

MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS

Diana Viegas Ferreira

Contributo para a avaliação dos serviços dos ecossistemas: Avaliação do
fluxo potencial de material lenhoso e carbono acumulado na região do
PROF Centro Litoral

Orientador: Maria Beatriz Machado Fidalgo

Coimbra, 2023

MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS

Diana Viegas Ferreira

Contributo para a avaliação dos serviços dos ecossistemas: Avaliação do
fluxo potencial de material lenhoso e carbono na região do PROF Centro
Litoral

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra
para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do
grau de mestre em RECURSOS FLORESTAIS.

Orientador: Maria Beatriz Machado Fidalgo

Coimbra, 2023

Agradecimentos

O presente trabalho só foi possível com a colaboração de múltiplas pessoas que me apoiaram direta e indiretamente, e, por isso, venho aqui expressar a minha gratidão. Manifesto, assim, o meu agradecimento a todos aqueles estiveram presentes no meu percurso académico, e que contribuíram para a apresentação final desta dissertação.

À Professora Doutora Beatriz Fidalgo, minha orientadora, da Escola Superior Agrária de Coimbra, que me acompanhou ao longo deste percurso e que se mostrou sempre disponível para esclarecer dúvidas, aconselhar e rever este relatório.

Aos meus professores, que foram cruciais no meu percurso e que me passaram os conhecimentos e competências necessárias que culminaram na elaboração desta dissertação.

Aos meus colegas de turma, pelas aprendizagens trocadas e pelo companheirismo.

Aos meus amigos que estiveram sempre ao meu lado, em especial, à Inês e ao João.

À minha família, aos meus pais e aos meus avós que estiveram sempre presentes, e que me proporcionaram as condições necessárias para estar a entregar a minha dissertação de mestrado.

E agradecer também à Escola Superior Agrária de Coimbra que foi a minha casa durante seis anos.

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

Resumo

Esta dissertação pretendeu estudar a composição e estrutura da paisagem em 1995 e 2018 e, calcular o fluxo potencial de material lenhoso e carbono e também o stock de material lenhoso e stock de carbono. Este estudo permitiu concluir que entre 1995 e 2018 existiram alterações importantes no padrão da paisagem, e por consequência, valores diferentes nos serviços prestados pelos ecossistemas.

As principais alterações a registar na ocupação do solo no período em estudo foram a diminuição da área agrícola e o aumento da área florestal e de matos. Dentro da área florestal, destaca-se o grande aumento do eucalipto e a grande redução da área de pinheiro-bravo. Quanto aos serviços dos ecossistemas, os fluxos potenciais de material lenhoso e de carbono aumentaram, uma vez que a área florestal aumentou. Já os stocks de material lenhoso e de carbono diminuíram, pois, apesar da área florestal ter aumentado, a área de pinheiro-bravo teve uma grande redução, bem como o seu volume médio em pé.

Esta dissertação aponta para a importância das áreas florestais no contexto dos serviços dos ecossistemas, pois para além dos produtos mais imediatos que produzem, nomeadamente, a madeira, também contribuem para a regulação climática, a preservação do solo e da água e outros serviços de suporte.

Palavras-chave: armazenamento de carbono, biomassa, sequestro de carbono

Abstract

This dissertation intended to study of the composition and structure of landscape in 1995 and 2018 and, to calculate, the woody material flux and carbon flux and the woody material stock and carbon stock. This study allowed to conclude that between 1995 and 2018 there were important changes in the landscape pattern, and consequently, different values in the services provided by ecosystems.

The main changes to be registered in land use during the period under study were the decrease in agricultural area and the increase in forest area. Within forest area, the massive raise in number of eucalyptus and the great reduction of pinaster land. Concerning ecosystem services, woody material and carbon fluxes increased as forest area increased. In addition, the stocks of woody material and carbon decreased, because, despite the forest area having increased, the maritime pine area had a great decrease, as well as its average volume standing.

This dissertation points the matter of forest areas in context of ecosystem services, as in addition to the more immediate products they produce, such as wood, they also contribute to climate regulation, soil and water preservation and other support services.

Keywords: carbon storage, biomass, carbon sequestration

Lista de Abreviaturas

(CO₂) – Dióxido de carbono

(COS) - Carta de Uso e Ocupação do Solo

(CNT) - Comissão Nacional do Território

(DGT) - Direção Geral do Território

(GEE) – Gases do efeito de estufa

(IFN) - Inventário Florestal Nacional

(MEA) - Millennium Ecosystem Assessment

(NIR) – Relatório do Inventário Nacional Português sobre gases de efeito de estufa

(PROF) - Plano Regional de Ordenamento Florestal

Índice

Capítulo I	1
1.1. Introdução	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Organização da dissertação	4
1.4. Enquadramento teórico	5
1.4.1. Conceito de ecossistema e biodiversidade	5
1.4.2. Conceito de serviços dos ecossistemas.....	5
1.4.3. Degradação dos ecossistemas e dos serviços dos ecossistemas	7
1.4.4. Millennium Ecosystem Assessment (MEA)	9
1.4.5. Serviços dos ecossistemas, biodiversidade e bem-estar humano	10
1.4.6. Biomassa e Carbono	12
1.4.7. Reservatório de carbono	13
1.4.8. Sequestro de carbono (Fluxo) e Armazenamento de carbono (Stock)	14
1.4.9. Evolução do sequestro de carbono em Portugal nos últimos 30 anos	15
1.4.10. Padrão de Paisagem: Composição e Configuração	17
1.4.11. Matriz de transição e os seus elementos.....	18
Capítulo II - Caracterização da área de estudo	21
2.1. Enquadramento geográfico.....	22
2.2. Caracterização biofísica da área de intervenção.....	25
2.2.1. Altimetria.....	25
2.2.2. Declive	27
2.2.3. Hidrografia.....	29
2.2.4. Solos	30
2.2.5. Clima e câmbio climático.....	32
2.2.6. Áreas ardidas.....	33
Capítulo III - Metodologia	35
3.1. Construção das cartas de ocupação do Solo de 1995 e 2018	36
3.2. Construção da Matriz de transição de usos e ocupações do solo de 1995 para 2018	38
3.3. Métricas para caracterização do padrão da paisagem	39
3.4. Cálculo do Sequestro e Armazenamento	42
3.4.1. Fluxo potencial de material lenhoso (Sequestro)	42
3.4.2. Stock de material lenhoso (Armazenamento)	45
3.4.3. Fluxo potencial de carbono (Sequestro) e Stock de carbono (Armazenamento)45	

CAPÍTULO IV - Resultados	48
4. Mudanças de composição e configuração na paisagem	49
4.1. Uso e ocupação de solo em 1995	49
4.2. Uso e ocupação de solo em 2018	51
4.3. Matriz de transição de usos e ocupações do solo de 1995 para 2018	53
4.4. Coberto florestal em 1995	60
4.5. Coberto florestal em 2018	62
4.6. Matriz de transição de usos, ocupações do solo e espécies florestais de 1995 para 2018	64
4.7. Métricas para caracterização do padrão da paisagem	68
4.7.1. Número de manchas (NP)	68
4.7.2. Densidade de manchas (PD)	70
4.7.3. Índice da Mancha de maiores dimensões (LPI)	72
4.7.4. Índice de Interdispersão (IJI)	74
4.8. Matrizes de Adjacência	76
5. Fluxo de material lenhoso e carbono	79
5.1. Fluxo potencial de material lenhoso	79
5.2. Fluxo de carbono	88
6. Stock de material lenhoso e stock de carbono	97
6.1. Stock de material lenhoso	97
6.2. Stock de carbono	105
Capítulo V - Conclusões	113
Referências bibliográficas	117
Anexos	119

Índice de Figuras

Figura 1: Os serviços dos ecossistemas e a sua relação com o bem-estar humano.....	10
Figura 2: Interações entre Biodiversidade, Serviços dos ecossistemas, Bem-Estar Humano e Motores de Mudança.....	11
Figura 3: Visão geral das emissões e remoções totais de carbono entre 1990 e 2019.	16
Figura 4: Duas representações raster de paisagens.	18
Figura 5: Matriz geral para a comparação de dois mapas em dois momentos distintos no tempo.	19
Figura 6: Localização da área de estudo.	22
Figura 7: Carta de altimetria na área de estudo.	25
Figura 8: Carta de declives da área de estudo.	27
Figura 9: Localização das principais linhas de água, bacias hidrográficas, e das albufeiras de águas públicas da região PROF do Centro Litoral.....	29
Figura 10: Solos na região PROF do Centro Litoral.	30
Figura 11: Áreas ardidas entre 1995 e 2021.	33
Figura 12: Cálculo do BEF, RTS e Fração de Carbono por Uso do Solo.	47
Figura 13: Carta de Uso e Ocupação do Solo em 1995.....	49
Figura 14: Carta de Uso e Ocupação do Solo em 2018.....	51
Figura 15: Perdas e ganhos nas classes de uso do solo entre 1995 e 2018.....	53
Figura 16: Evolução do uso do solo entre 1995 e 2018.	55
Figura 17: Mudanças na agricultura entre 1995 e 2018.....	55
Figura 18: Mudanças nas florestas entre 1995 e 2018.....	56
Figura 19: Mudanças nos matos entre 1995 e 2018.....	56
Figura 20: Carta de Ocupação Florestal em 1995.....	60
Figura 21: Carta de Ocupação Florestal em 2018.....	62
Figura 22: Perdas e ganhos nas espécies florestais entre 1995 e 2018.....	64
Figura 23: Evolução das espécies florestais de 1995 para 2018.	66
Figura 24: Mudanças na espécie de pinheiro-bravo entre 1995 e 2018.	66
Figura 25: Mudanças na espécie de eucalipto entre 1995 e 2018.	67
Figura 26: Resultado da métrica NP – Número de manchas por cada classe em 1995 e 2018..	68
Figura 27: Resultado da métrica NP – Número de manchas por espécie florestal em 1995 e 2018.	69

Figura 28: Resultado da métrica PD – Densidade de manchas por cada classe em 1995 e 2018.	70
Figura 29: Resultado da métrica PD – Densidade de manchas por espécie florestal em 1995 e 2018.	71
Figura 30: Resultado da métrica LPI – Percentagem da paisagem compreendida pela maior mancha de cada classe em 1995 e 2018.	72
Figura 31: Resultado da métrica LPI – Percentagem da paisagem compreendida pela maior mancha de cada espécie florestal em 1995 e 2018.	73
Figura 32: Resultado da métrica IJI – Índice de interdispersão de cada classe em 1995 e 2018.	74
Figura 33: Resultado da métrica IJI – Índice de interdispersão de cada espécie florestal em 1995 e 2018.	75
Figura 34: Fluxo potencial total de material lenhoso na área de estudo em 1995 e 2018.	79
Figura 35: Fluxo potencial de material lenhoso nas espécies de Pb e Ec em 1995 e 2018.	80
Figura 36: Fluxo potencial médio de material lenhoso em 1995 (m ³ /ha/ano).	81
Figura 37: Fluxo potencial médio de material lenhoso em 2018 (m ³ /ha/ano).	83
Figura 38: Fluxo potencial de material lenhoso total por SRH em 1995 e 2018.	85
Figura 39: Fluxo potencial de material lenhoso por SRH em 1995 e 2018.	86
Figura 40: Fluxo potencial de material lenhoso total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (m ³ /ano).	87
Figura 41: Fluxo potencial total de carbono na área de estudo em 1995 e 2018.	88
Figura 42: Fluxo potencial de carbono nas espécies de Pb e Ec em 1995 e 2018.	88
Figura 43: Fluxo potencial médio de carbono em 1995 (tC/ha).	90
Figura 44: Fluxo potencial médio de carbono em 2018 (tC/ha).	92
Figura 45: Fluxo potencial de carbono total por SRH em 1995 e 2018.	94
Figura 46: Fluxo de material lenhoso por SRH em 1995 e 2018.	95
Figura 47: Fluxo de carbono total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (tC).	96
Figura 48: Stock de material lenhoso na área de estudo em 1995 e 2018.	97
Figura 49: Stock de material lenhoso nas espécies de Pb e Ec em 1995 e 2018.	97
Figura 50: Stock de material lenhoso em 1995 (m ³ /ha).	99
Figura 51: Stock de material lenhoso em 2018 (m ³ /ha).	100
Figura 52: Stock de material lenhoso total por SRH em 1995 e 2018.	102
Figura 53: Stock de material lenhoso por SRH em 1995 e 2018.	103

Figura 54: Stock de material lenhoso em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (m3).	104
Figura 55: Stock de carbono na área de estudo em 1995 em 2018.	105
Figura 56: Stock de carbono nas espécies de Pb e Ec em 1995 e 2018.	106
Figura 57: Stock de carbono em 1995 (tC/ha).	107
Figura 58: Stock médio de carbono em 2018 (tC/ha).	108
Figura 59: Fluxo de carbono por SRH em 1995 e 2018.	110
Figura 60: Stock de carbono por SRH em 1995 e 2018.	111
Figura 61: Stock de carbono em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (tC Total).	112

Índice de Tabelas

Tabela 1: Área e principais características de cada SRH do PROF Centro Litoral.	23
Tabela 2: Área e percentagem ocupada por cada classe altimétrica.	26
Tabela 3: Área e percentagem ocupada por cada classe de declive.	28
Tabela 4: Superfície e fração da superfície do território PROF das bacias hidrográficas.	29
Tabela 5: Área ocupada por cada tipo de solo.	31
Tabela 6: Percentagem de áreas ardidadas em cada SRH.	34
Tabela 7: Tabela de equivalência entre COS2018 e COS1995 para as grandes classes de ocupação do solo.	37
Tabela 8: Tabela de equivalência entre COS2018 e COS1995 para as espécies florestais.	37
Tabela 9: Acréscimo Médio Anual para Pb e Ec (em povoamentos puros e dominantes) consoante a SRH.	43
Tabela 10: Acréscimo Médio Anual por Tipo de Floresta (em povoamentos puros e dominantes).	44
Tabela 11: Volume médio (m ³ /ha) por espécie segundo os dados do IFN 3 e IFN6 (NUT II).	45
Tabela 12: Área e percentagem ocupada por cada uso e ocupação do solo em 1995.	50
Tabela 13: Área e percentagem ocupada por cada uso e ocupação do solo em 2018.	52
Tabela 14: Matriz de transição de usos e ocupações do solo de 1995 para 2018 (Área em ha).	54
Tabela 15: Área ocupada por cada SRH, área florestal em 1995 e 2018, área de Pb e área de Ec em 1995 e 2018 por SRH.	57
Tabela 16: Área e percentagem ocupada por cada espécie florestal em 1995.	61

Tabela 17: Área e percentagem ocupada por cada espécie de folhosas em 1995.....	61
Tabela 18: Área e percentagem ocupada por cada espécie florestal em 2018.....	63
Tabela 19: Área e percentagem ocupada por cada espécie de folhosas em 2018.....	63
Tabela 20: Matriz de transição da ocupação florestal de 1995 para 2018 (Área em ha).....	65
Tabela 21: Matriz de Adjacências do uso e ocupação do solo de 1995 (Metros).	76
Tabela 22: Matriz de Adjacências do uso e ocupação do solo de 2018 (Metros).	77
Tabela 23: Matriz de Adjacências das espécies florestais de 1995 (Metros).	78
Tabela 24: Matriz de Adjacências das espécies florestais de 2018 (Metros).	78
Tabela 25: Fluxo potencial de material lenhoso médio e total em 1995.	80
Tabela 26: Fluxo potencial de material lenhoso médio e total em 2018.	82
Tabela 27: Fluxo potencial de material lenhoso médio e total em 1995 e 2018 e a sua diferença por SRH.....	84
Tabela 28: Fluxo potencial de material lenhoso total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (m3/ano).....	87
Tabela 29: Fluxo potencial de carbono médio e total em 1995.	89
Tabela 30: Fluxo potencial de carbono médio e total em 2018.	91
Tabela 31: Fluxo potencial médio e total de carbono em 1995 e 2018 e a sua diferença por SRH.	93
Tabela 32: Fluxo potencial de carbono total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (tC).....	96
Tabela 33: Stock de material lenhoso em 1995.....	98
Tabela 34: Stock de material lenhoso médio e total em 2018.	99
Tabela 35: Stock de material lenhoso médio e total em 1995 e 2018 e a sua diferença por SRH.	101
Tabela 36: Stock de material lenhoso em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (m3).	103
Tabela 37: Stock de carbono médio e total em 1995.	106
Tabela 38: Stock de carbono médio e total em 2018.	107
Tabela 39: Stock de carbono médio e total em 1995 e 2018 e a sua diferença por SRH.	109
Tabela 40: Stock de carbono total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (tC).	111

Capítulo I

1.1. Introdução

Os serviços dos ecossistemas são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas e que podem incluir bens materiais e/ou serviços imateriais (Alcamo & Bennett, 2003). O Millennium Ecosystem Assessment (MEA) divide-os em quatro categorias: serviços de produção (bens ou produtos provenientes do ecossistema, que incluem alimentos, madeira, resina, entre outros); de regulação (benefícios que se obtêm da regulação e controlo do ecossistema como a purificação do ar, a filtragem da água, a prevenção da erosão, armazenamento e sequestro de carbono); culturais (experiências e benefícios obtidos através da proximidade com a natureza em atividades recreativas, turismo ou contemplação da paisagem) e de suporte (processos naturais que mantêm todos os outros serviços, nomeadamente, o ciclo de nutrientes e a formação do solo) (Pereira et al., 2009).

Estima-se que, a população mundial irá aumentar em 3 mil milhões de pessoas e a economia irá quadruplicar até 2050, o que levará a um enorme aumento na procura e no consumo dos recursos biológicos e físicos, gerando assim impactos sobre os ecossistemas e nos serviços que estes fornecem. Esta crescente procura pelos serviços dos ecossistemas levará a uma degradação séria e contínua da capacidade de os ecossistemas fornecerem esses serviços (Pereira et al., 2009).

De acordo com o que se apresenta no Relatório do Inventário Nacional Português sobre gases de efeito de estufa (NIR), quando se considera o período total entre 1990 e 2019 em Portugal, o uso do solo e a ocupação florestal, foram considerados como sumidouros de carbono, à exceção de 1990, 1991, 2003, 2005 e 2017 (anos que coincidem com trágicos incêndios florestais em Portugal). Neste período o valor foi então positivo, com um sumidouro médio de -6.98 Mt CO₂ (Costa Pereira et al., 2021). Em Portugal, a capacidade de sequestro de carbono em ecossistemas florestais é classificada como elevada a muito elevada, no entanto, é possível que com o regime de fogos florestais e a colheita precoce do material lenhoso, este potencial seja substancialmente reduzido (Pereira et al., 2009).

É, portanto, fundamental proteger e promover um crescimento sustentável das nossas florestas, para projetar bons resultados ao nível dos serviços dos ecossistemas.

1.2. Objetivos

Este trabalho desenvolve-se num enquadramento do conceito de serviços dos ecossistemas tendo por base uma revisão bibliográfica e um diagnóstico dos serviços dos ecossistemas gerados nos espaços florestais da região do Plano Regional de Ordenamento Florestal (PROF) do Centro Litoral.

No âmbito dos serviços dos ecossistemas, que têm vindo a receber atenção crescente por parte dos meios científico e político, a presente dissertação pretende que se assimile este conceito, assim como, que se entenda como se avaliam e de que forma as mudanças na ocupação do solo se refletem na prestação potencial destes serviços.

Na região estudada do PROF Centro Litoral, pretende-se compreender a evolução da composição e a estrutura da paisagem entre 1995 e 2018 e quais as alterações que o uso do solo sofreu neste período; estudar as métricas de forma a caracterizar o padrão da paisagem e calcular os serviços dos ecossistemas gerados, nomeadamente, o fluxo potencial de material lenhoso e de carbono e o stock acumulado de material lenhoso e stock de carbono, na mesma região.

1.3. Organização da dissertação

Esta dissertação aborda a importância das florestas como soluções naturais para a mudança climática, com base no estudo dos dados do inventário florestal nacional (IFN) que permitiu avaliar o capital natural das nossas florestas, através da quantificação da biomassa e do carbono armazenado e do sequestro de carbono.

Esta dissertação é composta por cinco capítulos. No capítulo I é introduzida a temática em estudo, os objetivos definidos, a organização da dissertação e onde se realiza um enquadramento teórico, abordando temas como os ecossistemas e a biodiversidade, os serviços dos ecossistemas, os padrões da paisagem, a biomassa e o sequestro de carbono.

No capítulo II é apresentado o enquadramento geográfico e serão abordadas as características biofísicas da área de estudo, nomeadamente a altimetria, o declive, a hidrografia, os solos e as áreas ardidas entre 1995 e 2021.

A metodologia é apresentada no capítulo III, que evidencia o modo como a dissertação foi conduzida e de que forma se procedeu até se chegar aos resultados.

É no capítulo IV, que se inicia o estudo de caso, onde será abordada a composição e a estrutura da paisagem. Desta forma, este capítulo apresenta uma análise da ocupação do solo entre 1995 e 2018, tanto para os grandes domínios de usos, como depois para a ocupação florestal e de várias métricas que servirão para caracterizar adicionalmente o padrão da paisagem. De seguida, são apresentados os resultados relativos ao fluxo potencial de material lenhoso e carbono e o stock de material lenhoso e stock de carbono.

Finalmente, no capítulo V apresentam-se as conclusões e tecem-se algumas considerações finais.

1.4. Enquadramento teórico

1.4.1. Conceito de ecossistema e biodiversidade

Um ecossistema é um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microrganismos e inclui também o ambiente não vivo. Interagem entre si como uma unidade funcional, sendo os seres humanos parte integrante dos ecossistemas (Alcamo & Bennett, 2003).

A biodiversidade é a variabilidade entre os organismos vivos, da qual faz parte a diversidade dentro e entre as espécies e a diversidade dentro e entre os ecossistemas. Alterações na biodiversidade podem interferir na oferta dos serviços dos ecossistemas, uma vez que esta é a fonte de muitos bens dos ecossistemas, nomeadamente alimentos e recursos genéticos. Desta forma, a diversidade, é uma característica estrutural dos ecossistemas, e a variabilidade entre os ecossistemas é um elemento da biodiversidade (Alcamo & Bennett, 2003).

1.4.2. Conceito de serviços dos ecossistemas

Os serviços dos ecossistemas são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas e que podem incluir bens materiais e/ou serviços imateriais (Pereira et al., 2009). Esta definição é derivada de duas outras definições comumente referenciadas na bibliografia da especialidade:

“Os serviços dos ecossistemas são as condições e processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem sustentam e realizam a vida humana. Eles mantêm a biodiversidade e a produção de bens do ecossistema, como alimentos, madeira, combustíveis de biomassa, fibras naturais e muitos produtos farmacêuticos, produtos industriais e seus precursores” (Daily et al., 1997).

“Bens do ecossistema (como alimentos) e serviços (como o sequestro de carbono) representam os benefícios que as populações humanas retiram, direta ou indiretamente, das funções do ecossistema” (Costanza et al., 1997).

A definição do MEA segue Costanza e seus colegas ao incluir ecossistemas naturais e modificados pelo homem como fontes de serviços dos ecossistemas, e segue

Daily ao usar o termo “serviços” para abranger os benefícios tangíveis e intangíveis que os humanos obtêm dos ecossistemas, que são às vezes separados em “bens” e “serviços”, respetivamente (Alcamo & Bennett, 2003).

Segundo Daily et al. (1997) os serviços dos ecossistemas mantêm a biodiversidade e produzem bens, nomeadamente, alimentos, madeira, combustíveis de biomassa e fibras naturais, bens esses que representam partes importantes e familiares para a economia humana. Todavia, para além da produção de bens, os serviços dos ecossistemas sustentam a vida, através da purificação do ar e da água; mitigação de secas e inundações; formação e preservação de solos e renovação da sua fertilidade; polinização de culturas e vegetação natural; dispersão de sementes; reciclagem e movimentação de nutrientes; redução da incidência de pragas e doenças pelo controlo biológico; manutenção da biodiversidade; proteção das zonas costeiras da erosão pelas ondas; proteção contra os raios ultravioletas nocivos do sol; estabilização parcial do clima; diminuição dos extremos climáticos e seus impactos e fornecimento de beleza estética e estímulo intelectual.

Por exemplo, as áreas florestais, para além da produção de madeira, cortiça e frutos ou sementes, contribuem igualmente para a diminuição da poluição do ar, retendo partículas e poeiras; para a purificação da água; captura e armazenamento de carbono; diminuição da possibilidade de cheias e influenciam a precipitação a nível local e regional. São também um espaço de lazer e recreio e melhoram a qualidade estética da paisagem (Daily et al., 1997).

Os serviços dos ecossistemas são bastante interdependentes e podem-se sobrepor muitas das vezes. Existem diversas classificações dos serviços dos ecossistemas, uma das mais conhecidas é a que foi produzida pelo MEA. O MEA divide-os em quatro categorias: produção, regulação, suporte e culturais (Alcamo & Bennett, 2003).

Os serviços de produção dizem respeito aos produtos que obtemos diretamente da atividade dos serviços dos ecossistemas, ou seja, o fornecimento de produtos naturais, os quais incluem: alimentos e fibras, combustível, recursos genéticos, bioquímicos, medicamentos naturais e farmacêuticos e recursos ornamentais. É nesta categoria que se inclui o material lenhoso.

