92 €	339.327.218,56 €
<b>MINIMO DE 2009</b>	<b>7,90 €</b>	118,50 €	96.215.245,50 €	252,80 €	205.259.190,40 €
<b>MÁXIMO DE 2009</b>	<b>15,20 €</b>	228,00 €	185.123.004,00 €	486,40 €	394.929.075,20 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2010</b>	<b>14,32 €</b>	214,80 €	174.405.356,40 €	458,24 €	372.064.760,32 €
<b>MINIMO DE 2010</b>	<b>12,17 €</b>	182,55 €	148.220.194,65 €	389,44 €	316.203.081,92 €
<b>MÁXIMO DE 2010</b>	<b>16,25 €</b>	243,75 €	197.911.106,25 €	520,00 €	422.210.360,00 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2011</b>	<b>12,89 €</b>	193,35 €	156.989.179,05 €	412,48 €	334.910.248,64 €
<b>MINIMO DE 2011</b>	<b>6,50 €</b>	97,50 €	79.164.442,50 €	208,00 €	168.884.144,00 €
<b>MÁXIMO DE 2011</b>	<b>16,80 €</b>	252,00 €	204.609.636,00 €	537,60 €	436.500.556,80 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2012</b>	<b>7,33 €</b>	109,95 €	89.273.132,85 €	234,56 €	190.449.350,08 €
<b>MINIMO DE 2012</b>	<b>5,73 €</b>	85,95 €	69.786.500,85 €	183,36 €	148.877.868,48 €
<b>MÁXIMO DE 2012</b>	<b>9,29 €</b>	139,35 €	113.144.257,05 €	297,28 €	241.374.415,04 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2013</b>	<b>4,45 €</b>	66,75 €	54.197.195,25 €	142,40 €	115.620.683,20 €
<b>MINIMO DE 2013</b>	<b>2,70 €</b>	40,50 €	32.883.691,50 €	86,40 €	70.151.875,20 €
<b>MÁXIMO DE 2013</b>	<b>6,43 €</b>	96,45 €	78.311.902,35 €	205,76 €	167.065.391,68 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>5,59 €</b>	83,85 €	68.081.420,55 €	178,88 €	145.240.363,84 €
<b>MINIMO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>4,33 €</b>	64,95 €	52.735.697,85 €	138,56 €	112.502.822,08 €
<b>MÁXIMO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>7,12 €</b>	106,80 €	86.715.512,40 €	227,84 €	184.993.093,12 €

Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Tabela II.2: Possíveis valores para o serviço de sequestro de carbono proporcionado pelo pinheiro-bravo de acordo com diferentes preços verificados entre 2008 e Maio de 2014