Os serviços de regulação mantêm os diferentes componentes do mundo natural em funcionamento. Tal como o nome indica, são obtidos pela regulação dos processos dos ecossistemas, nomeadamente: a manutenção da qualidade do ar, regulação do clima, regulação da água, controlo de erosão, purificação de água e tratamento de resíduos, regulação de doenças humanas, controlo biológico e polinização. É nesta categoria que se inclui o sequestro do carbono, como medida de regulação climática.

Os serviços culturais estão fortemente ligados aos valores e comportamentos humanos, bem como às instituições humanas e aos padrões de organização social, económica e política. São definidos como os benefícios intangíveis, que advêm da relação entre o homem e a natureza, como benefícios estéticos, espirituais e psicológicos que se acumulam de atividades culturalmente importantes ou recreativas. Estes incluem: diversidade cultural, valores espirituais e religiosos, valores educacionais, valores estéticos, relações sociais e valores do património cultural.

Os serviços de suporte são aqueles necessários para a produção de todos os outros serviços dos ecossistemas. Estes diferem dos serviços de produção, regulação e culturais porque os seus impactos sobre as pessoas são indiretos ou ocorrerem por um período de tempo longo, enquanto que, nos restantes serviços, os impactos sobre a sociedade são relativamente diretos e de curto prazo. Alguns exemplos de serviços de suporte são: produção primária, produção de oxigénio atmosférico, fotossíntese, formação e retenção do solo, reciclagem de nutrientes, reciclagem de água e fornecimento de habitat.

Por exemplo, a produção de gás oxigénio (por meio da fotossíntese) é categorizada como um serviço de suporte, uma vez que seria necessário um tempo extremamente longo para detetar qualquer impacto na concentração de oxigénio na atmosfera.

1.4.3. Degradação dos ecossistemas e dos serviços dos ecossistemas

A maioria dos benefícios acima descritos não tem valor económico, isto é, não existe uma preocupação associada em relação à deterioração dos ecossistemas e dos serviços que estes prestam (Daily et al., 1997).

Ao longo dos últimos 50 anos, a Humanidade modificou os ecossistemas mais rápida e extensivamente que em qualquer período comparável na história humana, em grande parte para suprir a crescente procura por alimentos, água potável, madeira, fibras e combustível (Mooney et al., 2005). No entanto, hoje, já é visível alguma preocupação em relação, por exemplo, à desflorestação. Verificou-se que os ecossistemas florestais têm um papel fundamental no ciclo global do carbono e são considerados grandes e persistentes sumidouros de carbono. O dióxido de carbono (CO₂) fixado pela fotossíntese é um dos componentes mais importantes do ciclo do carbono, e as florestas têm papel determinante nesse processo (Busetto et al., 2012).

Segundo Daily et al. (1997), existem evidências científicas que indicam que os serviços dos ecossistemas são essenciais para a civilização; operam numa escala tão grande e de formas tão complexas e pouco exploradas que a maioria deles não poderia ser substituído pela tecnologia; as atividades humanas já estão a prejudicar o fluxo de serviços de ecossistemas em larga escala e se as tendências atuais continuarem, a humanidade irá alterar drasticamente praticamente todos os ecossistemas naturais da Terra dentro de algumas décadas. Afirmam que, com base nas evidências científicas está confiante de que muitas das atividades humanas que modificam ou destroem os ecossistemas naturais podem causar a deterioração dos serviços ecológicos cujo valor, no longo prazo, supera os benefícios económicos de curto prazo que a sociedade obtém dessas atividades e que o funcionamento de muitos ecossistemas poderia ser restaurado se as decisões apropriadas fossem tomadas a tempo.

Atualmente, estima-se que, a população mundial irá aumentar em 3 mil milhões de pessoas e a economia irá quadruplicar até 2050, o que levará a um enorme aumento na procura e no consumo dos recursos biológicos e físicos, gerando assim impactos sobre os ecossistemas e nos serviços que estes fornecem. Esta crescente procura pelos serviços dos ecossistemas levará a uma degradação séria e contínua da capacidade de os ecossistemas fornecerem esses serviços (Pereira et al., 2009).

O desenvolvimento sustentável está colocado em causa devido a esta pressão crescente sobre os ecossistemas, principalmente sobre os ecossistemas ameaçados. As alterações que surgem nos serviços dos ecossistemas causam impacto no bem-estar humano, especificamente, ao nível da segurança, nos recursos materiais básicos de

forma a ter uma vida com qualidade, na saúde e nas relações sociais e culturais (Pereira et al., 2009).

Em Portugal as alterações sociais e económicas em conjunto com as alterações climáticas, têm-se traduzido também numa perda de qualidade dos ecossistemas florestais em todo o país, e em particular na região Centro. Os grandes incêndios florestais, a proliferação de espécies invasoras e o aumento de pragas e doenças nomeadamente as associadas ao eucalipto e pinheiro-bravo, têm afetado nas últimas décadas de forma significativa a floresta na área de estudo.

1.4.4. Millennium Ecosystem Assessment (MEA)

Em 2001 ocorreu a primeira iniciativa global desenvolvida com o objetivo de avaliar as consequências das alterações que se observavam nos ecossistemas e de projetar medidas consideradas necessárias para promover a conservação e uso sustentável - o MEA. O MEA consistiu numa auditoria internacional sobre os ecossistemas, onde até 2005, mais de 1360 especialistas, realizaram uma avaliação científica aprofundada sobre o estado e as tendências dos ecossistemas mundiais e dos serviços por estes prestados. Deste relatório, saíram importantes conclusões acerca das alterações nos ecossistemas provocadas pelas ações humanas nos últimos 50 anos, assim como, bases científicas para a construção de ações que promovessem a conservação e o uso sustentável dos serviços dos ecossistemas nos 50 anos seguintes (Hanson et al., 2010).

Segundo Pereira et al. (2009), o problema identificado pelo MEA, é que, a capacidade de os ecossistemas fornecerem muitos destes serviços tem vindo a diminuir devido à perda da biodiversidade. Isto acontece em virtude do aumento do fornecimento de serviços de produção, em prejuízo dos serviços de regulação, sobretudo a proteção do solo e a regulação do ciclo do carbono.

O MEA ao ser o pioneiro a reunir conhecimento multidisciplinar acerca dos impactes das alterações nos ecossistemas para o bem-estar humano tomou uma importância considerável. O relatório sintetizou a informação e investigação disponível, pertinente no que toca à tomada de decisões políticas do momento (Pereira et al., 2009).

1.4.5. Serviços dos ecossistemas, biodiversidade e bem-estar humano

A biodiversidade e os serviços dos ecossistemas interferem de forma direta ou indireta com o bem-estar humano. O MEA considera o bem-estar humano composto por cinco componentes principais: segurança, recursos materiais básicos para uma vida com qualidade, saúde, relações sociais e liberdade de escolha e ação (Mooney et al., 2005).

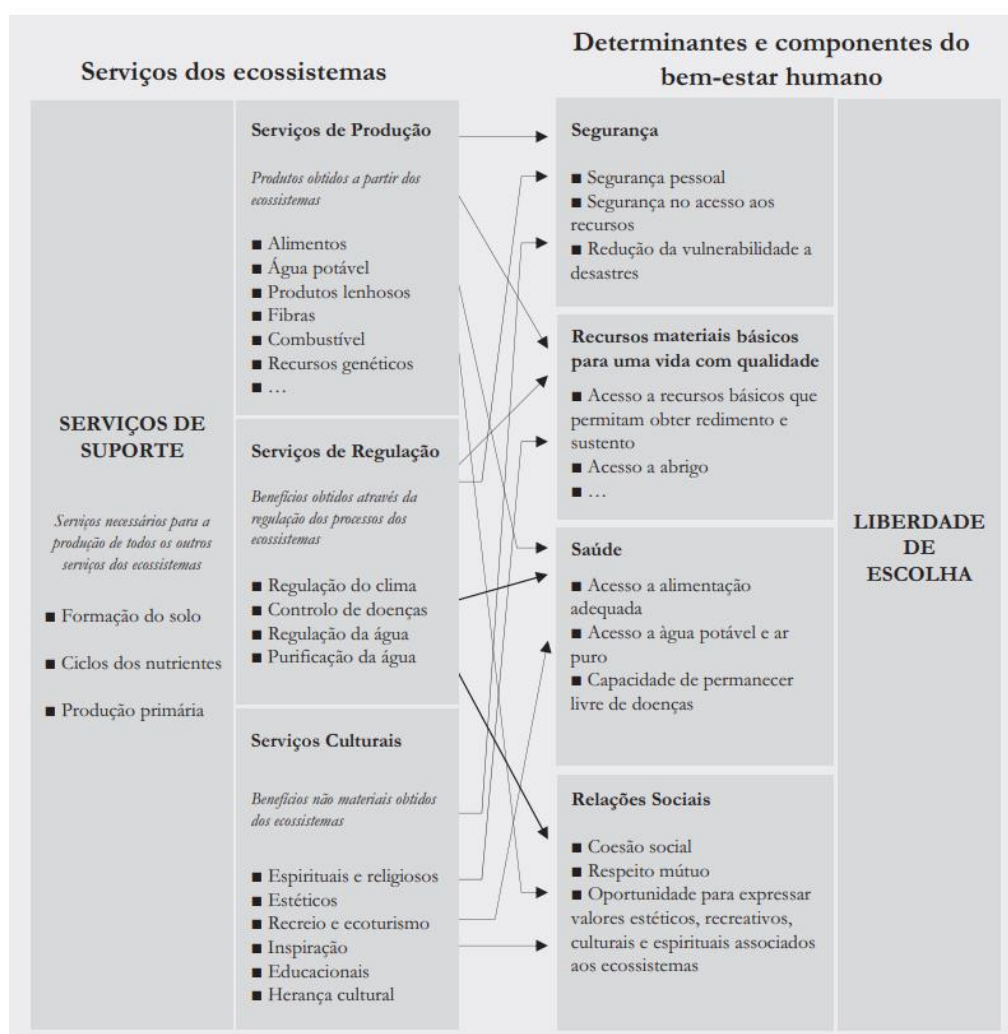


Figura 1: Os serviços dos ecossistemas e a sua relação com o bem-estar humano.

Fonte: Pereira et al., 2009

Os componentes de bem-estar, que são vividos e experienciados pelas pessoas, são dependentes da situação, refletindo a geografia local, a idade, o género e a cultura. Contudo, e em todos os contextos, os ecossistemas devido aos serviços que conferem são essenciais para o bem-estar humano e qualquer alteração nestes serviços afeta o

bem-estar humano, através de impactos na segurança, nos recursos materiais básicos para uma vida com qualidade, na saúde e nas relações sociais e culturais. Estes componentes do bem-estar humano são por sua vez influenciados e têm influência na liberdade de escolha de cada indivíduo como demonstrado na Figura 1 (Pereira et al., 2009).

Assim, a biodiversidade e o bem-estar humano estão intrinsecamente ligados (Figura 2). O MEA também reconhece que muitos outros fatores independentes das mudanças na biodiversidade afetam a condição humana e que a biodiversidade é influenciada por muitas forças naturais que não estão associadas aos humanos (Mooney et al., 2005).

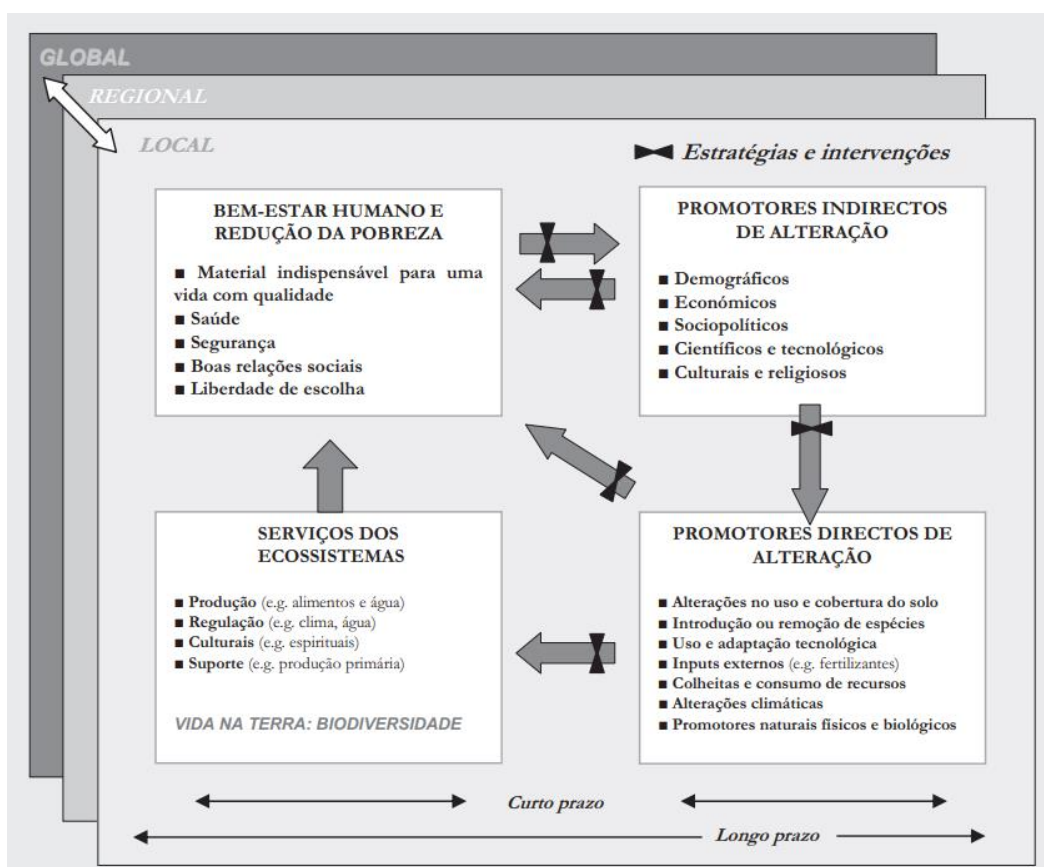


Figura 2: Interações entre Biodiversidade, Serviços dos ecossistemas, Bem-Estar Humano e Motores de Mudança.

Fonte: extraído de Pereira et al., 2009

Alterações nos fatores que afetam indiretamente a biodiversidade, como a população, a tecnologia ou o estilo de vida (canto superior direito), podem levar a alterações nos fatores que afetam diretamente a biodiversidade, nomeadamente, a

alteração do uso do solo (canto inferior direito). Todas estas mudanças interferem nos serviços dos ecossistemas (canto inferior esquerdo) e afetam o bem-estar humano. Muitas pessoas beneficiaram com esta conversão de ecossistemas naturais em ecossistemas de exploração da biodiversidade, no entanto, esta exploração levou a perdas na biodiversidade e à degradação de muitos dos serviços dos ecossistemas (Mooney et al., 2005).

Geralmente, as modificações de ecossistemas para melhorar um serviço têm um custo para outros serviços devido a compensações. Segundo o MEA, apenas 4 dos 24 serviços dos ecossistemas analisados nesta avaliação foram aprimorados: plantações, pecuária, aquicultura e, nas últimas décadas, o sequestro de carbono. Em contraste, 15 outros serviços foram degradados, incluindo pesca de captura, produção de madeira, abastecimento de água, tratamento e remoção de resíduos, purificação de água, proteção contra riscos naturais, regulação da qualidade do ar, regulação do clima regional e local, regulação da erosão, e muitos benefícios culturais (espirituais, estéticos, recreativos e outros). Os impactos destes trade-offs entre os serviços dos ecossistemas afetam diferentes pessoas de diferentes maneiras (Mooney et al., 2005).

1.4.6. Biomassa e Carbono

As florestas têm múltiplos atributos, dos quais se destacam, o seu papel como “sumidouros” de carbono e a sua contribuição para a conservação da biodiversidade e de outros serviços não pagos que elas fornecem (Hunt C, 2009; Vashum & Jayakuma, 2012). De acordo com a IUCN (2016), as florestas desempenham quatro ações fundamentais para combater as alterações climáticas: (1) capturar (aumentar a captura de CO₂ atmosférico), (2) evitar a perda de carbono que está presente na vegetação e nos solos, (3) proteger (manter a integridade do ecossistema, regular o clima, reduzir os riscos e impactos de eventos climáticos extremos, como tempestades e secas) e (4) suprir (manter os serviços dos ecossistemas fundamentais que ajudam o bem-estar humano) (González Díaz et al., 2020).

A biomassa florestal é definida como a quantidade total de matéria orgânica disponível numa floresta expressa em toneladas de matéria seca. Os componentes de biomassa geralmente estimados são a biomassa viva acima do solo que inclui árvores e arbustos; a biomassa morta acima do solo, que abrange a manta-morta e troncos caídos; e a biomassa abaixo do solo, composta pelas raízes. A biomassa total é dada pela soma de todos esses componentes (González Díaz et al., 2020).

Estimar a quantidade de biomassa florestal é fundamental para determinar a quantidade de carbono que é perdido durante uma desflorestação ou a quantidade de CO₂ que é sequestrada da atmosfera pela floresta, uma vez que os valores do carbono da floresta são baseados na estimativa da biomassa florestal. Desta forma, a estimativa da biomassa acumulada no ecossistema florestal é importante para avaliar a produtividade e sustentabilidade da floresta (Vashum & Jayakuma, 2012).

É durante a fotossíntese que ocorre este sequestro de carbono. As plantas absorvem o CO₂ atmosférico, guardando o carbono sob a forma de hidratos de carbono e devolvem o oxigénio à atmosfera. Pelo contrário, as árvores libertam carbono quando estas respiram e devolvem o CO₂ à atmosfera (González Díaz et al., 2020; Vashum & Jayakuma, 2012). A fotossíntese realizada pelas árvores é o principal caminho para a entrada de carbono nos ecossistemas florestais e a respiração é o principal caminho para a emissão de carbono (Lorenz & Lal, 2010).

1.4.7. Reservatório de carbono

No entanto, durante a fotossíntese, uma fração do carbono assimilado é armazenado. Os três principais reservatórios de carbono nos ecossistemas florestais são: biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo e matéria orgânica do solo (Pereira et al., 2009; Bravo, 2007).

Entre todos os reservatórios de carbono, a biomassa acima do solo constitui a maior parte do reservatório de carbono. É o reservatório mais importante e visível do ecossistema florestal terrestre e quaisquer mudanças no sistema de uso do solo, como a degradação florestal ou a desflorestação, causam um impacto direto sobre este reservatório. A biomassa abaixo do solo que constitui todas as raízes vivas desempenha

um papel importante no ciclo do carbono, transferindo e armazenando carbono no solo. A matéria orgânica do solo também é um dos principais contribuintes para os stocks de carbono das florestas, ficando logo atrás da biomassa acima do solo, no entanto, os solos são uma importante fonte de emissões de carbono após a desflorestação (Vashum & Jayakuma, 2012). Contudo, outros autores referem que a matéria orgânica do solo constituiu o maior reservatório de carbono – no entanto, isso depende das florestas e do tipo de ecossistema (Bravo, 2007).

1.4.8. Sequestro de carbono (Fluxo) e Armazenamento de carbono (Stock)

O fluxo corresponde à passagem do carbono de um reservatório para o outro, por exemplo, à passagem do carbono que está na atmosfera para as árvores e corresponde à média do valor que as árvores anualmente conseguem sequestrar.

O stock representa a quantidade de carbono que está presente num reservatório, ou seja, corresponde à quantidade total que naquele momento está armazenado num reservatório, neste caso, nas florestas.

O carbono que entra ou sai de um stock é chamado de fluxo, e a taxa média na qual o carbono flui através de um stock é chamada de rotatividade de carbono. A duração do tempo que o carbono permanece num ecossistema, ou a rotatividade do carbono dentro de um ecossistema, depende em grande parte do clima, solo, tipo de vegetação e das suas interações. Os fluxos são tipicamente muito pequenos comparados aos stocks, mas mesmo pequenas mudanças nos tamanhos dos fluxos globais apresentam um efeito profundo no ciclo global do carbono e influenciam fortemente a taxa de mudança climática (Janowiak et al., 2017).

As novas florestas são caracterizadas por absorverem o carbono lentamente ao início, seguido de um período de sequestro acelerado na fase em que crescem e atingem o estado adulto, e depois uma estabilização à medida que a floresta amadurece (Hunt C, 2009) As florestas jovens têm uma grande capacidade de retirar carbono da atmosfera, uma vez que é nestas idades que o acréscimo médio anual é maior, contudo, as florestas mais antigas possuem maiores taxas de armazenamento de carbono, ou

seja, maiores stocks. À medida que a floresta envelhece, o carbono acumula-se na biomassa das plantas lenhosas, mas também aumenta nos detritos e no solo (Lorenz & Lal, 2010). As florestas maduras têm uma importância fundamental para o efeito de estufa, pois estas armazenam nas suas árvores e no solo mais carbono do que aquele que existe na atmosfera, constituindo um reservatório muito importante de carbono (Reis de Assis, 2012).

Muitas das emissões de CO₂ são causadas pela desflorestação e outras por alterações no uso do solo; perda de vegetação e matéria orgânica no solo; o que provoca ameaças ao armazenamento de carbono na floresta (Hunt C, 2009; Lorenz & Lal, 2010). Os incêndios florestais têm também um potencial de reduzir o stock de carbono armazenado nas florestas e, de transformá-lo numa fonte líquida de carbono (Lorenz & Lal, 2010).

Embora o sequestro de carbono nos ecossistemas florestais não consiga impedir o aumento de CO₂ gerado por diversas atividades antrópicas, aumentar as quantidades de carbono nos reservatórios na floresta, pode compensar essas emissões antropogénicas, minimizando assim o risco às alterações climáticas. Uma tonelada de carbono nas árvores é o resultado da remoção de 3.67 tC de CO₂ da atmosfera (Hunt C, 2009).

1.4.9. Evolução do sequestro de carbono em Portugal nos últimos 30 anos

Em resultado da evolução da economia portuguesa, as emissões nacionais de GEE (gases do efeito de estufa) desenvolveram-se rapidamente durante a década de 1990, caracterizada pelo forte crescimento associado ao aumento da procura e da mobilidade energética. No início dos anos 2000, o crescimento das emissões foi mais moderado e começou a estagnar, e até a diminuir a partir de 2005, devido à implementação de várias medidas, como a substituição de fontes de energia mais poluentes por gás natural, a melhoria da eficiência energética e tecnológicas dos processos industriais, a melhoria da qualidade dos combustíveis, entre outros (Costa Pereira et al., 2021).

De acordo com o último relatório do NIR, as alterações no uso do solo e ocupação florestal provocam diferentes taxas de concentração de CO₂ na atmosfera. Esta categoria, mudou de emissor líquido de carbono em 1990 (Mt CO₂) para sumidouro de carbono em 1992. Devido aos graves incêndios florestais que aconteceram em 2003 e em 2005, esta situação voltou-se a inverter. Em 2017, pelo mesmo motivo, o uso do solo e ocupação florestal voltou a ser emissor líquido, com um total de 10,2 Mt CO₂, tendo representado 12,5% das emissões totais de carbono do país nesse ano. Esta situação deveu-se ao ano trágico em termos de incêndios florestais, associado ao ano excecionalmente seco, com temperaturas elevadas, ocorrendo fora do período normal de verão e a fortes ventos invulgares, como o Furacão *Ophelia* – fenómenos que podem estar relacionados com as alterações climáticas. Em 2018 e 2019, esta categoria voltou a ser considerado um sumidouro de carbono, apresentando valores de -6,7 Mt CO₂ e -7.9 Mt CO₂, respetivamente (Costa Pereira et al., 2021).

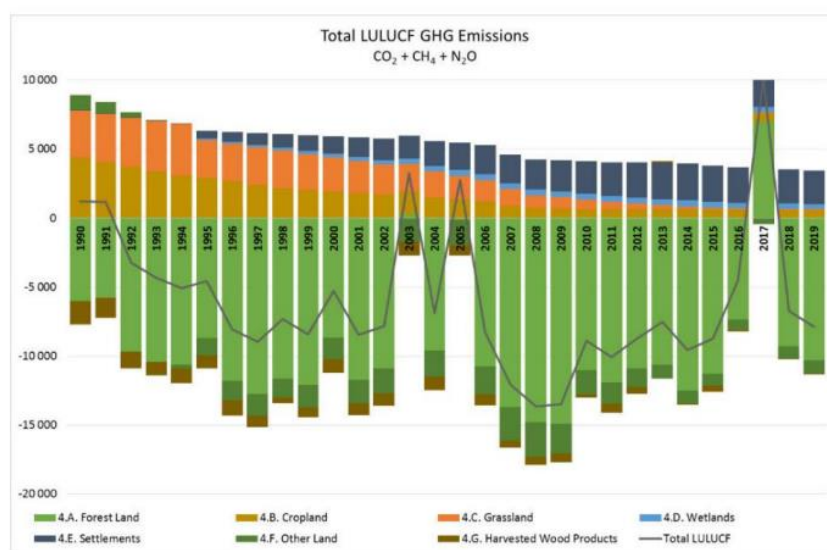


Figura 3: Visão geral das emissões e remoções totais de carbono entre 1990 e 2019.

Fonte: Costa Pereira et al., 2021

Quando se considera o período total entre 1990 e 2019, o uso do solo e a ocupação florestal, é considerado como um sumidouro de carbono, à exceção de 1990, 1991, 2003, 2005 e 2017. Neste período o valor foi então positivo, com um sumidouro médio de -6.98 Mt CO₂ (Costa Pereira et al., 2021). Em Portugal, a capacidade de sequestro de carbono em ecossistemas florestais é classificada como elevada a muito elevada, no entanto, é possível que com o regime de fogos florestais e com a colheita

precoce do material lenhoso, esse potencial ao nível do território nacional seja reduzido substancialmente (Pereira et al., 2009).

1.4.10. Padrão de Paisagem: Composição e Configuração

De forma a compreender os processos da paisagem, é essencial quantificar o padrão da paisagem. A composição desta é uma característica fundamental, no entanto, o padrão da paisagem não é apenas descrito pela composição. A configuração é outra característica importante que complementa a descrição do padrão (Castro Rego et al., 2019).

Entende-se por composição, o número e a proporção de diferentes manchas na paisagem, sendo que estas classes podem ser estabelecidas de várias formas com base em diferentes fatores, nomeadamente, o uso do solo, a propriedade do solo ou o tipo de cobertura vegetal. Abrange a variedade e abundância de tipos de mancha na paisagem, mas não a sua localização. Existem muitas medidas quantitativas de composição da paisagem, incluindo a proporção da paisagem em cada tipo de mancha, riqueza de manchas, uniformidade de manchas e diversidade de manchas (McGarigal & Marks, 1995).

A configuração refere-se à distribuição física das manchas dentro da paisagem, ou seja, representa a relação espacial dos elementos presentes nesta. Pode estar associado a diferentes características da paisagem e existem diferentes métricas para a medir, sendo que uma das medidas mais simples da configuração é a área média da mancha da paisagem (McGarigal & Marks, 1995).

Em termos práticos, como a diversidade de habitats de uma paisagem se aplica para medir a composição dessa paisagem usando as proporções de área ocupada pelos diferentes habitats, é possível considerar, em representações raster, as proporções de todos os tipos de células adjacentes, incluindo aquelas dentro de uma mancha, para medir a configuração da mesma paisagem (Castro Rego et al., 2019).

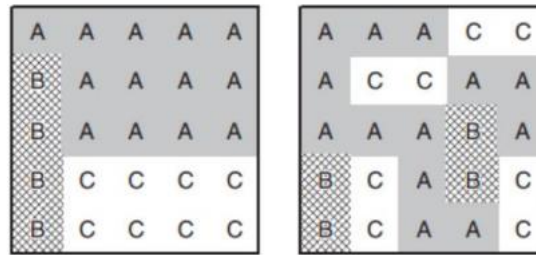


Figura 4: Duas representações raster de paisagens.

Na figura 4, é possível visualizarmos duas representações raster de paisagens com a mesma composição, mas com configurações diferentes. A paisagem à direita mostra uma configuração muito mais complexa com 8 manchas, do que a paisagem muito mais simples à esquerda apenas com 3 manchas. Na realidade, isto significa que estas duas paisagens como têm a mesma composição, tem a mesma diversidade de habitats, mas que ao terem configurações diferentes, a distribuição espacial dos elementos presentes naquela paisagem é diferente (Castro Rego et al., 2019).

1.4.11. Matriz de transição e os seus elementos

A matriz de transição é um ponto de partida fundamental na análise da mudança da terra. Assim, a matriz de transição representa a superfície em ha ou a percentagem de mudanças de uso do solo em cada classe, bem como o uso do solo que persiste para cada classe de uso desde o momento inicial (T1) (1995) para o tempo final (T2) (2018), conforme se verifica na figura 5 (Pontius et al., 2004).

		Momento 2				Total momento 1	Perdas
		Classe 1 (j)	Classe 2 (j+1)	Classe 3 (j+2)	Classe 4 (j+3)		
Momento 1	Classe 1 (i)	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	$\sum_{j=1}^n A_{1j}$	$\sum_{j=1}^n A_{1j} - A_{11}$
	Classe 2 (i+1)	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	$\sum_{j=1}^n A_{2j}$	$\sum_{j=1}^n A_{2j} - A_{22}$
	Classe 3 (i+2)	A_{31}	A_{32}	A_{33}	A_{34}	$\sum_{j=1}^n A_{3j}$	$\sum_{j=1}^n A_{3j} - A_{33}$
	Classe 4 (i+3)	A_{41}	A_{42}	A_{43}	A_{44}	$\sum_{j=1}^n A_{4j}$	$\sum_{j=1}^n A_{4j} - A_{44}$
Total momento 2		$\sum_{i=1}^n A_{i1}$	$\sum_{i=1}^n A_{i2}$	$\sum_{i=1}^n A_{i3}$	$\sum_{i=1}^n A_{i4}$	$\sum_{i=1}^n A_{ij} = \sum_{j=1}^n A_{ij}$ $A_{ij} = A_T$	
Ganhos		$\sum_{i=1}^n A_{i1} - A_{11}$	$\sum_{i=1}^n A_{i2} - A_{22}$	$\sum_{i=1}^n A_{i3} - A_{33}$	$\sum_{i=1}^n A_{i4} - A_{44}$		

Figura 5: Matriz geral para a comparação de dois mapas em dois momentos distintos no tempo.

Fonte: Pontius Jr. et al citado por Lourenço et al., 2008

As classes i , que se encontram nas linhas, correspondem aos valores no momento 1 (ano 1995) e as classes j , que se encontram nas colunas, correspondem aos valores no momento 2 (ano 2018). Desta forma, a notação A_{ij} representa a alteração do uso do solo, em ha, da classe i (1995) para a classe j (2018). Os valores de uso do solo que persistem entre os dois anos, isto é, os valores que se mantiveram, quer do ponto de vista geográfico, quer do ponto de vista espacial, encontram-se registados na diagonal descende da matriz (A_{jj}).

A notação A_{1j} na coluna “Total momento 1” corresponde ao total da classe 1 no $\sum_{j=1}^n$ momento 1, ou seja, à soma de todos valores A_{ij} ao longo de i (1995). De forma idêntica, a linha “Total momento 2” $\sum_{j=1}^n$ corresponde ao total da classe 1 no momento 2, A_{i1} , isto é, à soma de todos os valores A_{ij} ao longo da classe j (2018).

A coluna “Perdas” apresenta o total das perdas relativas a uma dada classe de uso do solo i entre os momentos 1 e 2, ou seja, traduz a diminuição da área correspondente a uma determinada classe de ocupação existente no momento inicial que dá lugar a outro tipo de uso no final do período de análise. A linha “Ganhos” por sua vez, corresponde ao total de ganhos relativos a uma dada classe j entre os

momentos 1 e 2, ou seja, traduz o aumento da área correspondente a uma determinada classe de ocupação existente no momento inicial que dá lugar a outro tipo de uso no final do período de análise.

A diferença entre os ganhos e as perdas é a chamada “mudança líquida”. Embora esta informação possa ser útil, a falta de mudança líquida não indica necessariamente a falta de mudança na paisagem. É possível que a mudança ocorra de tal forma que a localização de uma classe mude entre o tempo 1 e o tempo 2, enquanto, a quantidade permanece a mesma. Por exemplo, uma determinada quantidade de perda de floresta num local pode ser acompanhada pela mesma quantidade de ganho de floresta noutra local (Pontius et al., 2004).

Capítulo II

Caracterização da área de estudo

2.1. Enquadramento geográfico

A área selecionada para avaliar os serviços dos ecossistemas gerados nos espaços florestais corresponde à região do PROF Centro Litoral, que se encontra distribuída por 20 Sub-Regiões Homogéneas (Figura 6).

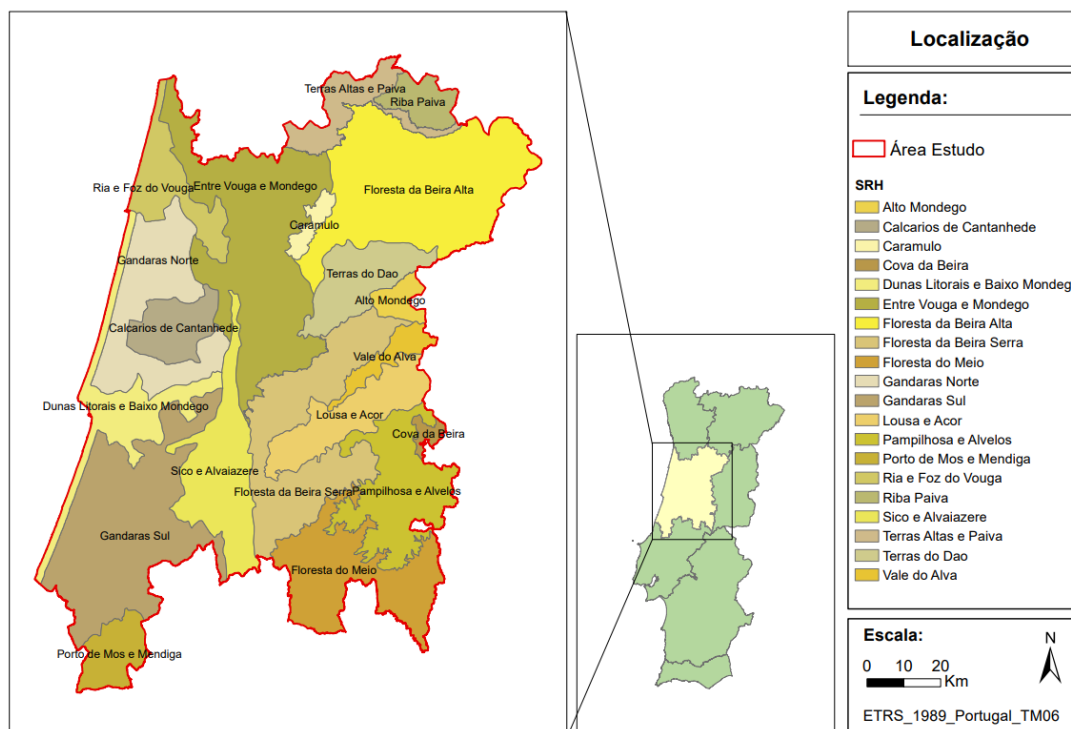


Figura 6: Localização da área de estudo.

A área de estudo possui uma área total de 1 322 004 ha, sendo que as sub-regiões homogéneas de Gândaras Sul, Floresta da Beira Alta e Entre Vouga e Mondego são as que mais área ocupam, correspondendo a 39% da área total, ocupando cada uma delas cerca de 13% da área de estudo (Tabela 1). As principais características de cada SRH também podem ser observadas nesta tabela.

Tabela 1: Área e principais características de cada SRH do PROF Centro Litoral.

SRH	Área (ha e %)	3 principais funções	Altimetria/ Declive	Produtividade e cinegética	Área ocupada por ZIF	Presença corredores ecológicos/SIC/ZPE	Risco de erosão hídrica médio e alto	Perigosidade elevada e muito elevada de incêndio florestal
Gândaras Sul	163 290 (12.4%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	0-200m 0-10%	Baixa	2%	- Corredores ecológicos em 26 % - SIC Azabuxo/Leiria Mata Nacional de Leiria e da Mata Nacional do Urso - ZPE Paul da Madriz	2%	38%
Gândaras Norte	86 561 (6.6%)	Produção, Proteção e Conservação	0-100m 0-10%	Média	1,4%	- Corredores ecológicos em 18 % - SIC Dunas de Mira, Gândara e Gafanha - ZPE Ria de Aveiro	1%	16%
Lousã e Açor	53 908 (4.1%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	A partir de 400m até às cotas mais altas >30%		12,1%	- Corredores ecológicos em 26 % - SIC Serra da Lousã e Açor - SIC Complexo do Açor	24%	98%.
Porto de Mós e Mendiga	27 668 (2.1%)	Produção, Proteção e Conservação	Até 700m 10-30%	Baixa	Nula	- Corredores ecológicos em 27 % - SIC Serras d'Aire e Candeeiros	10%	68%
Terras do Dão	47 753 (3.6%)	Produção, Proteção Silvopastorícia, Caça e Pesca	Até 400m Até 30%	Média	48,2%	- Corredores ecológicos em 27 %	2%	42%
Ria e Foz do Vouga	42 557 (3.2%)	Produção, Proteção e Conservação	0-100m 0-10%	Elevada	Nula	- Corredores ecológicos em 25 % - SIC Barrinha de Esmoriz - SIC Rio Vouga - ZPE Ria de Aveiro	1%	12%
Floresta da Beira Alta	175 471 (13,3%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	400-700m Até 30%	Elevada	15,6%	- Corredores ecológicos em 22%	6%	55%
Sico e Alvaiázere	76 012 (5.8%)	Produção, Proteção e Conservação	Até 400m Até 30%	Média	8%	- Corredores ecológicos em 15% - SIC Sico/Alvaiázere	6%	59%
Riba Paiva	21 218 (1.6%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	700m-1000m Até 30%	Elevada	Nula	- Corredores ecológicos em 24%	10%	88%
Vale do Alva	15 865 (1.20%)	Produção, Proteção e Sivopastorícia, Caça e Pesca	Até 700m 10-30%	Elevada	65,7%	- Corredores ecológicos em 26%	7%	70%

SRH	Área (ha e %)	3 principais funções	Altimetria/ Declive	Produtividade e cinegética	Área ocupada por ZIF	Presença corredores ecológicos/SIC/ZPE	Risco de erosão hídrica médio e alto	Perigosidade elevada e muito elevada de incêndio florestal
Floresta do Meio	90 834 (6.9%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	Até 700m Até 30%	Elevada	2,9%	- Corredores ecológicos em 28 %	8%	82%
Alto Mondego	12 425 (0.9%)	Produção, Proteção e Conservação.	Até 400m 10-30%	Elevada	99,5%	- Corredores ecológicos em 7% - SIC Carregal do Sal	1%	53%
Calcários de Cantanhede	33 774 (2.6%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção.	0-100m 0-10%	Baixa	Nula	- Corredores ecológicos em 33%	1%	96%
Cova da Beira	5 339 (0.4%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	Entre 400 a 700m 10-30%, >30%	Elevada	3,2%	- Corredores ecológicos em 33%	28%	91%
Caramulo	9 460 (0.7%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	700 a 1000m 10-30%, >30%	Elevada	15,3%	- Corredores ecológicos em 6%	27%	97%
Entre Vouga e Mondego	174 485 (13.2%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	Até 700m 10-30%, >30%	Elevada	9,4%	- Corredores ecológicos em 30% - SIC Rio Vouga; SIC Cambarinho Mata Nacional do Buçaco	20%	70%
Dunas Litorais e Baixo Mondego	57 160 (4.3%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	0-100m 0-10%	Baixa	2,2%	- Corredores ecológicos em 25% - Mata Nacional de Leiria, da Mata Nacional do Urso e Mata Nacional do Choupal - SIC Dunas de Mira, Gândara e Gafanha - SIC Arzila - ZPE Ria de Aveiro; ZPE Paul do Taipal; ZPE Paul de Arzila	Nula	21%
Terras Altas e Paiva	34 937 (2.6%)	Conservação, Proteção e Silvopastorícia, Caça e Pesca	A partir de 400m até às cotas mais altas >30%	Média	1,5%	- Corredores ecológicos em 23% - SIC Serras de Freita e Arada - SIC Montemuro; SIC Rio Paiva	26%	94%
Floresta da Beira Serra	113 646 (8.6%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	Até 700m Até 30%	Elevada	23,6%	- Corredores ecológicos em 23%	15%	73%
Pampilhosa e Alvelos	79 645 (6.0%)	Produção, Sivopastorícia, Caça e Pesca e Proteção	A partir de 400m até às cotas mais altas 10-30%	Elevada	7,7%	- Corredores ecológicos em 21%	16%	90%

2.2. Caracterização biofísica da área de intervenção

2.2.1. Altimetria

Com a altimetria foi possível compreender as altitudes da área em estudo, tendo sido os andares altimétricos divididos em seis. Como em qualquer superfície terrestre, esta variável condiciona fortemente o clima zonal.

Com base na figura 7, representado a verde-escuro, encontramos os valores entre os 0 e os 100m, e a verde-claro as altitudes compreendidas entre os 100 e os 200m. Os valores mais elevados são representados com o vermelho, sendo que o ponto mais alto da área de estudo se encontra na cota dos 1398 metros.

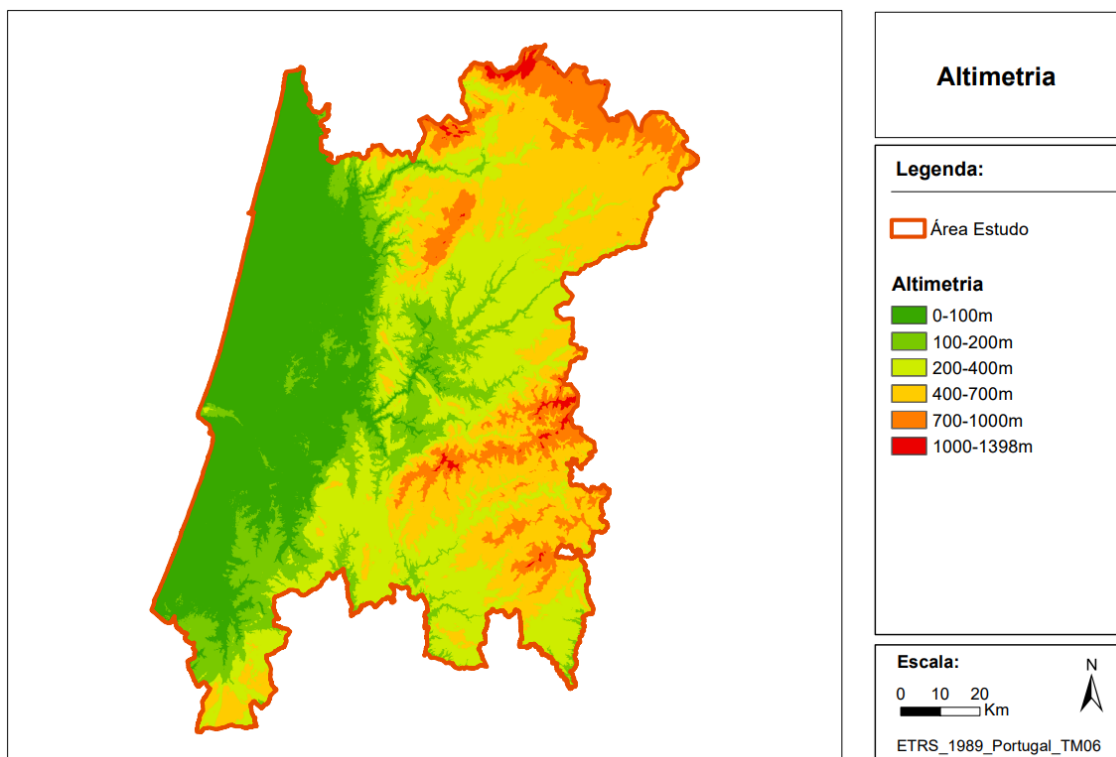


Figura 7: Carta de altimetria na área de estudo.

A região pode ser descrita apresentando, uma planície e zonas de baixa altitude no litoral e dois alinhamentos montanhosos (Buçaco - Caramulo - Gralheira) e parte do Sistema Central incluindo as serras da Estrela, Lousã, Açor, prologando-se as elevações para a serra de Sicó e Aire e Candeeiros (ICNF, 2019).

Toda a parte oeste da área de estudo, junto ao litoral, tem altitudes inferiores a 400 metros, ocupando mais de metade da área de estudo (Tabela 2).

Tabela 2: Área e percentagem ocupada por cada classe altimétrica.

Altimetria	Área (ha)	Área ocupada (%)
0-100m	368 530	27.9
100-200m	169 157	12.8
200-400m	346 801	26.2
400-700m	321 634	24.3
700-1000m	106 172	8.0
1000-1398m	9 697	0.7
TOTAL	1 322 004	100

As zonas com mais altitudes encontram-se a nordeste e este da área de estudo, onde se é possível encontrar as cadeias montanhosas, nomeadamente a Serra da Estrela, Lousã e do Açor.

2.2.2. Declive

Com base na figura 8, onde está reproduzido o declive da área de estudo, podemos concluir que o declive foi dividido em 3 classes de representatividade.

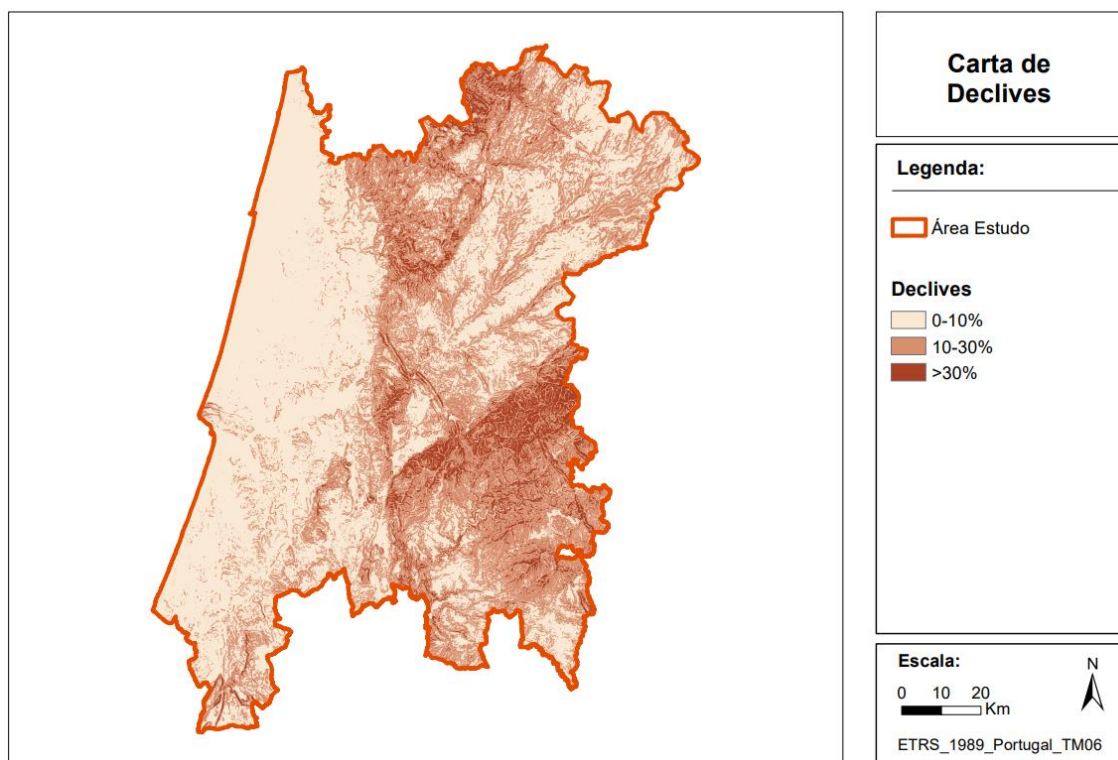


Figura 8: Carta de declives da área de estudo.

A classe de declives entre os 0 e os 10% é a classe mais representativa, ocupando mais de metade da área de estudo, 733 888 ha, sobretudo na parte oeste. Ocupando cerca de 37% da área de estudo estão os declives entre os 10 e os 30% (Tabela 3).

Tabela 3: Área e percentagem ocupada por cada classe de declive.

Declive	Área (ha)	Área ocupada (%)
0-10%	733 888	55,8
10-30%	490 211	37,3
>30%	90 298	6,9
TOTAL	1 322 004	100

Com apenas 6,9% surgem os declives acima dos 30%, presentes particularmente nas regiões montanhosas da Serra da Estrela, Lousã e do Açor (213 546 ha).

2.2.3. Hidrografia

A figura 9, ilustra a localização das principais linhas de água, bacias hidrográficas, e das albufeiras de águas públicas da região PROF do Centro Litoral.