Preço das licenças de emissão €/tCO <sub>2</sub>		Pinheiro-bravo			
		Limite inferior		Limite superior	
		15t CO <sub>2</sub> /ha/ano	total de hectares (714.445 ha) ano 2010	26t CO <sub>2</sub> /ha/ano	total de hectares (714.445 ha) ano 2010
<b>PREÇO MÉDIO DE 2008</b>	<b>22,02 €</b>	330,30 €	235.981.183,50 €	572,52 €	409.034.051,40 €
<b>MINIMO DE 2008</b>	<b>13,72 €</b>	205,80 €	147.032.781,00 €	356,72 €	254.856.820,40 €
<b>MÁXIMO DE 2008</b>	<b>28,30 €</b>	424,50 €	303.281.902,50 €	735,80 €	525.688.631,00 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2009</b>	<b>13,06 €</b>	195,90 €	139.959.775,50 €	339,56 €	242.596.944,20 €
<b>MINIMO DE 2009</b>	<b>7,90 €</b>	118,50 €	84.661.732,50 €	205,40 €	146.747.003,00 €
<b>MÁXIMO DE 2009</b>	<b>15,20 €</b>	228,00 €	162.893.460,00 €	395,20 €	282.348.664,00 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2010</b>	<b>14,32 €</b>	214,80 €	153.462.786,00 €	372,32 €	266.002.162,40 €
<b>MINIMO DE 2010</b>	<b>12,17 €</b>	182,55 €	130.421.934,75 €	316,42 €	226.064.686,90 €
<b>MÁXIMO DE 2010</b>	<b>16,25 €</b>	243,75 €	174.145.968,75 €	422,50 €	301.853.012,50 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2011</b>	<b>12,89 €</b>	193,35 €	138.137.940,75 €	335,14 €	239.439.097,30 €
<b>MINIMO DE 2011</b>	<b>6,50 €</b>	97,50 €	69.658.387,50 €	169,00 €	120.741.205,00 €
<b>MÁXIMO DE 2011</b>	<b>16,80 €</b>	252,00 €	180.040.140,00 €	436,80 €	312.069.576,00 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2012</b>	<b>7,33 €</b>	109,95 €	78.553.227,75 €	190,58 €	136.158.928,10 €
<b>MINIMO DE 2012</b>	<b>5,73 €</b>	85,95 €	61.406.547,75 €	148,98 €	106.438.016,10 €
<b>MÁXIMO DE 2012</b>	<b>9,29 €</b>	139,35 €	99.557.910,75 €	241,54 €	172.567.045,30 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2013</b>	<b>4,45 €</b>	66,75 €	47.689.203,75 €	115,70 €	82.661.286,50 €
<b>MINIMO DE 2013</b>	<b>2,70 €</b>	40,50 €	28.935.022,50 €	70,20 €	50.154.039,00 €
<b>MÁXIMO DE 2013</b>	<b>6,43 €</b>	96,45 €	68.908.220,25 €	167,18 €	119.440.915,10 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>5,59 €</b>	83,85 €	59.906.213,25 €	145,34 €	103.837.436,30 €
<b>MINIMO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>4,33 €</b>	64,95 €	46.403.202,75 €	112,58 €	80.432.218,10 €
<b>MÁXIMO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>7,12 €</b>	106,80 €	76.302.726,00 €	185,12 €	132.258.058,40 €

Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Tabela II.3: Possíveis valores para o serviço de sequestro de carbono proporcionado pelo sobreiro de acordo com diferentes preços verificados entre 2008 e Maio de 2014

Preço das licenças de emissão €/tCO2		Sobreiro			
		Limite inferior		Limite superior	
		1,0t CO2/ha/ano	total de hectares (736.775 ha) ano 2010	5,1t CO2/ha/ano	total de hectares (736.775 ha) ano 2010
<b>PREÇO MÉDIO DE 2008</b>	<b>22,02 €</b>	22,02 €	16.223.785,50 €	112,30 €	82.741.306,05 €
<b>MINIMO DE 2008</b>	<b>13,72 €</b>	13,72 €	10.108.553,00 €	69,97 €	51.553.620,30 €
<b>MÁXIMO DE 2008</b>	<b>28,30 €</b>	28,30 €	20.850.732,50 €	144,33 €	106.338.735,75 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2009</b>	<b>13,06 €</b>	13,06 €	9.622.281,50 €	66,61 €	49.073.635,65 €
<b>MINIMO DE 2009</b>	<b>7,90 €</b>	7,90 €	5.820.522,50 €	40,29 €	29.684.664,75 €
<b>MÁXIMO DE 2009</b>	<b>15,20 €</b>	15,20 €	11.198.980,00 €	77,52 €	57.114.798,00 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2010</b>	<b>14,32 €</b>	14,32 €	10.550.618,00 €	73,03 €	53.808.151,80 €
<b>MINIMO DE 2010</b>	<b>12,17 €</b>	12,17 €	8.966.551,75 €	62,07 €	45.729.413,93 €
<b>MÁXIMO DE 2010</b>	<b>16,25 €</b>	16,25 €	11.972.593,75 €	82,88 €	61.060.228,13 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2011</b>	<b>12,89 €</b>	12,89 €	9.497.029,75 €	65,74 €	48.434.851,73 €
<b>MINIMO DE 2011</b>	<b>6,50 €</b>	6,50 €	4.789.037,50 €	33,15 €	24.424.091,25 €
<b>MÁXIMO DE 2011</b>	<b>16,80 €</b>	16,80 €	12.377.820,00 €	85,68 €	63.126.882,00 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2012</b>	<b>7,33 €</b>	7,33 €	5.400.560,75 €	37,38 €	27.542.859,83 €
<b>MINIMO DE 2012</b>	<b>5,73 €</b>	5,73 €	4.221.720,75 €	29,22 €	21.530.775,83 €
<b>MÁXIMO DE 2012</b>	<b>9,29 €</b>	9,29 €	6.844.639,75 €	47,38 €	34.907.662,73 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2013</b>	<b>4,45 €</b>	4,45 €	3.278.648,75 €	22,70 €	16.721.108,63 €
<b>MINIMO DE 2013</b>	<b>2,70 €</b>	2,70 €	1.989.292,50 €	13,77 €	10.145.391,75 €
<b>MÁXIMO DE 2013</b>	<b>6,43 €</b>	6,43 €	4.737.463,25 €	32,79 €	24.161.062,58 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>5,59 €</b>	5,59 €	4.118.572,25 €	28,51 €	21.004.718,48 €
<b>MINIMO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>4,33 €</b>	4,33 €	3.190.235,75 €	22,08 €	16.270.202,33 €
<b>MÁXIMO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>7,12 €</b>	7,12 €	5.245.838,00 €	36,31 €	26.753.773,80 €

Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)

Tabela II.4: Possíveis valores para o serviço de sequestro de carbono proporcionado pelas três espécies dominantes (eucalipto, pinheiro-bravo e sobreiro) de acordo com diferentes preços verificados entre 2008 e Maio de 2014

Preço das licenças de emissão €/tCO <sub>2</sub>		TOTAL	
		Limite inferior	Limite superior
<b>PREÇO MÉDIO DE 2008</b>	<b>22,02 €</b>	520.389.741,90 €	1.063.902.872,97 €
<b>MINIMO DE 2008</b>	<b>13,72 €</b>	324.239.203,40 €	662.885.895,42 €
<b>MÁXIMO DE 2008</b>	<b>28,30 €</b>	668.802.438,50 €	1.367.322.947,55 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2009</b>	<b>13,06 €</b>	308.641.690,70 €	630.997.798,41 €
<b>MINIMO DE 2009</b>	<b>7,90 €</b>	186.697.500,50 €	381.690.858,15 €
<b>MÁXIMO DE 2009</b>	<b>15,20 €</b>	359.215.444,00 €	734.392.537,20 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2010</b>	<b>14,32 €</b>	338.418.760,40 €	691.875.074,52 €
<b>MINIMO DE 2010</b>	<b>12,17 €</b>	287.608.681,15 €	587.997.182,75 €
<b>MÁXIMO DE 2010</b>	<b>16,25 €</b>	384.029.668,75 €	785.123.600,63 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2011</b>	<b>12,89 €</b>	304.624.149,55 €	622.784.197,67 €
<b>MINIMO DE 2011</b>	<b>6,50 €</b>	153.611.867,50 €	314.049.440,25 €
<b>MÁXIMO DE 2011</b>	<b>16,80 €</b>	397.027.596,00 €	811.697.014,80 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2012</b>	<b>7,33 €</b>	173.226.921,35 €	354.151.138,01 €
<b>MINIMO DE 2012</b>	<b>5,73 €</b>	135.414.769,35 €	276.846.660,41 €
<b>MÁXIMO DE 2012</b>	<b>9,29 €</b>	219.546.807,55 €	448.849.123,07 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2013</b>	<b>4,45 €</b>	105.165.047,75 €	215.003.078,33 €
<b>MINIMO DE 2013</b>	<b>2,70 €</b>	63.808.006,50 €	130.451.305,95 €
<b>MÁXIMO DE 2013</b>	<b>6,43 €</b>	151.957.585,85 €	310.667.369,36 €
<b>PREÇO MÉDIO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>5,59 €</b>	132.106.206,05 €	270.082.518,62 €
<b>MINIMO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>4,33 €</b>	102.329.136,35 €	209.205.242,51 €
<b>MÁXIMO DE 2014 (até Maio)</b>	<b>7,12 €</b>	168.264.076,40 €	344.004.925,32 €

Fonte: Elaboração própria baseada em dados da SendeCO<sub>2</sub> (s/d)