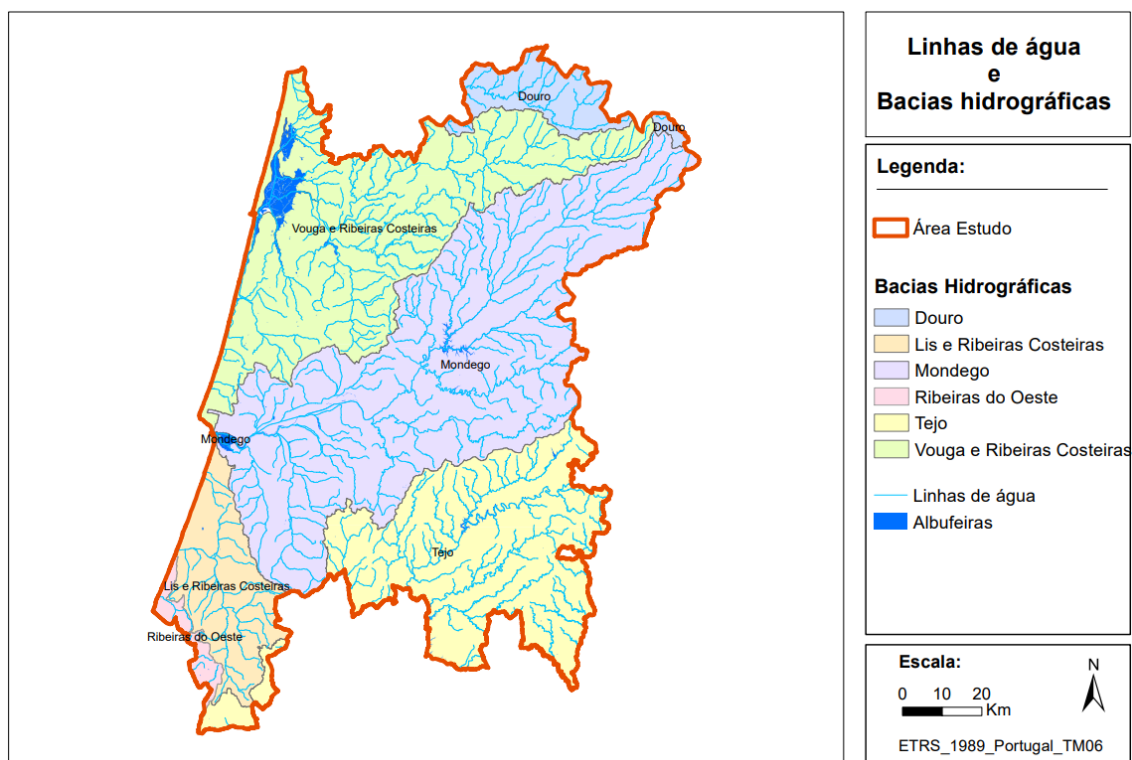


Figura 9: Localização das principais linhas de água, bacias hidrográficas, e das albufeiras de águas públicas da região PROF do Centro Litoral.

Na tabela 4, caracterizam-se as bacias, quanto à sua dimensão. Verifica-se que a Bacia hidrográfica do Mondego, que atravessa praticamente toda a região do PROF Centro Litoral ocupa praticamente metade da área de estudo (39,9%).

Tabela 4: Superfície e fração da superfície do território PROF das bacias hidrográficas.

Bacia hidrográfica	Área ocupada (ha)	Área ocupada (%)
Mondego	524 451	39,9
Vouga e Ribeiras costeiras	342 866	26,1
Tejo	281 336	21,4
Lis e Ribeiras costeiras	94 854	7,2
Douro	56 079	4,3
Ribeiras do Oeste	15 606	1,2
TOTAL	1 315 193	100

2.2.4. Solos

A geologia e os solos são fatores determinantes para o planeamento e para a gestão florestal, uma vez que determinam a possibilidade de adaptação e sobrevivência das espécies florestais e também porque influenciam a regeneração e crescimentos destas. A geologia e os solos ao cooperarem para a qualidade das estações, vão influenciar os valores de oferta dos serviços dos ecossistemas, nomeadamente, o valor de serviços de produção, por exemplo os fluxos de volume de material lenhoso, e o valor de serviços de regulação, por exemplo o carbono (ICNF, 2019).

Na figura 10, podem-se observar os tipos de solo (FAO) presentes no PROF Centro Litoral.

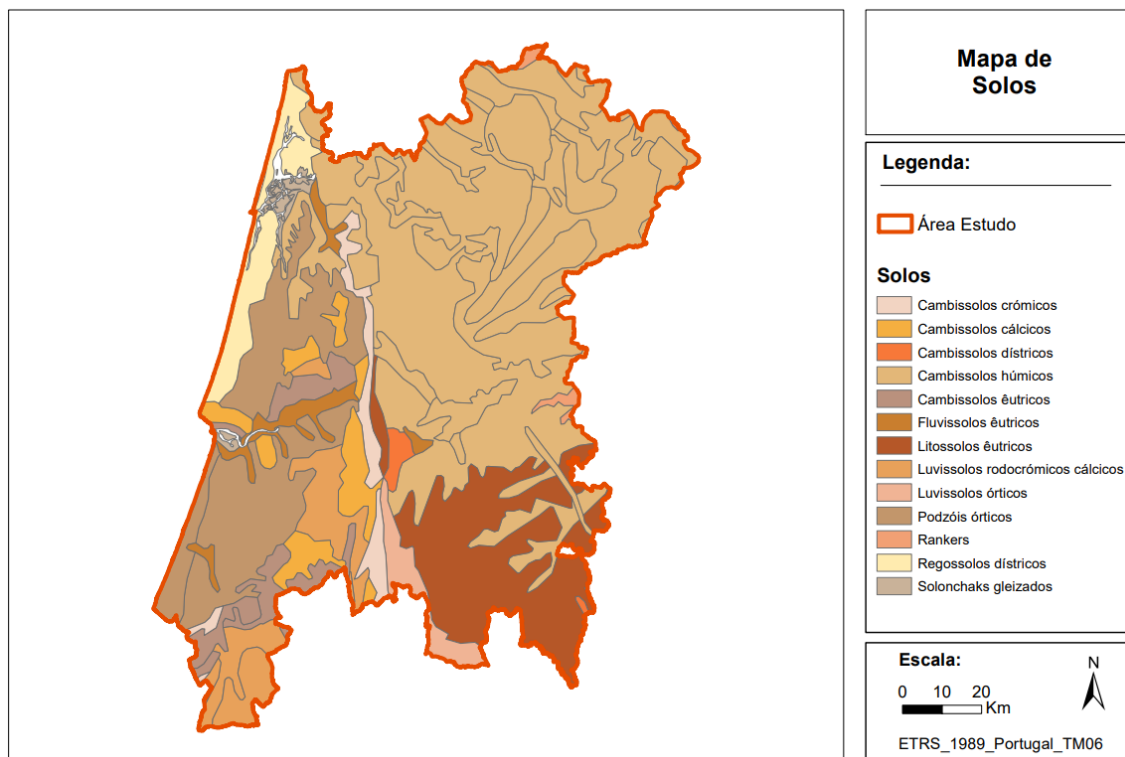


Figura 10: Solos na região PROF do Centro Litoral.

Como é possível analisar, verifica-se o predomínio de cambissolos húmicos e importância relativa de podzois órticos e litossolos éutricos (Tabela 5).

Tabela 5: Área ocupada por cada tipo de solo.

Tipo de solo	Área (ha)	Área ocupada (%)
Cambissolos húmicos	643770	49,1
Podzois órticos	179138	13,7
Litossolos éutricos	164233	12,6
Luvissolos rodocrômicos cálcicos	73960	5,6
Cambissolos cálcicos	50411	3,8
Cambissolos éutricos	47871	3,7
Regossolos dístricos	46815	3,6
Cambissolos crômicos	31203	2,4
Fluvissolos éutricos	27113	2,1
Luvissolos órticos	23340	1,8
Solonchaks gleizados	9876	0,8
Cambissolos dístricos	7671	0,6
Rankers	5809	0,4
TOTAL	1 311 210	100

Os cambissolos húmicos são solos pouco evoluídos, formados a partir de rochas não calcárias. São pouco profundos, frequentemente pobres em termos químicos e com baixo teor em matéria orgânica. Apresenta um perfil com a sequência A(B)CR, com diferenças de cor, refletindo a cor escura no horizonte A, rica em matéria orgânica e um horizonte B incipiente, ou seja, pouco desenvolvido estruturalmente.

2.2.5. Clima e câmbio climático

De acordo com os dados disponibilizados no Portal do Clima, tendo por base a série climática 1971-2000, a temperatura média na área de estudo varia entre os 11.64 °C e os 13.91 °C, sendo os valores mais baixos na zona nordeste e os valores mais elevados na zona sudeste. A precipitação média anual varia entre os 843.55 mm, na zona sudeste e os 1538.42 mm, na zona nordeste. Apesar das diferenças entre cada SRH, a variação intra-anual da precipitação e temperatura é razoavelmente homogênea na região PROF: dezembro e janeiro são os meses mais chuvosos, julho, o mês mais seco; agosto, o mês mais quente e janeiro o mês mais frio (ICNF, 2019).

De acordo com os cenário de evolução climática, disponíveis no Portal do Clima, com séries de dados simulados entre 2011-2040 e 2041-2070, prevê-se um aumento nas variáveis de temperatura e uma diminuição nas variáveis de precipitação, sendo que as precipitações de primavera e verão tenderão a diminuir de forma muito acentuada, aumentando a duração e a severidade dos períodos de seca. Verificam-se variações na temperatura média de cerca de 2 °C no período 2011-2070, com uma variação inferior a 0.9 °C no período 2011-2040. A precipitação média anual pode diminuir até 31,1% (Região de Leiria 2041-2070) e não menos de 13% (Beira Baixa 2041-2070). A variação da precipitação no horizonte de 2040 está entre - 3,1% (Beira Baixa) e - 28,2% (Região de Leiria). O número de dias de onda de calor tem uma variação positiva que pode atingir os 7,3 dias no horizonte de 2070 (ICNF, 2019).

2.2.6. Áreas ardidas

Tendo em consideração que Portugal é um país mediterrâneo, caracteriza-se por ter verões quentes e secos, antecidos de invernos frios e chuvosos. Este cenário, aliado à existência de áreas topográficas acidentadas e com vegetação pirofítica, torna-o bastante propenso à ocorrência de fogos florestais. As mudanças demográficas e socio-económicas nas zonas rurais também têm vindo a reforçar esta tendência e, desta forma, os incêndios florestais são considerados uma das ameaças mais aflitivas que se faz sentir sobre a floresta da região do PROF Centro Litoral (ICNF, 2019).

Nesta região, entre 1995 e 2021, arderam 859 701 ha. Conforme se verifica na figura 11, existem determinadas zonas da área de estudo que foram afetadas pelos incêndios em diversos anos.

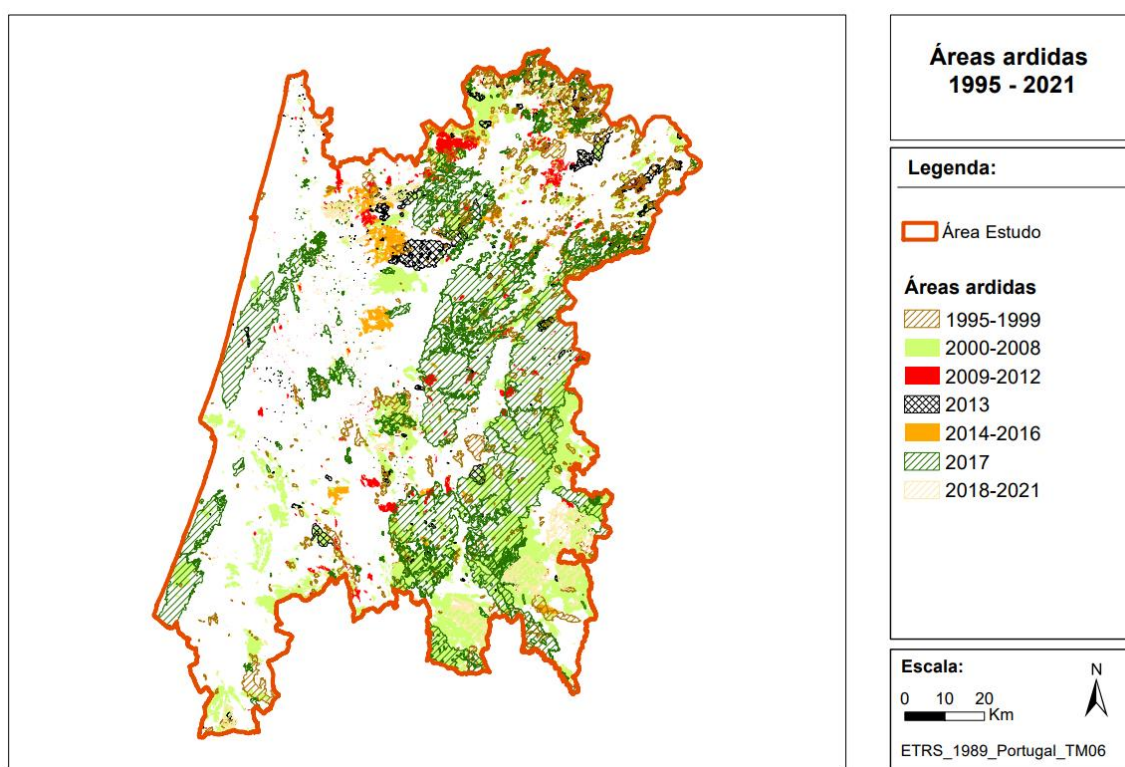


Figura 11: Áreas ardidas entre 1995 e 2021.

Na tabela 6, é possível verificar que existem várias SRH onde a área ardida ultrapassa os 100%, nomeadamente, SRH Riba Paiva, Alto Mondego, Caramulo, Terras Altas e Paiva, Floresta da Beira Serra e Pampilhosa e Alvéolos, significando isto, que nestas SRH ardeu mais do que uma vez.

Tabela 6: Percentagem de áreas ardidas em cada SRH.

SRH	Área da SRH (ha)	Área ardida (ha)	Área ardida (%)
Gândaras Sul	163290	42805	26.2
Gândaras Norte	86561	29181	33.7
Lousã e Açor	53908	48977	90.9
Porto de Mós e Mendiga	27668	16584	59.9
Terras do Dão	47753	44371	92.9
Ria e Foz do Vouga	42557	2250	5.3
Floresta da Beira Alta	175471	99778	56.9
Sico e Alvaiázere	76012	17327	22.8
Riba Paiva	21218	32102	151.3
Vale do Alva	15865	14839	93.5
Floresta do Meio	90834	89461	98.5
Alto Mondego	12425	18277	147.1
Calcários de Cantanhede	33774	2149	6.4
Cova da Beira	5339	4248	79.6
Caramulo	9460	17350	183.4
Entre Vouga e Mondego	174485	88955	51.0
Dunas Litorais e Baixo Mondego	57160	9462	16.6
Terras Altas e Paiva	34937	57500	164.6
Floresta da Beira Serra	113646	117033	103.0
Pampilhosa e Alvelos	79645	107036	134.4
TOTAL	1 322 004	859701	65.0

Capítulo III

Metodologia

3.1. Construção das cartas de ocupação do Solo de 1995 e 2018

Para mapear o uso/ocupação do solo de 1995 e 2018, foram utilizados os dados oficiais de ocupação do solo produzidos pela Direção Geral do Desenvolvimento Territorial (DGT) de 1995 e 2018.

A série Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS), iniciou-se em 1990 e foi atualizada para os anos 1995, 2007, 2010, 2015 e 2018. Este conjunto de dados geográficos representa o mapeamento temático do uso e ocupação do solo para Portugal Continental nos anos em questão. São produzidos por fotointerpretação com dados de estrutura vetorial (polígonos), com uma unidade mínima de mapeamento de 1 ha e uma distância mínima entre linhas de 20 metros. São construídos à escala de 1:25000 (Direção Geral do Território, 2022).

A nomenclatura da COS foi reformulada para a produção da COS2018 no âmbito de um grupo de trabalho da Comissão Nacional do Território (CNT) coordenado pela DGT e que reuniu entidades relevantes nos domínios do uso e da ocupação do solo (Direção Geral do Território, 2018). A nova nomenclatura passou a incluir 83 classes, ou seja, mais 35 classes do que a anterior COS2015. Desta forma, a COS2018 utilizada não pode ser comparada com nenhuma versão anterior, incluindo a versão da COS1995 (Direção Geral do Território, 2022). Desta forma, foi necessário adaptar as nomenclaturas, até se atingir uma equivalência coerente entre os dois anos.

A base para construir a tabela de equivalências foi a COS2018, onde foram definidas 9 grandes classes de ocupação do solo (Territórios artificializados, agricultura, pastagens, superfícies agroflorestais, florestas, matos, espaços descobertos, zonas húmidas e massas de água).

Posto isto, as classes da COS1995 foram agrupadas de forma a coincidir com as classes da COS2018, conforme é possível analisar na tabela 7.

Tabela 7: Tabela de equivalência entre COS2018 e COS1995 para as grandes classes de ocupação do solo.

2018	1995
Territórios artificializados	1. Territórios artificializados
Agricultura	2. Áreas agrícolas (com exceção do 2.3 e 2.4.4.)
Pastagens	2.3. Pastagens permanentes
Superfícies agroflorestais	2.4.4. Agroflorestais
Florestas	3. Áreas florestais e espaços naturais (com exceção do 3.2.2 e 3.2.4.13.1)
Matos	3.2.2. Matos
Espaços descobertos ou com pouca vegetação	3.3. Zonas descobertas e com pouca vegetação (com exceção do 3.3.4) + 3.2.4.13.1. Aceiros e/ou corta-fogos
Zonas húmidas	4. Zonas húmidas
Massas de água superficiais	5. Corpos água

Foi realizado o mesmo procedimento no que se refere às espécies florestais, sendo possível verificar essas equivalências na tabela 8.

Tabela 8: Tabela de equivalência entre COS2018 e COS1995 para as espécies florestais.

2018	1995
Florestas de sobreiro	3.1.1.01.1. Florestas de sobreiro + 3.3.4.02.1. Áreas ardidas de florestas de sobreiro
Florestas de azinheira	3.1.1.01.2. Florestas de azinheira
Florestas de outros carvalhos	3.1.1.01.3. Florestas de outros carvalhos + 3.2.4.08.3. Cortes rasos de florestas de outros carvalhos + 3.2.4.10.3. Novas plantações de florestas de outros carvalhos + 3.3.4.02.3. Áreas ardidas de florestas de outros carvalhos
Florestas de castanheiro	3.2.4.10.4. Novas plantações de florestas de castanheiro
Florestas de eucalipto	3.1.1.01.5. Florestas de eucalipto + 3.2.4.08.5. Cortes rasos de florestas de eucalipto + 3.2.4.10.5. Novas plantações de florestas de eucalipto + 3.3.4.02.5. áreas ardidas de florestas de eucalipto
Florestas de espécies invasoras	3.2.4.08.6. Cortes rasos de florestas de espécies invasoras
Florestas de outras folhosas	3.1.1.01.7. Florestas de outras folhosas + 3.2.4.08.7. Cortes rasos de florestas de outras folhosas + 3.2.4.10.7. Novas plantações de florestas de outras folhosas + 3.3.4.02.7. Áreas ardidas de florestas de outras folhosas

Florestas de pinheiro-bravo	3.1.2.01.1. Florestas de pinheiro-bravo + 3.2.4.09.1. Cortes rasos de florestas de pinheiro-bravo + 3.2.4.11.1. Novas plantações de florestas de pinheiro-bravo + 3.3.4.03.1. Áreas ardidas de florestas de pinheiro-bravo
Florestas de pinheiro manso	3.1.2.01.2. Florestas de pinheiro manso + 3.2.4.09.2. Cortes rasos de florestas de pinheiro manso + 3.2.4.11.2. Novas plantações de florestas de pinheiro manso + 3.3.4.03.2. Áreas ardidas de florestas de pinheiro-manso
Florestas de outras resinosas	3.1.2.01.3. Florestas de outras resinosas + 3.2.4.09.3. Cortes rasos de florestas de outras resinosas + 3.2.4.11.3. Novas plantações de florestas de outras resinosas

3.2. Construção da Matriz de transição de usos e ocupações do solo de 1995 para 2018

Os passos metodológicos apresentados são baseados no método analítico descrito por Pontius et al. (2004), seguindo o modelo apresentado no enquadramento teórico (Figura 5), para alterações dos usos do solo, que recomenda a obtenção de mapas correspondentes a dois momentos distintos no tempo, seguida da contabilização e registo das mudanças em matrizes de transição para a identificação das alterações mais significativas.

Desta forma, selecionou-se, para análise, o período compreendido entre os anos de 1995 (momento 1) e 2018 (momento 2). Para construir a matriz de transição de uso do solo, foi necessário a combinação em formato raster da COS 1995 com a COS 2018, (Combine), sendo depois disso possível observar as superfícies em ha ocupadas por cada classe de uso do solo quanto às alterações observadas, bem como quanto à persistência dos mesmos (valores diagonais).

No nível mais geral de informação, a linha Total lista a quantidade de cada categoria no tempo 2 (2018) e a coluna Total lista a quantidade de cada categoria no tempo 1 (1995). Com esses valores é possível calcular as perdas de cada classe de uso do solo entre os dois momentos, através da diferença entre o total da linha e o que persistiu nessa mesma classe. Para calcular o ganho é feita a diferença entre o total da coluna e a persistência para o uso do solo correspondente.

Para além dessas importantes conclusões, procedeu-se também ao cálculo do resultado líquido entre o período de estudo, à variação anual em ha e ao índice de estabilidade de usos.

Através do resultado líquido, que corresponde à diferença entre os ganhos e as perdas, é possível perceber se no período de estudo em questão a área de uma determinada classe de uso do solo aumentou ou diminuiu, ou seja, se neste período foram maiores as perdas ou os ganhos. A variação anual é calculada fazendo a divisão do resultado líquido pelo número de anos do período de estudo e reflete a mudança que existe em média por ano numa determinada classe de uso do solo.

3.3. Métricas para caracterização do padrão da paisagem

Com o intuito de calcular os índices estruturais (métricas) para caracterizar a composição e configuração da paisagem, recorreu-se ao programa opensource FRAGSTATS versão 4.2.

O primeiro passo a realizar foi preparar os ficheiros de input para inserir no programa FRAGSTATS, nomeadamente a camada do uso do solo de 1995 e 2018, no formato raster (*grids*). Todos os ficheiros foram gravados como “*Geotiff*”, condição básica para os poder depois importar no FRAGSTATS.

Depois de preparados os ficheiros de input, é possível calcular um conjunto de métricas estruturais e funcionais ao nível da mancha, da classe e da paisagem. Neste trabalho o nível de análise que se pretende utilizar é ao nível da classe, pelo que serão apenas contempladas métricas a este nível. Tem-se como objetivos perceber o nível de fragmentação de uma determinada classe, ou a continuidade de outra classe, ou descrever as diferenças estruturais entre classes.

De acordo com o aspeto do padrão estudado podem definir-se os seguintes grupos de métricas: Área/orla; Forma; Área de Interior; Contraste e Agregação. Neste trabalho foram selecionadas métricas dos grupos de área/orla e agregação.

As métricas de área/orla são um conjunto básico de métricas que servem para caracterizar espacialmente o grão da paisagem. Estas métricas lidam com o número, o tamanho e a quantidade de orlas criadas pelas manchas. As métricas principais de área (composição) estudadas foram:

• <u>Número de manchas (NP)</u>	
NP = n_i	n_i = número total de manchas na paisagem de cada classe i .
Unidades	Nenhuma
Valores máximo e mínimo	NP ≥ 1 , sem limite NP = 1, quando a paisagem tem apenas uma mancha, ou seja, quando a classe consiste numa única mancha.

• <u>Densidade de manchas (PD)</u> – número de manchas por unidade de área.	
PD = $\frac{n_i}{A} (10000)/100$	n_i = número de manchas na paisagem por classe i . A = área total da paisagem (m ²)
Unidades	Número por 100 hectares
Valores máximo e mínimo	PD > 0, limitado pelo tamanho do pixel O PD não tem limite superior, esta métrica é muito influenciada pela resolução da imagem, nomeadamente o tamanho do pixel.

• Índice da Mancha de maiores dimensões: Largest patch index (LPI): percentagem da área da paisagem ocupada pela mancha de maiores da classe.	
$LPI = \frac{\max_{j=1}^n(a_{ij})}{A}(100)$	a_{ij} = área (m ²) da mancha A = área total da paisagem (m ²)
Unidades	Percentagem
Valores máximo e mínimo	$0 < LPI \leq 100$ O LPI aproxima-se de 0 quando a maior mancha da classe correspondente é cada vez menor. LPI = 100, quando toda a paisagem consiste numa única mancha da classe correspondente; ou seja, quando a maior mancha compreende 100% da paisagem.

As métricas de agregação referem-se à tendência que as manchas têm ou não de aparecer agregadas espacialmente, ou seja, de ocorrerem em agregados de grandes dimensões. O termo “agregação” é utilizado como um termo genérico para descrever vários conceitos intimamente relacionados: 1) dispersão, 2) interdispersão, 3) subdivisão e 4) isolamento.

Quanto às métricas de agregação foi estudado:

• Índice de Interdispersão e Justaposição (IJI): refere-se à forma como os diferentes tipos de manchas se misturam, baseando-se na frequência com que as células ao longo do perímetro de manchas são adjacentes a outros tipos de manchas.	
$IJI = \frac{-\sum_{k=1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m-1)} (100)$	e_{ik} = comprimento total (m) da borda na paisagem entre os tipos de manchas (classes) i e k.

	m = número de tipos de manchas (classes) presentes na paisagem, incluindo a borda da paisagem, se presente.
Unidades	Porcentagem
Valores máximo e mínimo	$0 < IJI \leq 100$ IJI aproxima-se de 0 quando o tipo de mancha correspondente é adjacente a apenas 1 outro tipo de mancha. $IJI = 100$, quando o tipo de mancha correspondente é igualmente adjacente a todos os outros tipos de manchas.

Já escolhidas as métricas, corre-se o modelo parametrizado de onde irão sair os resultados para as métricas selecionadas ao nível da classe. As linhas representam cada classe da paisagem, ou seja, cada ocupação do solo e as colunas indicam as métricas selecionadas.

3.4. Cálculo do Sequestro e Armazenamento

3.4.1. Fluxo potencial de material lenhoso (Sequestro)

Para a avaliação do fluxo potencial de material lenhoso na área de estudo, foi necessário analisar as classes de produtividades de cada espécie tendo em conta as indicações do PROF Centro Litoral.

Seguindo o PROF Centro Litoral, foram consideradas três classes de aptidão para a produtividade do eucalipto, definidas pelo ICNF com base no acréscimo médio anual (ama). Produtividade baixa: $ama < 7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$; produtividade boa: $ama > 12 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$; produtividade regular: ama entre esses dois valores.

Desta forma, para cada uma das classes foi considerado o seguinte valor de acréscimo: 6 m³/ha/ano para produtividade baixa; 9 m³/ha/ano para a produtividade regular e 12 m³/ha/ano para a classe de boa produtividade.

No que concerne ao pinheiro-bravo, foram consideradas três classes de aptidão, tendo como idade padrão os 50 anos, definidas pelo ICNF com base no ama. Produtividade baixa: ama < 6 m³/ha/ano; produtividade alta: ama > 9 m³/ha/ano; produtividade regular: ama entre esses dois valores.

Desta forma, para cada uma das classes foi considerado o seguinte valor de acréscimo: 5m³/ha/ano para produtividade baixa; 7,5 m³/ha/ano para a produtividade regular e 9 m³/ha/ano para a produtividade boa.

Posteriormente, verificou-se a classe de aptidão produtiva da espécie de eucalipto e pinheiro-bravo em cada Sub-região homogénea, e atribuíram-se os valores de ama acima referidos (Tabela 9).

Tabela 9: Acréscimo Médio Anual para Pb e Ec (em povoamentos puros e dominantes) consoante a SRH.

SRH	Espécie	Aptidão Produtiva	AMA (m ³ /ha)
Alto Mondego	Pb	Alta	9
	Eucalipto	Alta	12
Calcários de Cantanhede	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12
Caramulo	Pb	Alta	9
	Eucalipto	Alta	12
Cova da Beira	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12
Dunas Litorais e Baixo Mondego	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Regular	9
Entre Vouga e Mondego	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12
Floresta da Beira Alta	Pb	Alta	9
	Eucalipto	Alta	12
Floresta da Beira Serra	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12
Floresta do Meio	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12
Gândaras Norte	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12
Gândaras Sul	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12
Lousã e Açor	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12

Pampilhosa e Alvéolos	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12
Porto de Mós e Mendiga	Pb	Baixa	5
	Eucalipto	Baixa	6
Ria e Foz do Vouga	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Regular	9
Riba Paiva	Pb	Baixa	5
	Eucalipto	Alta	12
Sicó e Alvaiázere	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Regular	9
Terras Altas e Paiva	Pb	Regular	7,5
	Eucalipto	Alta	12
Terras do Dão	Pb	Alta	9
	Eucalipto	Alta	12
Vale do Alva	Pb	Alta	9
	Eucalipto	Alta	12

Os valores de produtividade utilizados para as restantes espécies, foram os mesmos valores utilizados no NIR que se encontram na tabela 10 (Costa Pereira et al., 2021).

Tabela 10: Acréscimo Médio Anual por Tipo de Floresta (em povoamentos puros e dominantes).

Espécie	AMA (m ³ /ha)
Sobreiro	0,5
Azinheira	0,5
Outras folhosas	2,9
Outros carvalhos	2,9
Pinheiro-manso	5,6
Outras resinosas	5,0

Fonte: Costa Pereira et al., 2021

3.4.2. Stock de material lenhoso (Armazenamento)

Para a avaliação do stock de material lenhoso na área de estudo, foi necessário realizar uma pesquisa dos volumes médios por espécie florestal constantes no IFN.

Para o cálculo dos stocks de material lenhoso, foram considerados os dados de volume médio do IFN 4 (1995) para a cobertura de 1995 e para 2018 os dados do IFN 6 (2015), para a NUT II. Tendo em conta que, o IFN 4 apenas apresentava volumes médios para a espécie de pinheiro-bravo e eucalipto, o stock de material lenhoso entre 1995 e 2018 foi comparado apenas para estas duas espécies.

Tabela 11: Volume médio (m³/ha) por espécie segundo os dados do IFN 3 e IFN6 (NUT II).

	Espécie	Estrato	Volume (m ³ /ha)	% área ocupada	Média ponderada (m ³ /ha)
1995	Eucalipto	puro	43	89	47.1
		dominante	80	11	
	Pinheiro-bravo	puro	109	82	106.5
		dominante	95	18	
2018	Eucalipto	puro	52	89	53.2
		dominante	62	11	
	Pinheiro-bravo	puro	102	83	99.9
		dominante	91	17	

Foram realizados cálculos para encontrar as médias ponderadas por espécie, consoante a área de ocupação do estrato puro ou dominante, conforme se verifica na tabela 11.

3.4.3. Fluxo potencial de carbono (Sequestro) e Stock de carbono (Armazenamento)

A estimativa de biomassa seca para espécies florestais arbóreas é de grande interesse para os estudos de fluxos de nutrientes em ecossistemas e, com interesse mais recente, para estudos de quantificação de carbono relacionados a mudanças climáticas.

Para o seu cálculo, são necessários modelos específicos de estimativa de biomassa que quantifiquem o peso da biomassa seca (González Díaz et al., 2020).

Segundo Brown (2002), existem duas maneiras amplamente utilizadas para estimar a biomassa florestal a partir de dados de inventário:

- Fatores de expansão de biomassa (BEFs: fatores de expansão de biomassa).
- Equações de estimativa de biomassa.

No caso específico deste trabalho, a biomassa existente nos povoamentos florestais, tanto a total acima do solo, como a abaixo do solo, foi calculada utilizando os fatores de expansão da biomassa (*BEF*), o fator razão raiz/troco (*RTS*), os acréscimos médios anuais (*AMA*) para o fluxo de biomassa e os volumes médios para cada espécie florestal (*Vol*) para o stock de biomassa, utilizando as seguintes equações:

$$AGB_f = BEF_f * Vol_f$$

$$BGB_f = RTS_f * AGB_f$$

Onde:

AGB_f = Biomassa Total Acima do Solo para espécies (tdm=tonelada de matéria seca)

BGB_f = Biomassa Total Abaixo do Solo para espécies florestais (tdm=tonelada de matéria seca)

BEF_f = Fator de expansão de biomassa para espécies florestais (em *Toneladas de matéria seca por ha(tdm/ha)*)

RTS_f = Fator raiz-parte aérea para espécies florestais (*adimensional*)

Vol_f = Volume total (sob casca) para espécies florestais (m^3)

Os fatores de expansão da biomassa são coeficientes que permitem que o volume de madeira (geralmente expresso em m^3) de uma árvore ou de um povoamento florestal como um todo seja convertido em peso de matéria seca da árvore ou do povoamento (geralmente expresso em tC) (González Díaz et al., 2020).

Para os fatores de expansão da biomassa e para os fatores da raiz/parte aérea foram utilizados os mesmos valores utilizados no NIR para as principais espécies florestais, tal como descrito na figura 12 (Costa Pereira et al., 2021).

Land-use Type	AGB _f ktdm	BGB _f ktdm	Vol _f km ³	BEF _f tdm/m ³	RTS _f ad	C _f LB %	C _f litter %	Notes
Pinus pinaster	40 776	3 977	77 251	0,528	0,098	51%	37%	(1); (2); (3); (5); (6)
Quercus suber	27 049	3 605	21 833	1,239	0,133	48%	37%	(1); (2); (3); (4); (5); (6)
Eucalyptus spp.	24 391	6 066	38 701	0,630	0,249	48%	37%	(1); (2); (3); (5); (6)
Quercus rotundifolia	5 264	3 940	6 605	0,797	0,748	48%	37%	(1); (2); (3); (4); (5); (6)
Quercus spp.	3 415	1 117	3 795	0,900	0,327	48%	37%	(1); (2); (3); (4); (5); (6)
Other broadleaves	4 123	2 068	4 999	0,825	0,502	48%	37%	(1); (2); (3); (4); (5); (6)
Pinus pinea	3 536	191	3 032	1,166	0,054	51%	37%	(1); (2); (3); (5); (6)
Other coniferous	654	67	1229	0,532	0,102	51%	37%	(1); (2); (3); (5); (6)
Rainfed annual crops					1,000	47%	37%	(6); (10)
Irrigated annual crops (except rice)					1,000	47%	37%	(6); (10)
Rice padies					1,000	47%	37%	(6); (10)
Vineyards	7,117	6,113			0,859	47%	37%	(6); (9)
Olive groves	16,706	2,438			0,146	47%	37%	(6); (9)
Other permanent crops	18,003	3,150			0,175	47%	37%	(6); (9)
All grasslands					1,778	47%	37%	(6); (8)
Wetlands						47%	37%	
Settlements						47%	37%	
Shrubland					0,563	47%	37%	(6); (7)
Other					0,563	47%	37%	(6); (7)

(1) Equations for volume and biomass used by IFN5 are presented in Anexo Técnico, pg 180.
(2) Total volumes from IFN5 Table 302, pg 42. Values presented = sum of pure, dominant and young stands.
(3) Total biomass from IFN5 Table 308, pg 46. Values presented = sum of pure, dominant and young stands.
(4) Estimates of AGB presented do not include leaves.
(5) Estimates of volume and biomass include small trees (DBH <7,5cm).
(6) % C default values (51% coniferous; 48% broadleaves; 47% all; 37% litter) from 2006 IPCC Guidelines
(7) Values from EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009, Chapter 11b forest fires, table 3.2 "Scrubland", page 10
(8) Values from EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009, Chapter 11b forest fires, table 3.2 "Grassland (Steppe)", page 10
(9) Living biomass per ha from NIR Spain 2012, Tabla 7.3.3, page 7.59. Unit values of ABG and BGB on per ha basis
(10) No values were found in literature for RTS; assumed = 1

Figura 12: Cálculo do BEF, RTS e Fração de Carbono por Uso do Solo.

Fonte: Costa Pereira et al., 2021

Para posteriormente, se estimar o fluxo de carbono e o stock de carbono, multiplicou-se a biomassa com a fração de carbono (CF) em carbono total por unidade de área. Os fluxos e stocks de carbono são calculados separadamente para a biomassa total acima do solo (AGB) e abaixo do solo (BGB) utilizando as seguintes equações:

$$AGB_f = BEF_f * Vol_f * CF$$

$$BGB_f = RTS_f * AGB_f * CF$$

Onde:

CF = Fração de Carbono para espécies florestais

Para a fração de carbono da biomassa foram utilizados os valores de referência do NIR (51% para as resinosas, 48% para as folhosas e 47% para os restantes usos), tal como se encontra na figura 12 (Costa Pereira et al., 2021).

CAPÍTULO IV

Resultados

4. Mudanças de composição e configuração na paisagem

4.1. Uso e ocupação de solo em 1995

Para mapear o uso/ocupação do solo, utilizou-se como base a Carta de Uso e Ocupação do solo (COS) relativa ao ano de 1995. Posteriormente, foram sobrepostas a rede viária de 1º ordem e a rede ferroviária, e as principais linhas de água foram redimensionadas, de forma a ficarem bem definidas na carta, sendo o resultado final do uso/ocupação do solo, apresentado na figura 13.

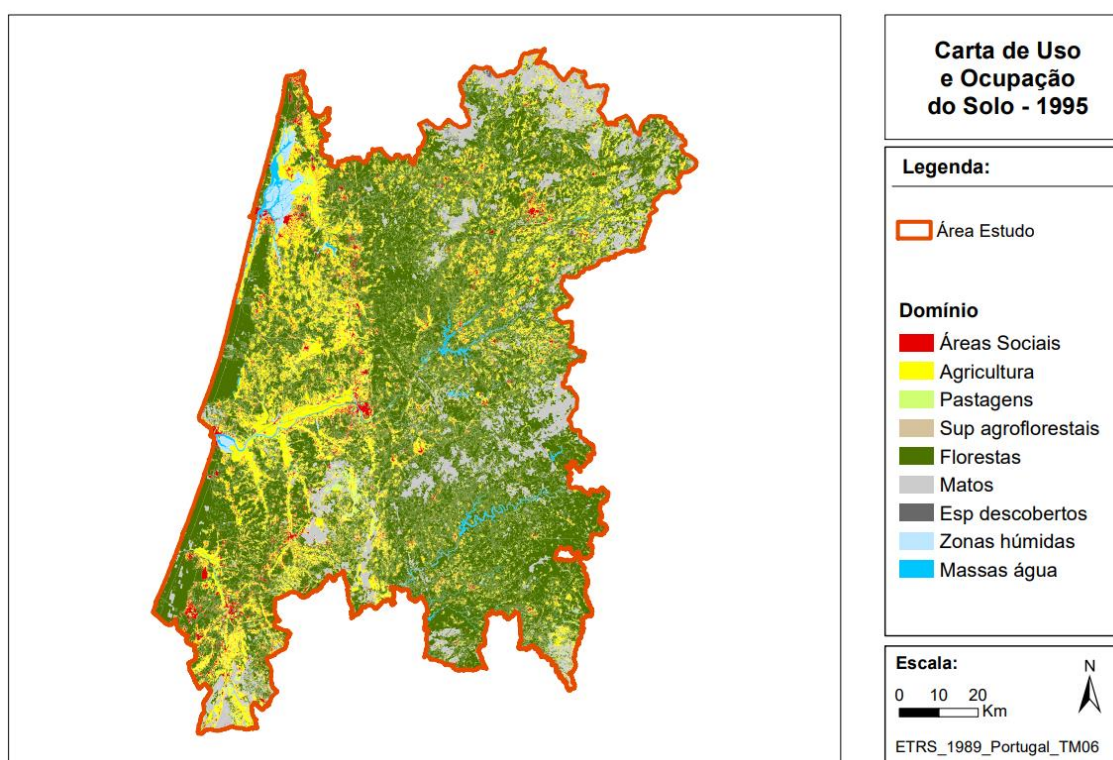


Figura 13: Carta de Uso e Ocupação do Solo em 1995.

A análise conjunta da figura 13 e tabela 12 permite concluir que a área de estudo em 1995 era constituída na maioria por áreas florestais e agricultura, sendo que as áreas florestais ocupavam cerca de 781 mil ha, retratando 59% da área total e a área agrícola 306 mil ha, correspondendo a 23% da área total do PROF Centro Litoral.

Tabela 12: Área e percentagem ocupada por cada uso e ocupação do solo em 1995.

Uso e Ocupação do Solo 1995	Área (ha)	Área ocupada (%)
Áreas sociais	70 832	5,4
Agricultura	306 187	23,2
Pastagens	11 986	0,9
Superfícies agroflorestais	195	0,0
Florestas	781 589	59,1
Matos	121 579	9,2
Espaços Descobertos	6 481	0,5
Zonas húmidas	9 960	0,8
Massas de água	13 195	1,0
TOTAL	1 322 004	100

É também importante salientar os mais de 121 mil ha de matos existentes que correspondem a 9% da área total em estudo. As áreas sociais por sua vez, encontram-se presentes em 71 mil ha, o que equivale a 5% da área do PROF Centro Litoral.

4.2. Uso e ocupação de solo em 2018

Para mapear o uso/ocupação do solo, utilizou-se como base a COS relativa ao ano de 2018. Posteriormente, foram sobrepostas a rede viária de 1ª ordem e a rede ferroviária, e as principais linhas de água foram redimensionadas, de forma a ficarem bem definidas na carta, sendo o resultado final do uso/ocupação do solo, apresentado na figura 14.

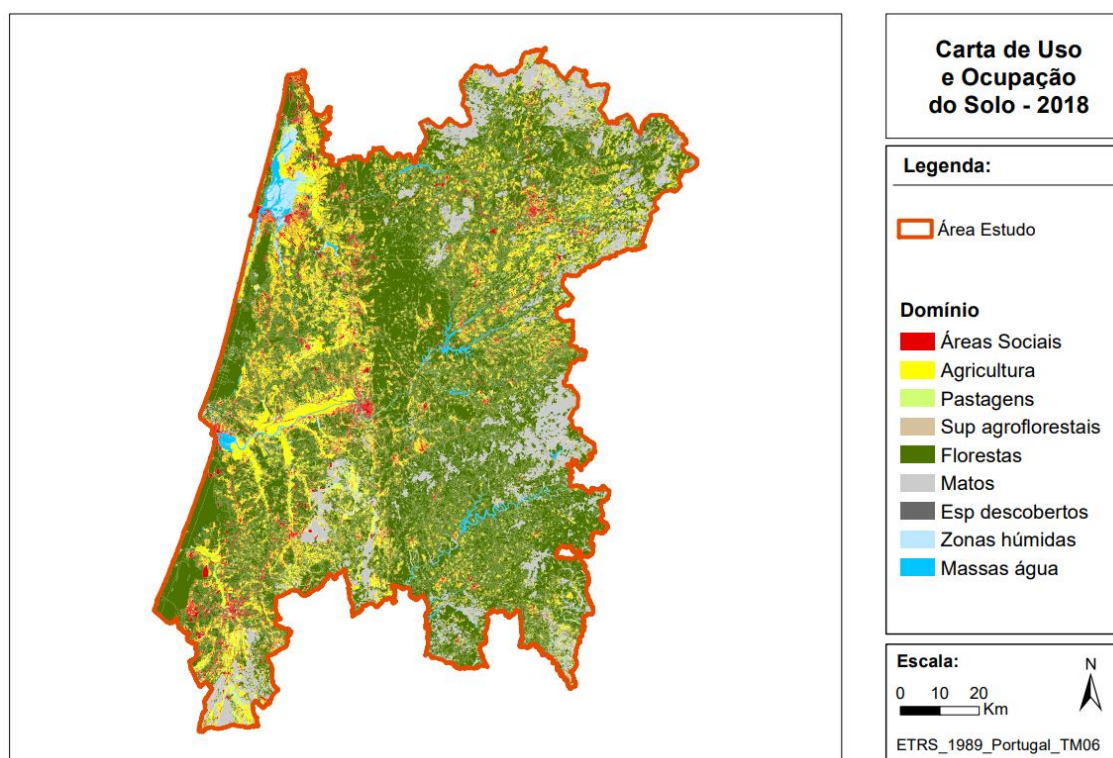


Figura 14: Carta de Uso e Ocupação do Solo em 2018.

A análise conjunta da figura 14 e tabela 13 permite concluir que a área de estudo em 2018 era constituída na maioria por áreas florestais e agricultura, sendo que as áreas florestais ocupavam cerca de 803 mil ha, caracterizando 61% da área total e a área agrícola 254 mil ha, correspondendo a 19% da área total do PROF Centro Litoral.

Tabela 13: Área e percentagem ocupada por cada uso e ocupação do solo em 2018.

Uso e Ocupação do Solo 2018	Área (ha)	Área ocupada (%)
Áreas sociais	95 756	7,2
Agricultura	254 290	19,2
Pastagens	10 672	0,8
Superfícies agroflorestais	269	0,0
Florestas	802 769	60,7
Matos	128 091	9,7
Espaços Descobertos	6 024	0,5
Zonas húmidas	8 540	0,6
Massas de água	15 594	1,2
TOTAL	1 322 004	100

Quanto aos matos, existem 128 mil ha que representam 10% da área total em estudo e 96 mil ha de áreas sociais que retratam 7% da área do PROF Centro Litoral.

4.3. Matriz de transição de usos e ocupações do solo de 1995 para 2018

Analisando a figura 15 e a tabela 14, onde se encontra a matriz de transição de usos e ocupações do solo de 1995 para 2018, verifica-se que foram as áreas sociais e as áreas florestais que apresentaram um maior resultado líquido positivo, correspondendo a uma diferença positiva de cerca de 25 mil ha e 21 mil ha, sendo a variação anual de 1084 ha e 921 ha, respetivamente. Os matos também ganharam área, apresentando um resultado líquido positivo de cerca de 6 mil ha, o que equivale a um ganho anual de 283 ha.

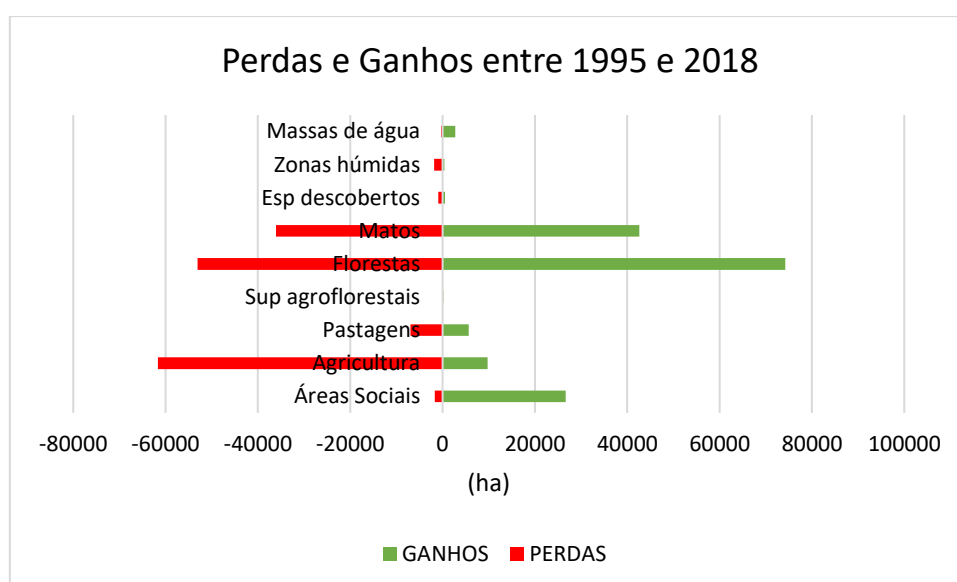


Figura 15: Perdas e ganhos nas classes de uso do solo entre 1995 e 2018.

As áreas agrícolas, por sua vez, foram as que geraram um resultado líquido negativo maior, perdendo cerca de 52 mil ha entre 1995 e 2018, o que corresponde a uma perda anual de 2 257 ha, no entanto, são a ocupação que apresenta maior estabilidade.

Tabela 14: Matriz de transição de usos e ocupações do solo de 1995 para 2018 (Área em ha).

2018 1995	Áreas Sociais	Agricultura	Pastagens	Sup agroflorestais	Florestas	Matos	Esp descobertos	Zonas húmidas	Massas de água	Total Geral	PERDAS
Áreas Sociais	69112	738	44	0	633	245	9	0	48	70829	1717
Agricultura	11579	244516	4197	79	38579	6632	6	320	279	306187	61671
Pastagens	584	1396	5046	5	1901	2897	56	40	61	11986	6940
Sup agroflorestais	2	31	3	104	55	0	0	0	0	195	91
Florestas	12566	6472	566	64	728512	32595	130	20	660	781584	53072
Matos	1746	1077	688	17	32238	85475	293	0	44	121588	36114
Esp descobertos	107	22	18	0	578	228	5523	4	2	6483	959
Zonas húmidas	12	27	106	0	34	11	0	8151	1620	9960	1810
Massas de água	47	8	4	0	238	5	7	5	12881	13195	315
Total Geral	95755	254286	10673	269	802768	128087	6024	8540	15595	1321996	
GANHOS	26643	9770	5626	164	74256	42612	501	390	2714		
Resultado Líquido	24926	-51901	-1314	73	21184	6498	-458	-1420	2400		

Variação anual (ha)	1084	-2257	-57	3	921	283	-20	-62	104
Índice de estabilidade dos usos	0.72	0.96	0.47	0.39	0.91	0.67	0.92	0.95	0.83

Na figura 16, é ainda melhor perceptível a evolução do uso do solo entre 1995 e 2018.

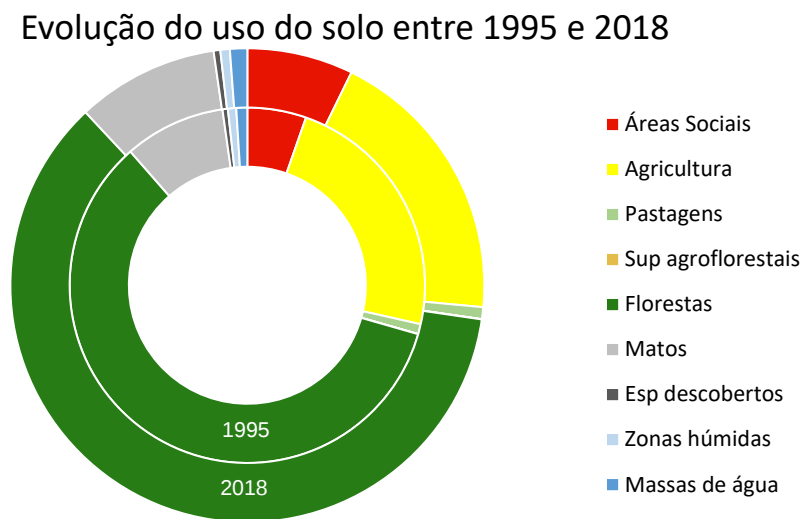


Figura 16: Evolução do uso do solo entre 1995 e 2018.

Na figura 17, encontra-se a cartografia referente às mudanças na ocupação da agricultura de 1995 para 2018. A castanho é possível verificar a persistência, que indica o elevado índice de estabilidade de usos e a vermelho as elevadas perdas deste uso do solo tal como já evidenciado em cima.

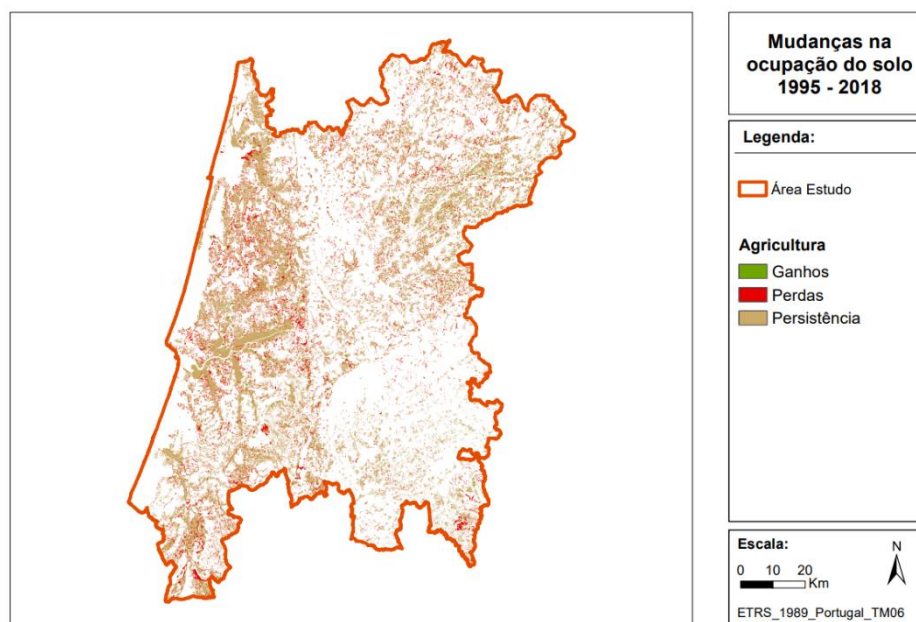


Figura 17: Mudanças na agricultura entre 1995 e 2018.

Nas florestas verificam-se tanto perdas como ganhos, sendo que as perdas estão concentradas em grandes áreas contínuas, sobretudo na SRH Cova da Beira, localizada a este na área de estudo (Figura 18).

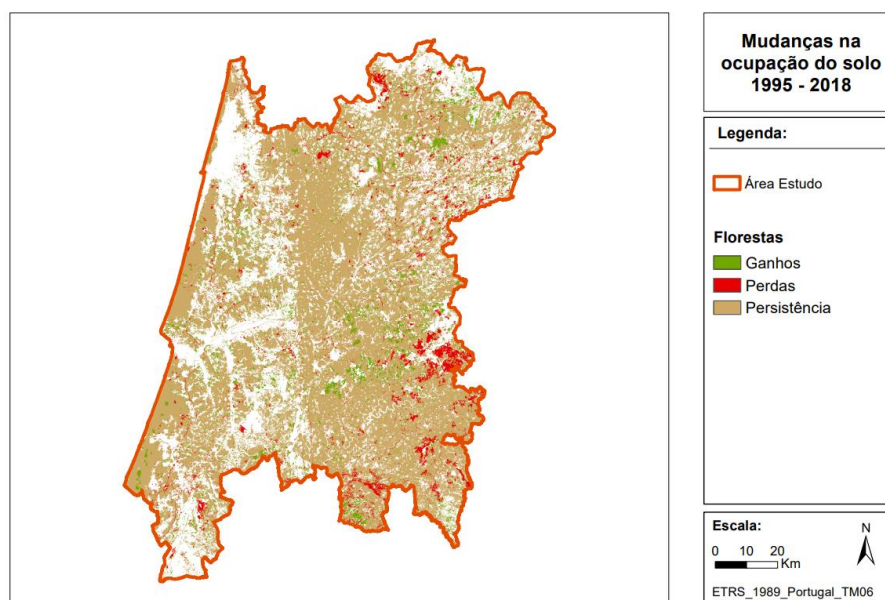


Figura 18: Mudanças nas florestas entre 1995 e 2018.

Quanto aos matos, na figura 19, verificam-se ganhos em grandes manchas contínuas, manchas essas que correspondem aos mesmos locais onde as florestas perderam área, tal como vimos no mapa anterior.

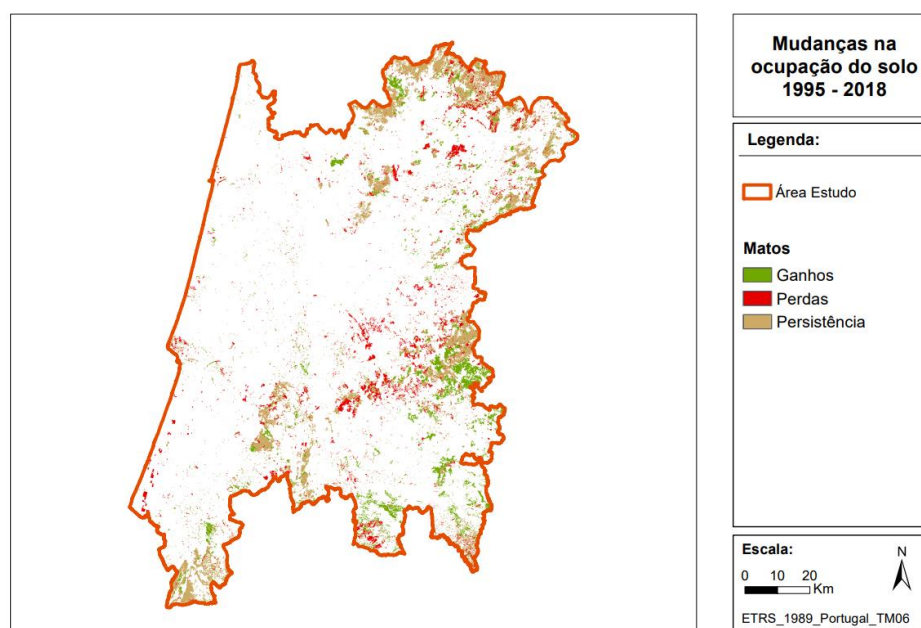


Figura 19: Mudanças nos matos entre 1995 e 2018.

A cartografia referente às restantes ocupações do solo encontra-se em Anexo.

Tabela 15: Área ocupada por cada SRH, área florestal em 1995 e 2018, área de Pb e área de Ec em 1995 e 2018 por SRH.

SRH	Área	Floresta 1995	Floresta 2018	Diferença 1995-2018	Pb 1995	Pb 2018	Diferença 1995-2018	Ec 1995	Ec 2018	Diferença 1995-2018
Gândaras Sul	163 290 (12.4%)	97452 (59.7%)	100967 (61.8%)	3514 (2.2%)	81716 (50.0%)	52191 (32.0%)	-29525 (-18.1%)	11696 (7.2%)	42472 (26.0%)	30776 (18.8%)
Vale do Alva	15 865 (1.20%)	10241 (64.6%)	11157 (70.3%)	916 (5.8%)	7447 (46.9%)	6777 (42.7%)	-670 (-4.2%)	988 (6.2%)	1699 (10.7%)	711 (4.5%)
Floresta do Meio	90 834 (6.9%)	64695 (71.2%)	62726 (69.1%)	-1969 (-2.2%)	53393 (58.8%)	42964 (47.3%)	-10429 (-11.5%)	10528 (11.6%)	18730 (20.6%)	8202 (9.0%)
Alto Mondego	12 425 (0.9%)	7600 (61.2%)	7243 (58.3%)	-357 (-2.9%)	5663 (45.6%)	4498 (36.2%)	-1165 (-9.4%)	559 (4.5%)	765 (6.2%)	206 (1.7%)
Calcários de Cantanhede	33 774 (2.6%)	16068 (47.6%)	17899 (53.0%)	1831 (5.4%)	13098 (38.8%)	8686 (25.7%)	-4412 (-13.1%)	2368 (7.0%)	8000 (23.7%)	5632 (16.7%)
Cova da Beira	5 339 (0.4%)	4649 (87.1%)	2381 (44.6%)	-2268 (-42.5%)	4371 (81.9%)	1570 (29.4%)	-2802 (-52.5%)	250 (4.7%)	631 (11.8%)	381 (7.1%)
Caramulo	9 460 (0.7%)	3702 (39.1%)	4260 (45.0%)	559 (5.9%)	1795 (19.0%)	1822 (19.3%)	27 (0.3%)	313 (3.3%)	725 (7.7%)	412 (4.4%)
Entre Vouga e Mondego	174 485 (13.2%)	127013 (72.8%)	129396 (74.2%)	2383 (1.4%)	36774 (21.1%)	18237 (10.5%)	-18537 (-10.6%)	81831 (46.9%)	99744 (57.2%)	17913 (10.3%)
Dunas Litorais e Baixo Mondego	57 160 (4.3%)	22450 (39.3%)	24524 (42.9%)	2074 (3.6%)	15865 (27.8%)	13611 (23.8%)	-2254 (-3.9%)	3773 (6.6%)	6211 (10.9%)	2438 (4.3%)
Terras Altas e Paiva	34 937 (2.6%)	14585 (41.7%)	14237 (40.7%)	-348 (-1.0%)	9204 (26.3%)	7504 (21.5%)	-1700 (-4.9%)	2092 (6.0%)	2762 (7.9%)	670 (1.9%)
Floresta da Beira Serra	113 646 (8.6%)	83927 (73.8%)	87894 (77.3%)	3967 (3.5%)	41859 (36.8%)	30270 (26.6%)	-11589 (-10.2%)	34957 (30.8%)	48735 (42.9%)	13778 (12.1%)
Gândaras Norte	86 561 (6.6%)	46810 (54.1%)	50450 (58.3%)	3640 (4.2%)	39158 (45.2%)	25326 (29.3%)	-13833 (-16.0%)	5508 (6.4%)	20689 (23.9%)	15180 (17.5%)

SRH	Área	Floresta 1995	Floresta 2018	Diferença 1995-2018	Pb 1995	Pb 2018	Diferença 1995-2018	Ec 1995	Ec 2018	Diferença 1995-2018
Pampilhosa e Alvéolos	79 645 (6.0%)	66841 (83.9%)	60259 (75.7%)	-6582 (-8.3%)	58075 (72.9%)	44769 (56.2%)	-13306 (-16.7%)	7671 (9.6%)	13993 (17.6%)	6322 (7.9%)
Lousã e Açor	53 908 (4.1%)	32969 (61.2%)	36803 (68.3%)	3834 (7.1%)	20178 (37.4%)	22203 (41.2%)	2025 (3.8%)	6411 (11.9%)	7159 (13.3%)	748 (1.4%)
Porto de Mós e Mendiga	27 668 (2.1%)	7203 (26.0%)	7588 (27.4%)	385 (1.4%)	4565 (16.5%)	2833 (10.2%)	-1732 (-6.3%)	1561 (5.6%)	2910 (10.5%)	1350 (4.9%)
Terras do Dão	47 753 (3.6%)	27708 (58.0%)	27355 (57.3%)	-352 (-0.7%)	18757 (39.3%)	12488 (26.2%)	-6269 (-13.1%)	4946 (10.4%)	9325 (19.5%)	4379 (9.2%)
Ria e Foz do Vouga	42 557 (3.2%)	11053 (26.0%)	11558 (27.2%)	505 (1.2%)	6035 (14.2%)	3443 (8.1%)	-2591 (-6.1%)	3343 (7.9%)	4979 (11.7%)	1636 (3.8%)
Floresta da Beira Alta	175 471 (13,3%)	101421 (57.8%)	106097 (60.5%)	4676 (2.7%)	81017 (46.2%)	75284 (42.9%)	-5734 (-3.3%)	5824 (3.3%)	10350 (5.9%)	4526 (2.6%)
Sicó e Alvaiázere	76 012 (5.8%)	30934 (40.7%)	34284 (45.1%)	3350 (4.4%)	17353 (22.8%)	15140 (19.9%)	-2213 (-2.9%)	5986 (7.9%)	9295 (12.2%)	3309 (4.4%)
Riba Paiva	21 218 (1.6%)	4269 (20.1%)	5693 (26.8%)	1424 (6.7%)	3071 (14.5%)	3589 (16.9%)	518 (2.4%)	14 (0.1%)	634 (3.0%)	620 (2.9%)
TOTAL	1 322 004	781 589	802 769	21 180	519 397	393 206	- 126 191	190 622	309 808	119 186

Podemos também observar na tabela 15, que apenas 6 das 20 SRH perderam área florestal, nomeadamente, SRH Floresta do Meio, Alto Mondego, Cova da Beira, Terras Altas e Paiva, Pampilhosa e Alvéolos e Terras do Dão. Destaque para a SRH Cova da Beira que perdeu 42,5% da área florestal de 1995 para 2018. A SRH Pampilhosa e Alvéolos perdeu cerca de 8% de área florestal, tendo as outras 4 SRH perdido apenas menos de 2%. Analisando a presença do pinheiro-bravo nas SRH, verifica-se que em apenas 3 das 20 SRH a área desta espécie não diminui de 1995 para 2018, no entanto, os aumentos não foram significativos, sendo estas a SRH do Caramulo, Lousã e Açor e Riba Paiva. É fundamental

salientar pela negativa, a SRH Cova da Beira, que perdeu mais de metade da área de pinheiro-bravo que possuía, passando de 4371 ha em 1995 para 1570 ha em 2018.

A espécie de eucalipto aumentou a sua área de 1995 para 2018 em todas as SRH, sem exceção. O maior aumento regista-se nas SRH Gândaras Sul, Gândaras Norte e Calcários de Cantanhede com crescimentos entre os 16.7% e 18.8%.

4.4. Coberto florestal em 1995

A área de abrangência do PROF Centro Litoral em 1995 era constituída por área florestal e matos em 903 167 ha, onde o pinheiro-bravo era a espécie dominante ocupando cerca de 58% da área florestal com mais de 519 mil ha, estando presente principalmente ao longo de todo o litoral e na zona sudeste da área de estudo (Figura 20).

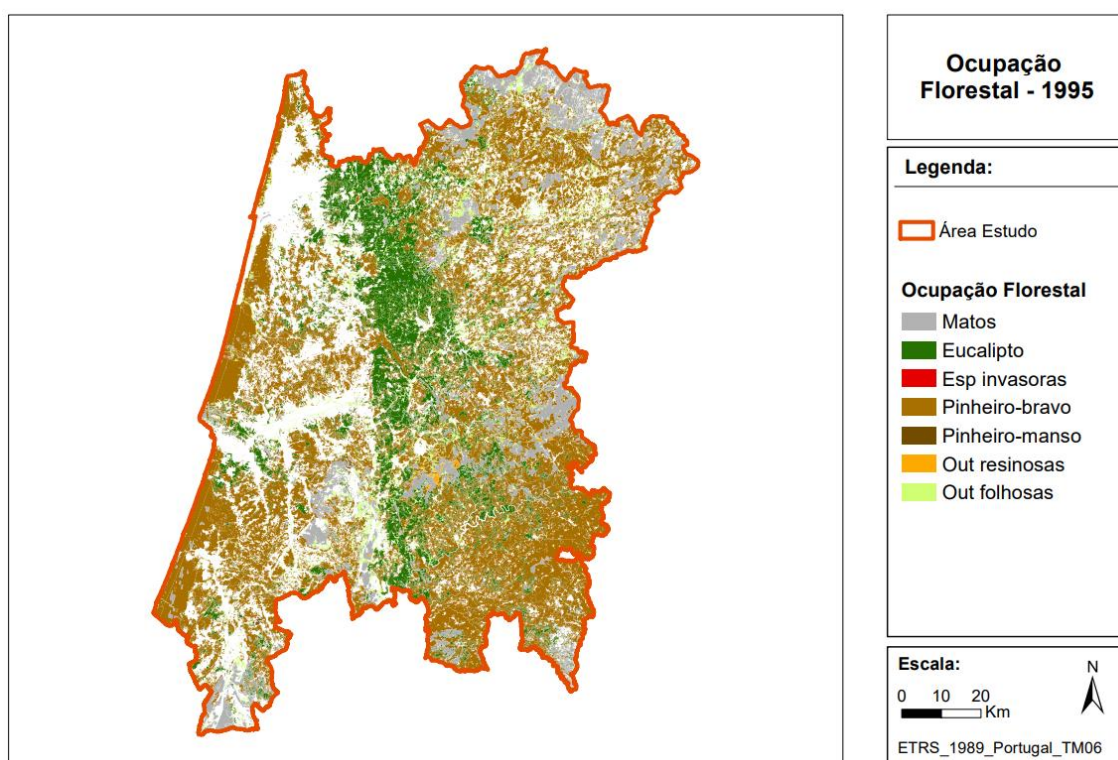


Figura 20: Carta de Ocupação Florestal em 1995.

Em segundo lugar, surgia o eucalipto estando presente em 21% da área florestal, distribuído ao longo de 191 mil ha, sobretudo na parte central da área de estudo, onde está inserida a SRH Entre Vouga e Mondego.

Tabela 16: Área e percentagem ocupada por cada espécie florestal em 1995.

Ocupação Florestal 1995	Área (ha)	Área ocupada (%)
Matos	121 579	13,5
Eucalipto	190 622	21,1
Espécies invasoras	51	0,0
Outras folhosas	67 050	7,4
Pinheiro-bravo	519 397	57,5
Pinheiro-manso	2 663	0,3
Outras resinosas	1 805	0,2
TOTAL	903 167	100

Os matos ocupavam também uma área muito significativa, com destaque para a zona nordeste da área de estudo, abrangendo cerca de 14% da área, correspondente a 122 mil ha (Tabela 16).

Tabela 17: Área e percentagem ocupada por cada espécie de folhosas em 1995.

Folhosas	Área (ha)	Área ocupada (%)
Sobreiro	258	0,4
Azinheira	109	0,2
Outros carvalhos	17 647	26,3
Castanheiro	17	0,0
Outras folhosas	49 019	73,1
TOTAL	67 050	100

Em menor percentagem, surgiam as folhosas, preenchendo 7% da área florestal, com 67 mil ha, onde se podiam encontrar sobreiros, azinheiras, carvalhos, castanheiros e outras folhosas (Tabela 17).

4.5. Coberto florestal em 2018

Como já verificámos anteriormente, a área de abrangência do PROF Centro Litoral em 2018 possui uma área florestal maior do que em 1995 (Figura 21).

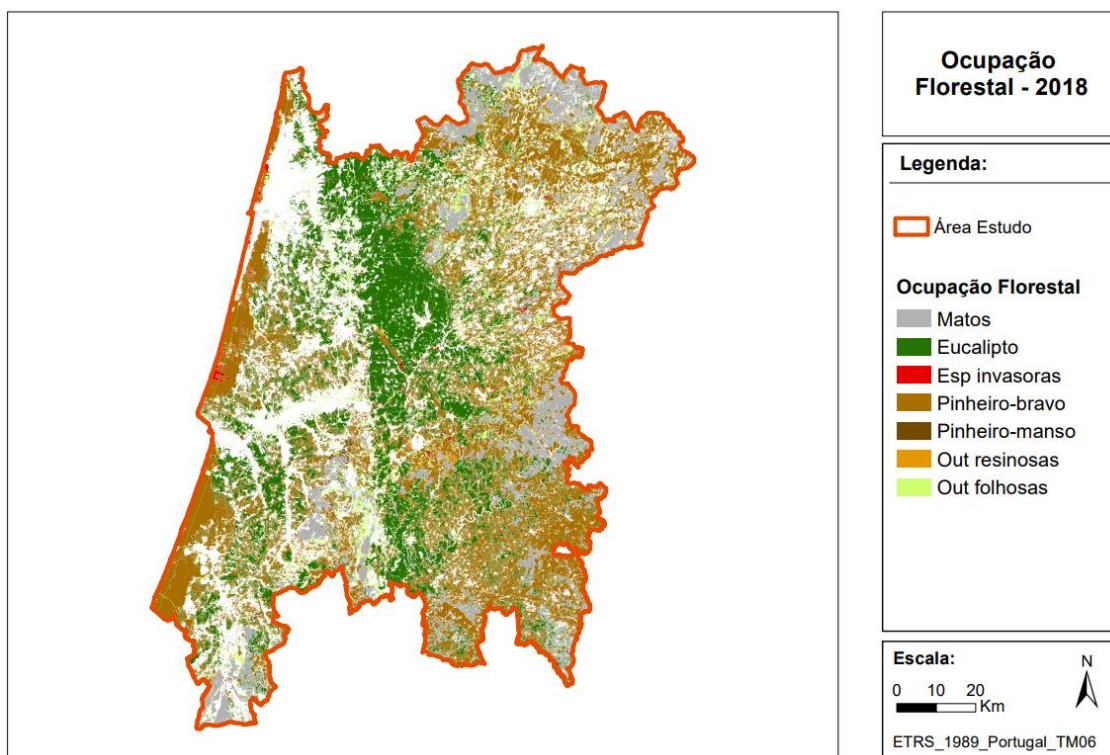


Figura 21: Carta de Ocupação Florestal em 2018.

Conforme observado na tabela 18, destaca-se a presença do pinheiro-bravo em 393 mil ha, o que corresponde a uma ocupação de cerca de 42% ao nível das espécies florestais e a existência de eucalipto em 309 mil ha, o que equivale a 33% da área florestal.

Tabela 18: Área e percentagem ocupada por cada espécie florestal em 2018.

Ocupação Florestal 2018	Área (ha)	Área ocupada (%)
Matos	128 091	13,8
Eucalipto	309 808	33,3
Espécies invasoras	9 353	1,0
Outras folhosas	82 469	8,9
Pinheiro-bravo	393 206	42,2
Pinheiro-manso	4 385	0,5
Outras resinosas	3 546	0,4
TOTAL	930 861	100

Os matos ocupam também uma área muito significativa, abrangendo cerca de 14% da área, correspondente a 128 mil ha.

Tabela 19: Área e percentagem ocupada por cada espécie de folhosas em 2018.

Folhosas	Área (ha)	Área ocupada (%)
Sobreiro	208	0,3
Azinheira	63	0,1
Outros carvalhos	22 609	27,4
Castanheiro	1 951	2,4
Outras folhosas	57 638	69,9
TOTAL	82 469	100

Em menor percentagem, surgem as folhosas, preenchendo perto de 9% da área florestal, com 82 mil ha, onde se podem encontrar sobreiros, azinheiras, carvalhos, castanheiros e outras folhosas (Tabela 19).

4.6. Matriz de transição de usos, ocupações do solo e espécies florestais de 1995 para 2018

Analisando a figura 22, onde se encontram as perdas e os ganhos das espécies florestais e a tabela 20, onde se encontra a matriz de transição de usos das espécies florestais de 1995 para 2018, verifica-se que o pinheiro-bravo apresenta um resultado líquido negativo de cerca de 124 mil ha, sendo a perda anual de cerca 5 386 ha. De salientar que o pinheiro-bravo foi a única espécie a obter uma redução neste período em estudo. A transição mais evidente ocorrida neste período e que explica grande parte da perda de pinheiro-bravo foi a sua transição para eucalipto, tendo sido convertidos 106 mil ha, enquanto que, no mesmo período, apenas 5 mil ha foram convertidos de eucalipto para pinheiro-bravo. Outra transição clara e preocupante foi a conversão de mais de 30 mil ha de pinheiro-bravo em matos, salientando-se as regiões marcadas pelos incêndios florestais.

O eucalipto foi a espécie florestal que apresentou um resultado líquido positivo maior, de 110 mil ha, correspondendo a um ganho anual de 4797 ha. As espécies invasoras também tiveram um aumento muito considerável, evidenciando um resultado líquido positivo praticamente de 9 mil ha, proporcional a um ganho de 385 ha por ano.

Quanto à estabilidade dos usos, de 1995 para 2018, apesar das significativas perdas de pinheiro-bravo, esta foi a espécie que apresenta um índice de estabilidade de usos maior, com 93% da área manter-se com esta espécie.

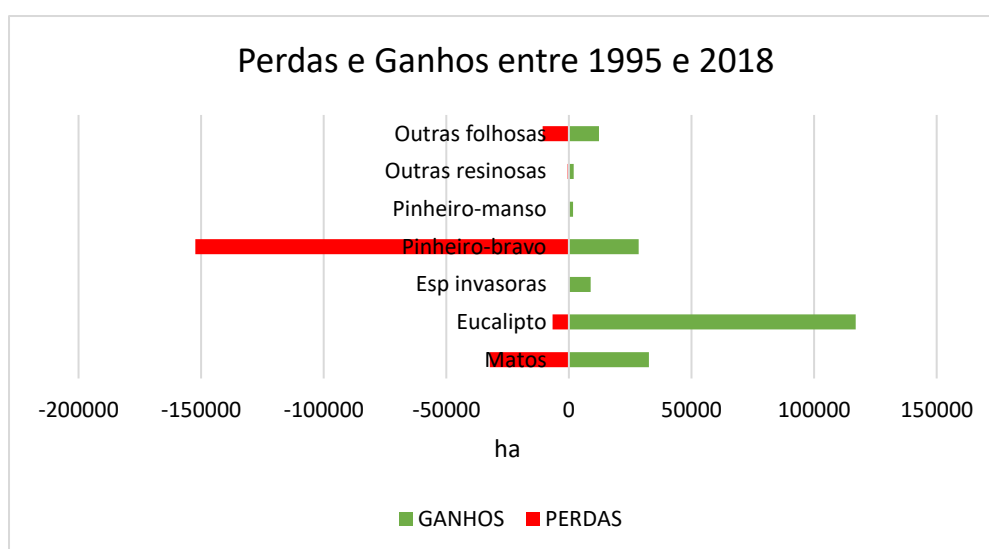


Figura 22: Perdas e ganhos nas espécies florestais entre 1995 e 2018.

Tabela 20: Matriz de transição da ocupação florestal de 1995 para 2018 (Área em ha).

	Matos	Eucalipto	Esp invasoras	Pinheiro-bravo	Pinheiro-manso	Outras resinosas	Outras folhosas	Total Geral	PERDAS
Matos	85480	7660	223	21150	167	435	2605	117720	32240
Eucalipto	796	180541	198	4874	57	41	690	187198	6657
Esp invasoras	0	2	48	1	0	0	0	51	3
Pinheiro-bravo	31188	106148	3372	352681	1398	1389	8889	505064	152383
Pinheiro-manso	11	67	0	165	2321	3	43	2611	289
Outras resinosas	6	33	0	483	1	1249	9	1781	532
Outras folhosas	598	3075	5069	1816	102	35	53707	64403	10696
Total Geral	118078	297526	8910	381172	4046	3152	65943	878827	
GANHOS	32598	116985	8862	28491	1724	1903	12236		
Resultado Líquido	358	110328	8859	-123892	1435	1371	1540		

Variação anual (ha)	16	4797	385	-5387	62	60	67
Índice de estabilidade dos usos	0.72	0.61	0.01	0.93	0.57	0.40	0.81

A figura 23, ilustra melhor a evolução das espécies florestais entre 1995 e 2018.

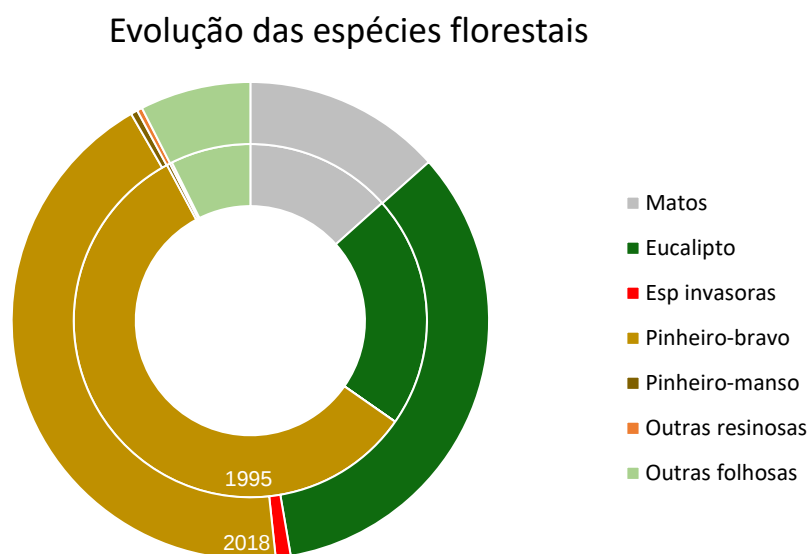


Figura 23: Evolução das espécies florestais de 1995 para 2018.

Na figura 24, é possível verificar as grandes manchas contínuas de pinheiro-bravo que foram perdidas entre 1995 e 2018.

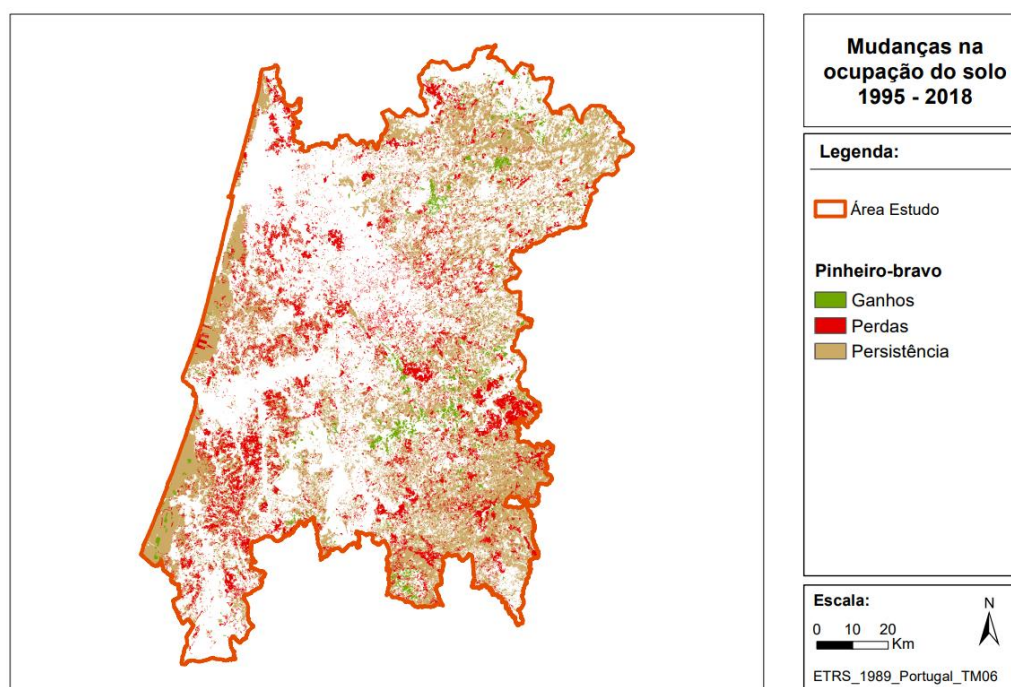


Figura 24: Mudanças na espécie de pinheiro-bravo entre 1995 e 2018.

Ao contrário do pinheiro-bravo, o eucalipto ganhou bastante área e as perdas foram praticamente nulas. É notória a substituição de pinheiro-bravo para eucalipto entre a área central da zona de estudo e a zona oeste (Figura 25).

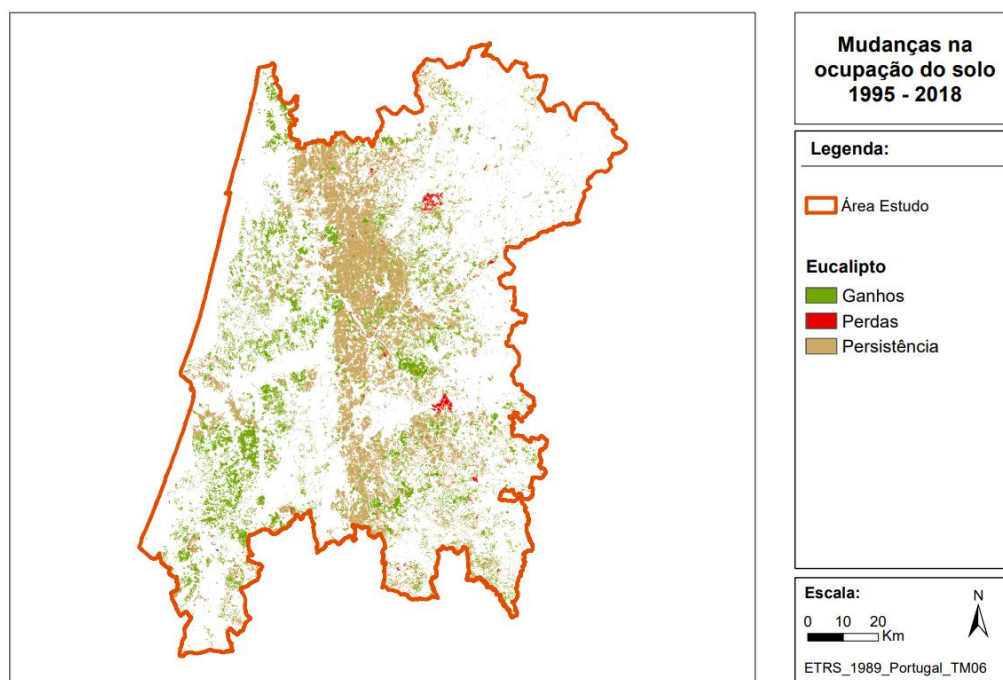


Figura 25: Mudanças na espécie de eucalipto entre 1995 e 2018.

4.7. Métricas para caracterização do padrão da paisagem

A seguir são apresentados os resultados das quatro métricas propostas para serem estudadas, nomeadamente o número de manchas (NP), a densidade de manchas (PD), o índice da mancha de maiores dimensões (LPI) e índice de interdispersão (IJI), tanto para as grandes classes de uso do solo como para as espécies florestais.

4.7.1. Número de manchas (NP)

Apesar da agricultura não atingir os 25% da área ocupada, é a classe que possui maior número de manchas tanto em 1995 como em 2018 (Figura 26).

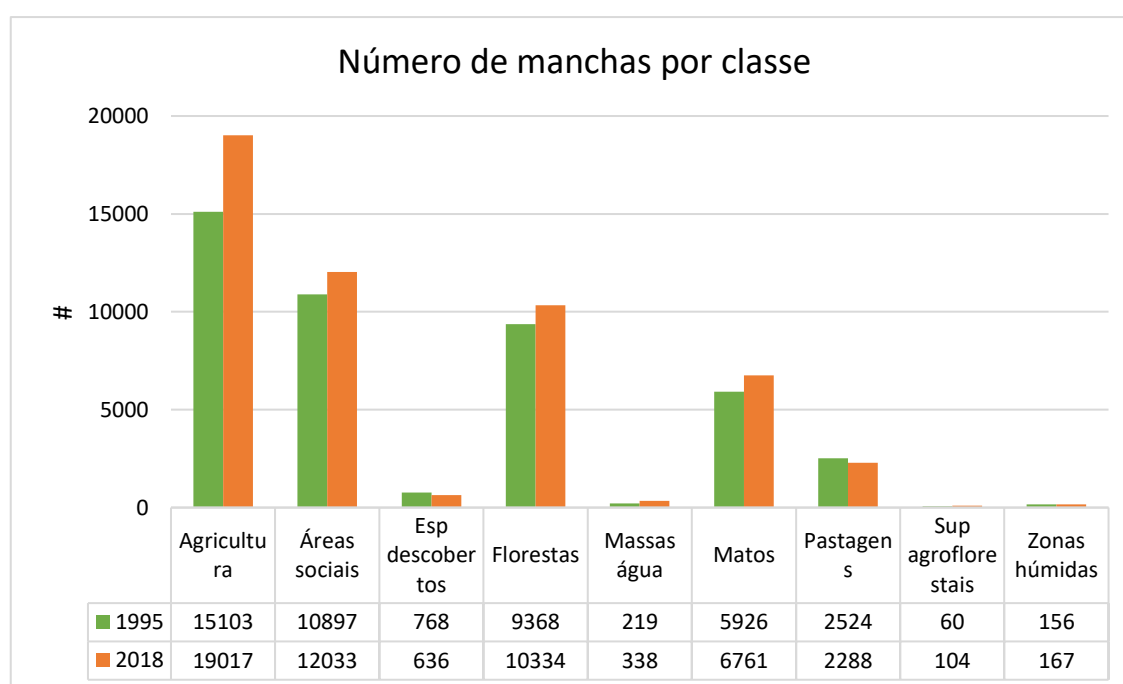


Figura 26: Resultado da métrica NP – Número de manchas por cada classe em 1995 e 2018.

Como verificado anteriormente, a agricultura diminuiu cerca de 4% entre 1995 e 2018, no entanto, o número de manchas aumentou, significa isto, que existiu uma grande fragmentação nesta classe de uso do solo.

No caso das áreas florestais, é o pinheiro-bravo que possui maior número de manchas, tanto em 1995 como em 2018. Contudo, é muito importante frisar, que em 2018 mesmo tendo menor área de ocupação do que em 1995, existem mais 5 mil manchas de pinheiro-bravo do que em 1995 (Figura 27).

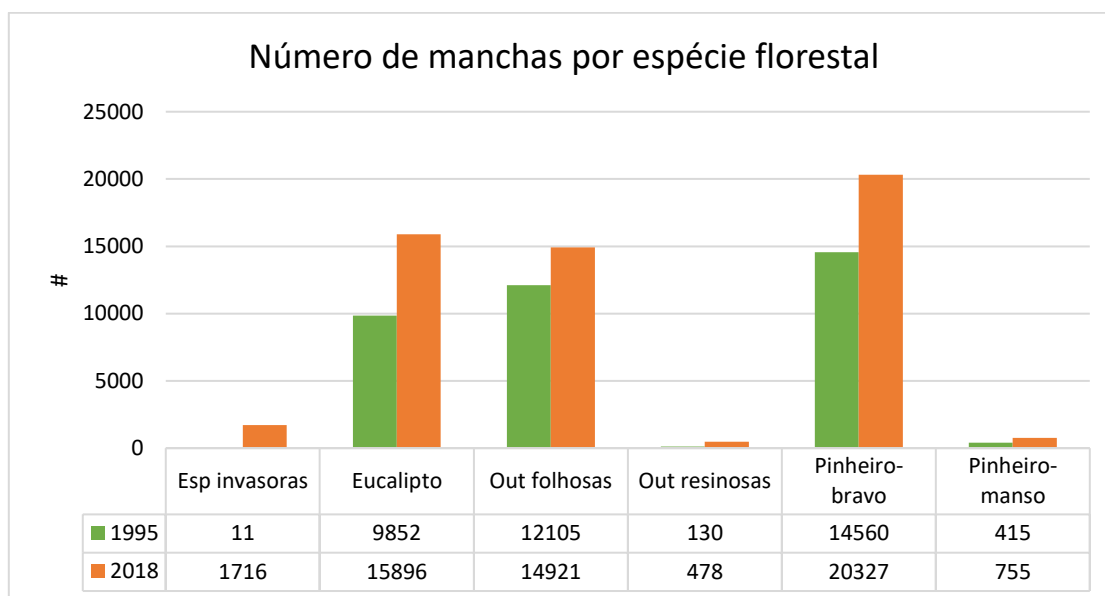


Figura 27: Resultado da métrica NP – Número de manchas por espécie florestal em 1995 e 2018.

O eucalipto e as folhosas são as espécies que depois do pinheiro-bravo surgem com maior número de manchas, no entanto, as suas áreas também aumentaram de 1995 para 2018.

4.7.2. Densidade de manchas (PD)

Analisando o resultado da métrica PD, que corresponde à densidade de manchas de cada classe por ha, podemos aferir que a agricultura é a classe que apresenta maior densidade de manchas, isto é, o maior número de manchas por unidade de área, tanto em 1995 como em 2018. Isto significa que esta tendência da fragmentação da agricultura continuou e ainda se intensificou em 2018 (Figura 28).

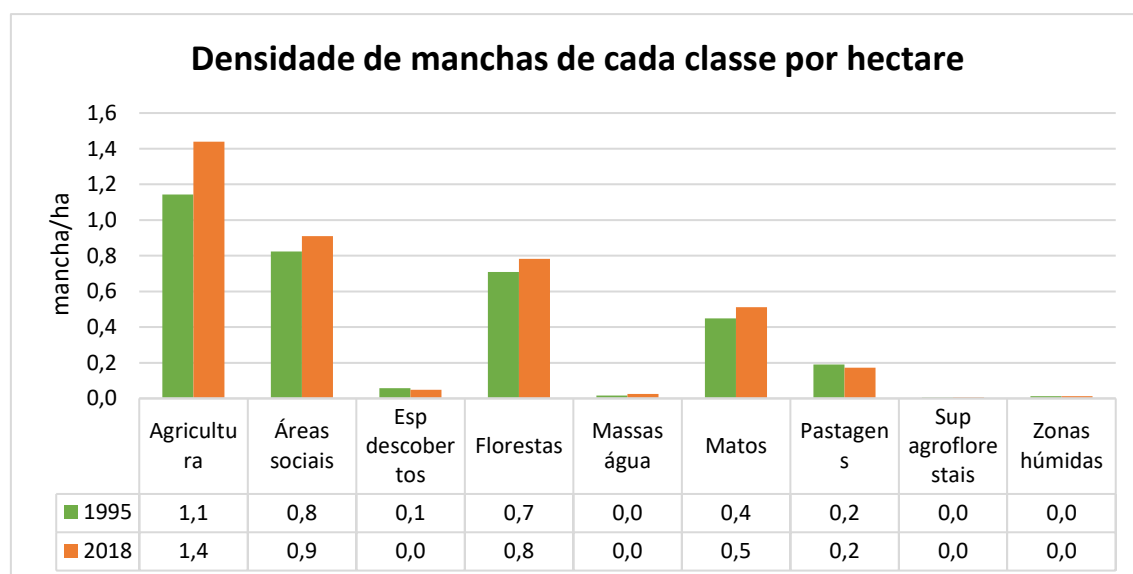


Figura 28: Resultado da métrica PD – Densidade de manchas por cada classe em 1995 e 2018.

As áreas sociais, as florestas e os matos também aumentaram a sua densidade de manchas, no entanto, isto deve-se ao aparecimento destes usos do solo em locais onde em 1995 não existiam.

Observando a figura 29, que corresponde também ao resultado da métrica PD, mas desta vez, para as proporções relativas aos usos florestais, podemos aferir que a densidade de manchas ampliou de 1995 para 2018 em todas as espécies, ou seja, passaram a existir mais manchas de cada espécie por unidade de área.

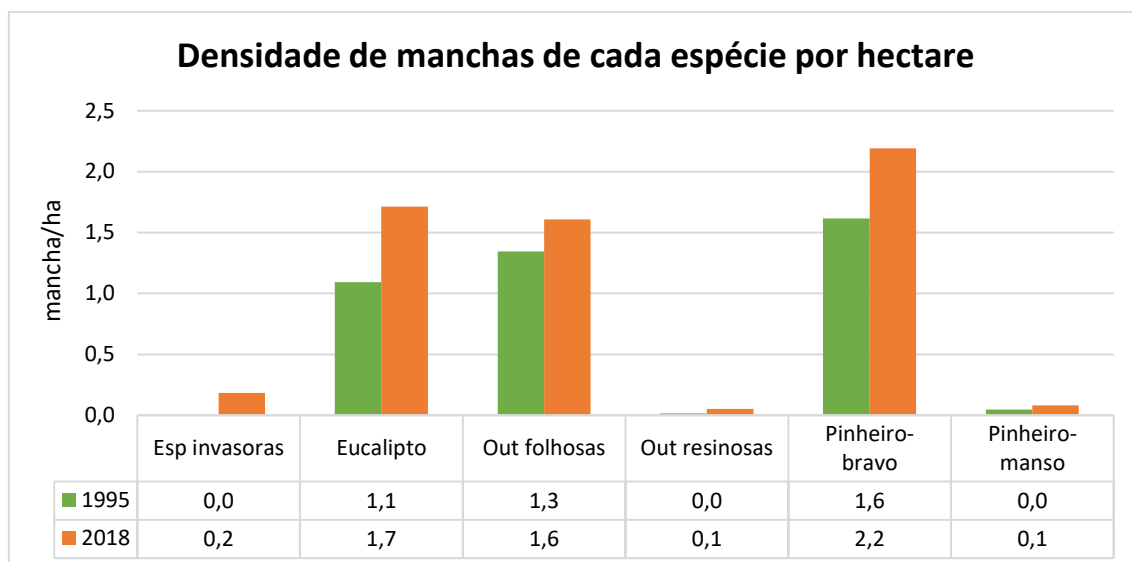


Figura 29: Resultado da métrica PD – Densidade de manchas por espécie florestal em 1995 e 2018.

Este aumento de manchas na espécie de pinheiro-bravo e eucalipto tem diferentes justificações. No caso do pinheiro-bravo, este aumento do número de manchas por unidade de área é fundamentado pela tendência da fragmentação desta espécie e com a sua intensificação, tendo passado de 1.6 manchas/ha em 1995 para 2.2 manchas/ha, atualmente.

No caso do eucalipto, esta maior densidade de manchas é explicada pelo facto de terem surgido muitas manchas de eucalipto onde ainda não existiam em 1995, tal como acontece nas espécies folhosas.

4.7.3. Índice da Mancha de maiores dimensões (LPI)

Na figura 30, pode-se contemplar o resultado da métrica LPI, isto é, a proporção da maior mancha ocupada por cada classe na área de estudo. Em ambos os anos, as florestas são a ocupação do solo que apresenta a maior mancha, embora esta tenha tido um decréscimo de 1995 para 2018, sendo que em 1995 a maior mancha ocupava perto de 8% e em 2018 passou a ocupar 7%.

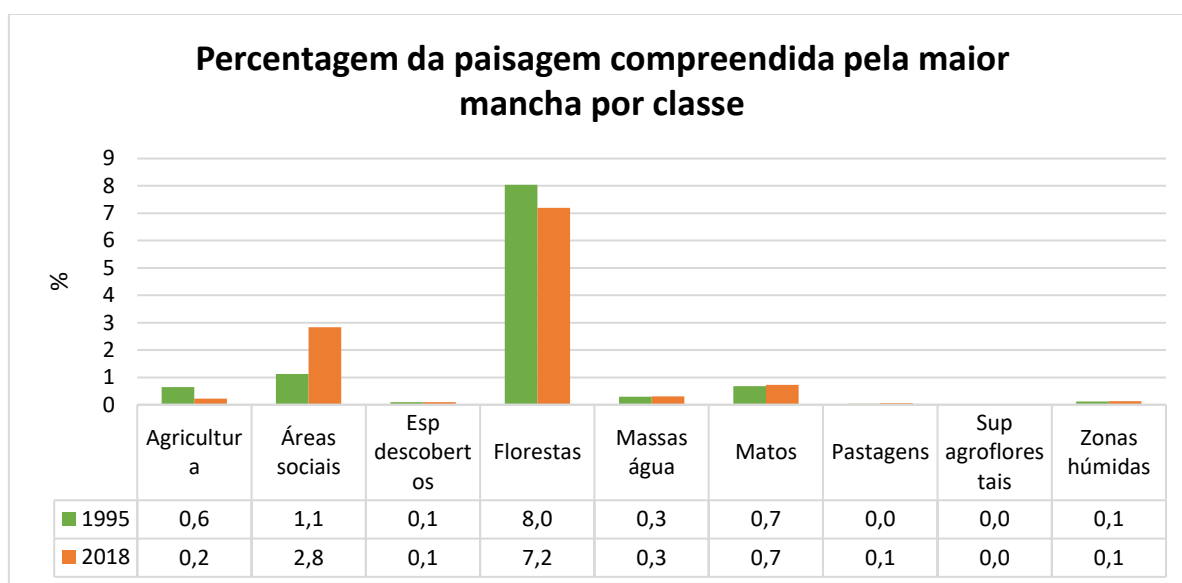


Figura 30: Resultado da métrica LPI – Percentagem da paisagem compreendida pela maior mancha de cada classe em 1995 e 2018.

Já a maior mancha correspondente às áreas sociais aumentou de 1% para praticamente 3%, de 1995 para 2018, querendo isto dizer, que a área contínua de áreas sociais passou para mais do dobro neste período.

Analisando a mesma métrica anterior, mas agora para as manchas por espécie florestal, assinalamos a grande mancha presente em 1995 de pinheiro-bravo, que ocupava 7.3% da área total e que agora se viu reduzida para apenas 1.7% (Figura 31). Isto indica que o pinheiro-bravo começou a fragmentar-se, sobretudo devido aos incêndios e também há existência de nemátodo-da-madeira-do-pinheiro.

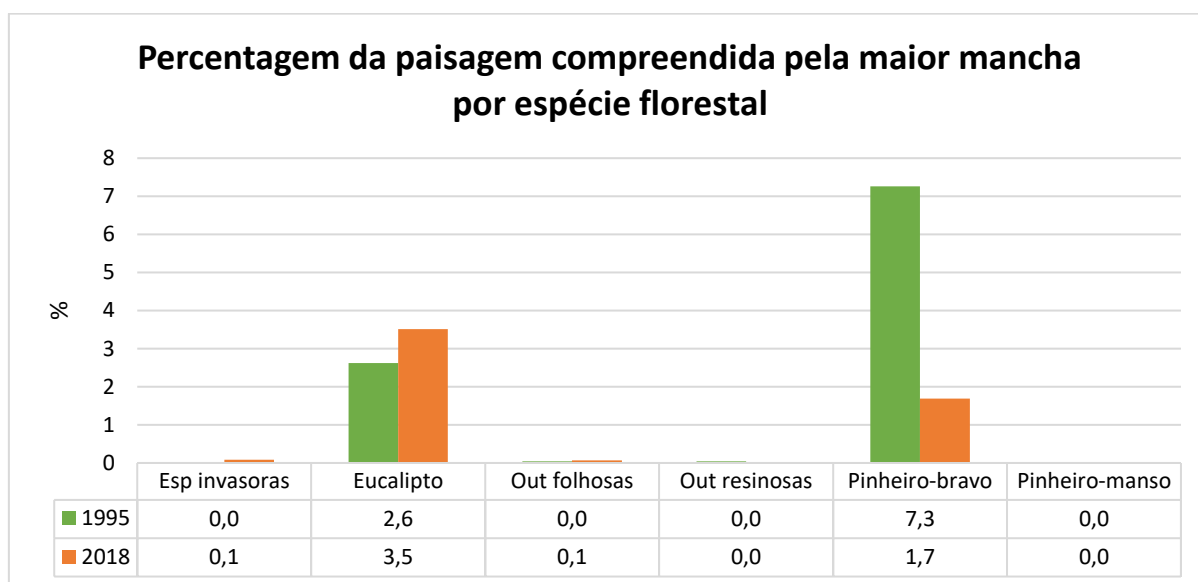


Figura 31: Resultado da métrica LPI – Percentagem da paisagem compreendida pela maior mancha de cada espécie florestal em 1995 e 2018.

Pelo contrário, a maior mancha de eucalipto aumentou de 1995 para 2018, de 2.6% para 3.5%, o que significa que aumentou a área contínua de eucalipto.

Conclui-se que ao contrário de 1995, em 2018 já é a espécie de eucalipto que possui a maior área contínua dentro dos espaços florestais.

4.7.4. Índice de Interdispersão (IJI)

Considerando o índice de interdispersão, pode-se constatar que as manchas das áreas sociais, da agricultura e dos matos são adjacentes a um número mais baixo de manchas de outros usos do solo. No caso específico da agricultura era importante que esta tivesse um índice de interdispersão mais elevado, pois auxiliaria na compartimentação dos espaços florestais (Figura 32).

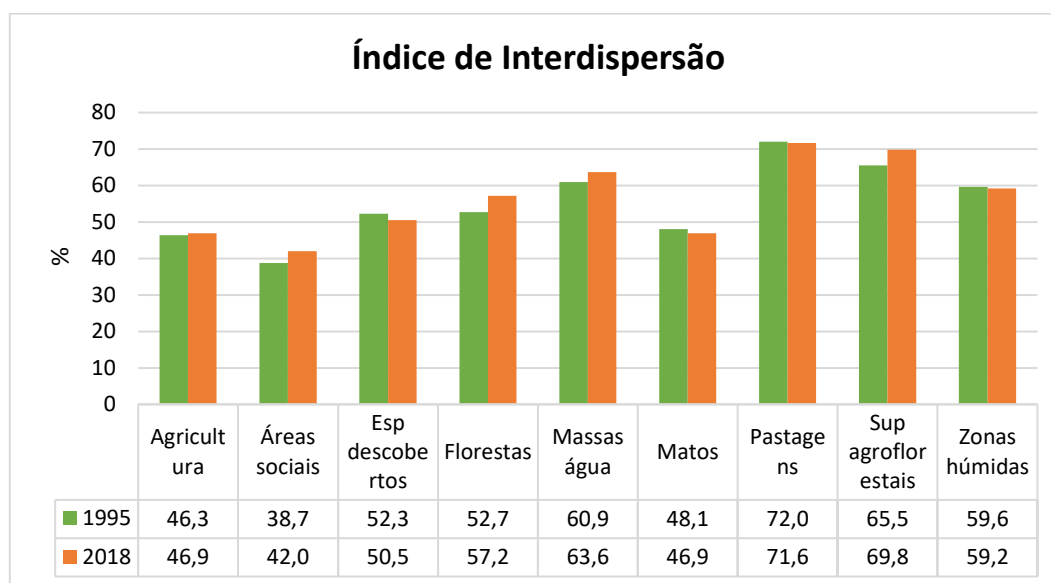


Figura 32: Resultado da métrica IJI – Índice de interdispersão de cada classe em 1995 e 2018.

Pelo contrário, as manchas das pastagens e das áreas agroflorestais são adjacentes a um número maior de outros tipos de manchas - o índice cresce com o aumento de manchas diferentes interconectadas com ele.

Analisando a mesma métrica, mas agora para as espécies florestais, verifica-se que as outras resinosas são a espécie que é adjacente a um número mais elevado de manchas de outros tipos de ocupação do solo (Figura 33).

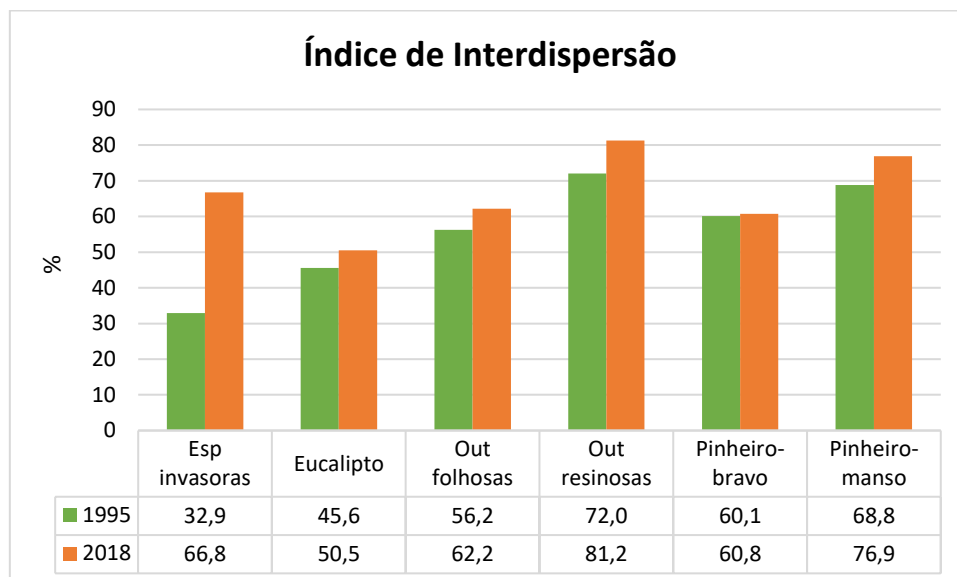


Figura 33: Resultado da métrica IJI – Índice de interdispersão de cada espécie florestal em 1995 e 2018.

Já o eucalipto é a espécie que é adjacente a um menor número de manchas de outros tipos de ocupação do solo, sendo um resultado negativo, uma vez que esta espécie deveria ter compartimentação entre as suas áreas, para, por exemplo, diminuir o risco de incêndio.

4.8. Matrizes de Adjacência

Em 1995, segundo a tabela 21, existiam 720 112 e 4 263 411 metros de perímetro em que a floresta estava em contacto com a área social e com a agricultura, respetivamente. Quanto à interface entre matos e floresta, tínhamos 1 172 101 metros de perímetro.

Tabela 21: Matriz de Adjacências do uso e ocupação do solo de 1995 (Metros).

1995	Agricultura	Matos	Florestas	Áreas sociais	Pastagens	Esp descobertos	Zonas húmidas	Massas água	Sup agroflorestais
Agricultura	115149614	380664	4263411	1809841	117876	4343	15965	107069	2876
Matos		46801632	1172101	60168	62936	58861	460	17061	503
Florestas			305001128	720112	129015	90151	9122	231178	2159
Áreas sociais				26218272	34285	5158	3005	13112	1058
Pastagens					4371380	7030	3785	12278	289
Esp descobertos						2403862	130	1633	0
Zonas húmidas							3887956	41379	0
Massas água								6017994	31
Sup agroflorestais									70368

Já em 2018, de acordo com a tabela 22, existiam 1 153 202 e 3 852 910 metros de perímetro em que a floresta estava em contacto com a área social e com a agricultura, respetivamente. Quanto à interface entre matos e floresta, tínhamos 1 394 619 metros de perímetro.

Tabela 22: Matriz de Adjacências do uso e ocupação do solo de 2018 (Metros).

2018	Agricultura	Matos	Florestas	Áreas sociais	Pastagens	Esp descobertos	Zonas húmidas	Massas água	Sup agroflorestais
Agricultura	94760240	355191	3852910	1979634	100155	2445	11694	93696	3730
Matos		49085588	1394619	94541	52245	61528	945	31075	508
Florestas			313050872	1153202	121710	53177	12669	236955	3244
Áreas sociais				35795788	35985	4474	2111	20373	1478
Pastagens					3913154	3202	3844	9800	1327
Esp descobertos						2262666	131	1106	0
Zonas húmidas							3321078	42954	0
Massas água								6910696	65
Sup agroflorestais									96348

De 1995 para 2018 a interface entre a floresta e os territórios artificializados expandiu, apresentando assim, um valor negativo, uma vez que o perímetro de contacto aumentou entre os dois usos, fazendo com que o risco de incêndio seja mais elevado.

Quanto à interface entre a agricultura e a floresta, este valor reduziu entre o mesmo período, sendo um valor negativo, uma vez que esta interface permite a compartimentação da floresta, fazendo sentido do ponto de vista do ordenamento do território.

Constatando a tabela 23, verificamos que o perímetro entre o pinheiro-bravo e as outras folhosas é positivo, uma vez que existem 798 796 metros de interface entre as duas espécies, fazendo com que haja uma compartimentação e melhor organização da floresta. Já entre as folhosas e o eucalipto, este valor sendo baixo, é negativo, devendo existir um maior contacto entre estas duas espécies, de forma a criar uma floresta mista.

Tabela 23: Matriz de Adjacências das espécies florestais de 1995 (Metros).

1995	Out folhosas	Pinheiro-bravo	Out resinosas	Eucalipto	Pinheiro-manso	Esp invasoras
Out folhosas	23990460	798796	4725	333692	5966	41
Pinheiro-bravo		200704410	9707	1532341	18058	1307
Out resinosas			689484	2673	115	0
Eucalipto				73180912	3651	13
Pinheiro manso					989374	0
Esp invasoras						19150

Entre o pinheiro-bravo e o eucalipto existem 1 532 341 metros de perímetro em contacto, sendo um valor que não é positivo, pois as duas espécies em simultâneo não favorecem a compartimentação, pelo contrário, tornam a paisagem homogênea e aumentam o risco de incêndio.

Em 2018, observando a tabela 24, verificamos que os perímetros de contato entre o pinheiro-bravo e as outras folhosas e o pinheiro-bravo e o eucalipto aumentaram.

Tabela 24: Matriz de Adjacências das espécies florestais de 2018 (Metros).

2018	Out folhosas	Pinheiro-bravo	Out resinosas	Eucalipto	Pinheiro-manso	Esp invasoras
Out folhosas	29545666	874598	8482	546244	11030	27083
Pinheiro-bravo		150059688	21192	2450568	33148	100947
Out resinosas			1329418	12282	1366	636
Eucalipto				118758588	17207	49363
Pinheiro manso					1619292	646
Esp invasoras						3422184

Concluimos, portanto, que este crescimento da interface entre o pinheiro-bravo e as outras folhosas, é positiva, uma vez que estas duas espécies em simultâneo beneficiam o ordenamento do território. Por sua vez, o aumento de cerca de 60% entre a interface de pinheiro-bravo e eucalipto é um fator de risco.

5. Fluxo de material lenhoso e carbono

5.1. Fluxo potencial de material lenhoso

De 1995 para 2018, o fluxo potencial de material lenhoso aumentou de 6 503 550 para 7 041 067 m³/ano, correspondendo a um aumento de 537 517 m³/ano. Estes valores podem-se observar na figura 34.

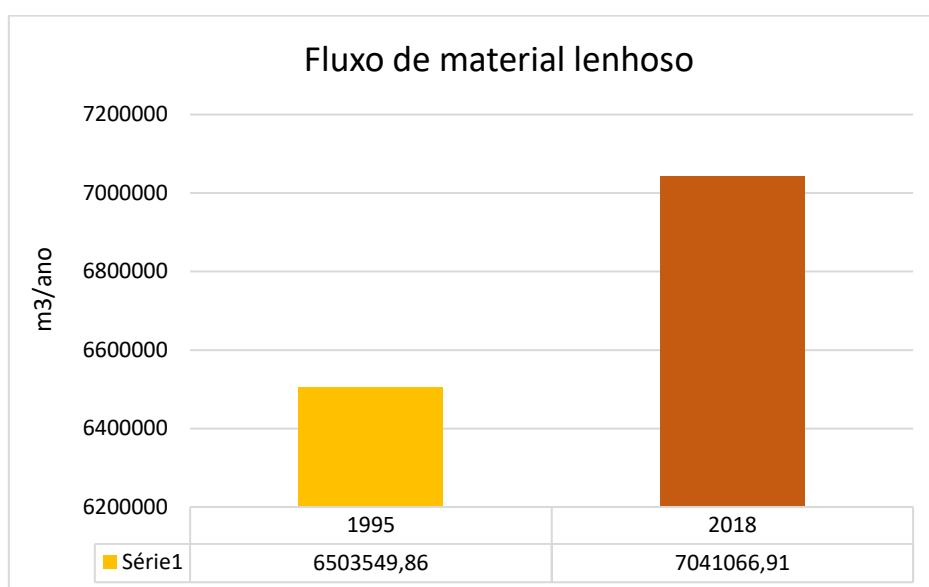


Figura 34: Fluxo potencial total de material lenhoso na área de estudo em 1995 e 2018.

O facto de o fluxo potencial de material lenhoso ter aumentado, é justificado somente, pelo aumento da área florestal, principalmente, da área de eucalipto.

Observando agora o fluxo potencial de material lenhoso para as espécies de pinheiro-bravo e eucalipto, percebemos que este valor diminuiu no caso do pinheiro-bravo de 4 043 915 m³/ano para 3 085 345 m³/ano e aumentou no eucalipto entre 1995 e 2018 de 2 241 982 para 3 647 798 m³/ano (Figura 35).

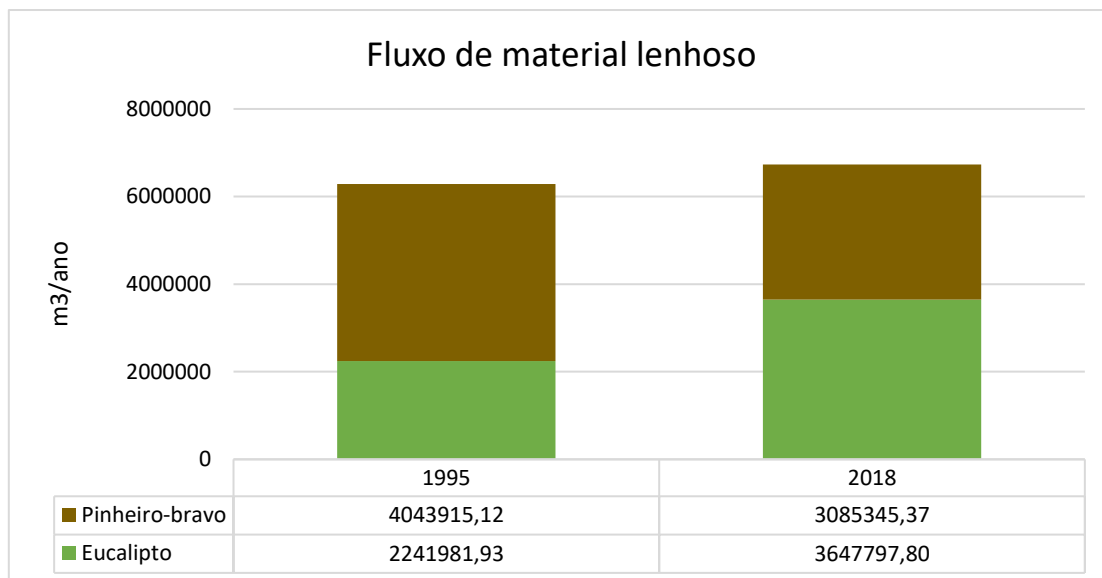


Figura 35: Fluxo potencial de material lenhoso nas espécies de Pb e Ec em 1995 e 2018.

Estas variações de 1995 para 2018, devem-se apenas à área ocupada por cada espécie. O fluxo total de pinheiro-bravo diminuiu, uma vez que a área ocupada por esta espécie diminuiu. Pelo contrário, como a área de ocupação do eucalipto aumentou, o fluxo total de eucalipto também aumentou.

Na tabela 25, podemos analisar que a espécie de pinheiro-bravo foi a que contribuiu com mais material lenhoso em 1995 com 4 043 915 m³/ano, seguida da espécie de eucalipto que contribuiu com 2 241 982 m³/ano.

Tabela 25: Fluxo potencial de material lenhoso médio e total em 1995.

Fluxo de material lenhoso - 1995			
Ocupação Florestal	Área (ha)	Material Lenhoso AMA (m3/ha)	Material Lenhoso Total (m3/ano)
Sobreiro	258	0.5	129
Azinheira	109	0.5	54
Carvalhos	17647	2.9	51175
Castanheiro	17	2.9	50
Eucalipto	190622	11.8	2241982
Esp Invasoras	51	2.9	148
Out Folhosas	49019	2.9	142156
Pinheiro-bravo	519397	7.8	4043915
Pinheiro manso	2663	5.6	14915
Out resinosas	1805	5.0	9025
TOTAL			6503550

No conjunto das espécies florestais, como já foi mencionado acima, em 1995 o material lenhoso total consistia em 6 503 550 m³/ano.

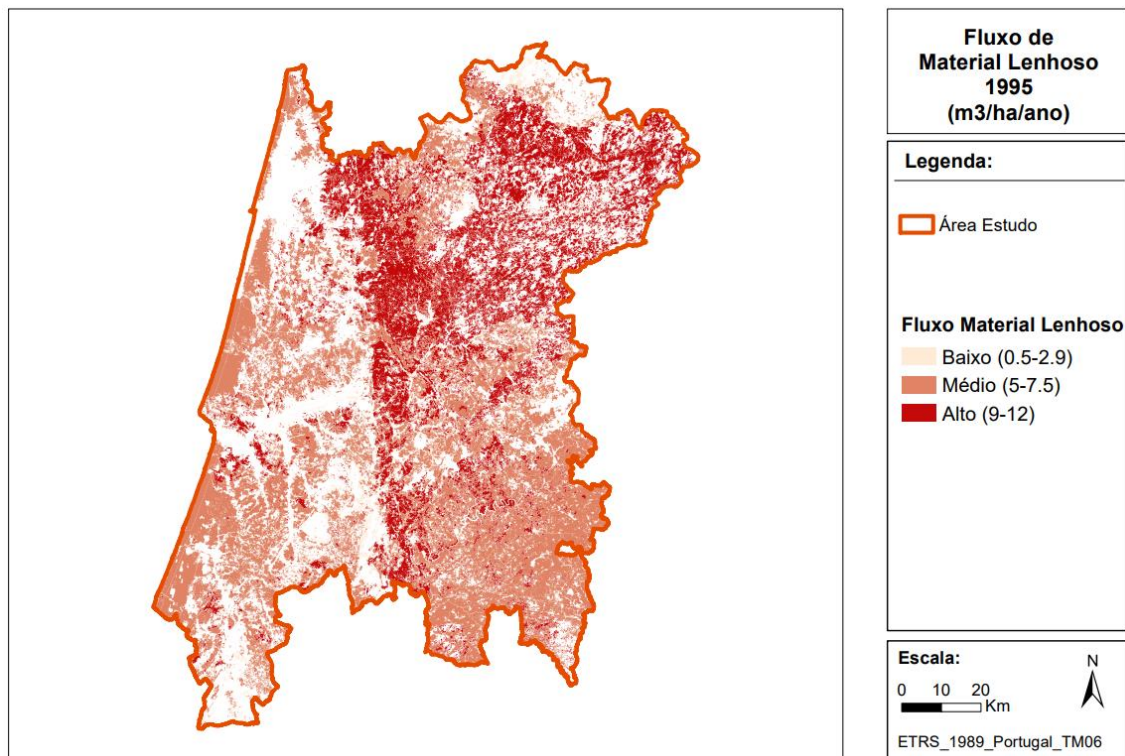


Figura 36: Fluxo potencial médio de material lenhoso em 1995 (m³/ha/ano).

Na figura 36, visualiza-se o fluxo potencial médio de material lenhoso em 1995, concentrando-se as maiores médias na zona central e nordeste da área de estudo.

Ao contrário de 1995, em 2018 é a espécie de eucalipto que se destaca como a espécie com maior fluxo potencial de material lenhoso, 3 647 798 m³/ano. Apesar de em 2018, o pinheiro-bravo continuar com mais ha de área florestal do que o eucalipto, apresenta menores acréscimos médios anuais, daí o eucalipto apresentar-se com maiores fluxos.

O pinheiro-bravo devido à sua diminuição de área, viu o seu fluxo potencial de material lenhoso reduzido para 3 085 345 m³/ano (Tabela 26).

Tabela 26: Fluxo potencial de material lenhoso médio e total em 2018.

Fluxo de material lenhoso - 2018			
Ocupação Florestal	Área (ha)	Material Lenhoso AMA (m ³ /ha)	Material Lenhoso Total (m ³ /ano)
Sobreiro	208	0.5	104
Azinhreira	64	0.5	32
Carvalhos	22609	2.9	65566
Castanheiro	1951	2.9	5659
Eucalipto	309809	11.8	3647798
Esp Invasoras	9354	2.9	27125
Out Folhosas	57638	2.9	167150
Pinheiro-bravo	393206	7.9	3085345
Pinheiro manso	4385	5.6	24556
Out resinosas	3546	5.0	17732
TOTAL			7041067

À semelhança de 1995, o fluxo médio de material lenhoso com valores mais elevados em 2018 encontra-se na parte central e nordeste da área de estudo (Figura 37).

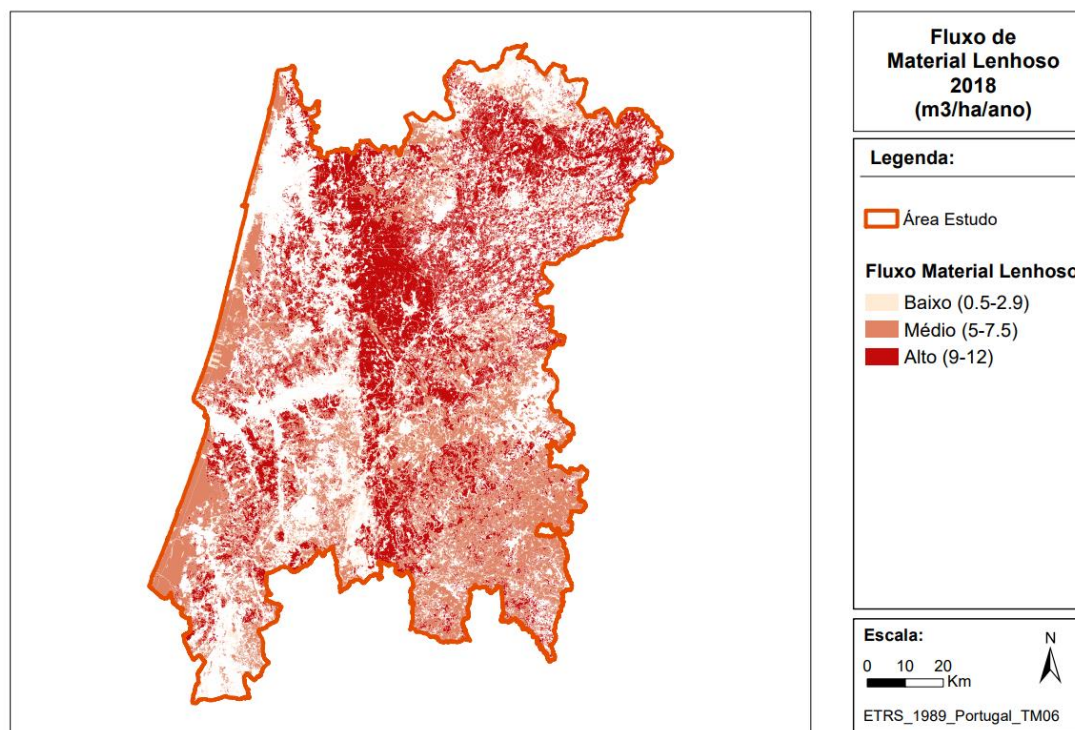


Figura 37: Fluxo potencial médio de material lenhoso em 2018 (m³/ha/ano).

No geral é possível observar mais zonas com valores de fluxo médio da classe alta (9-12m³/ha/ano) em 2018 do que em 1995.

Como já foi constatado, o fluxo total de material lenhoso aumentou 537 517 m³/ano de 1995 para 2018. Apenas em 4 das 20 SRH o fluxo diminuiu entre estes dois anos, nomeadamente: Alto Mondego, Cova da Beira, Terras Altas e Paiva e Pampilhosa e Alvéolos. Destaque para a SRH Pampilhosa e Alvéolos que apresentou uma diferença de -22 679 m³/ano, uma vez que foi a SRH que perdeu mais área florestal, 6 582 ha, com uma elevada perda de pinheiro-bravo (Tabela 27).

Tabela 27: Fluxo potencial de material lenhoso médio e total em 1995 e 2018 e a sua diferença por SRH.

SRH	Material lenhoso AMA (m3/ha)			Material lenhoso total (m3/ano)		
	1995	2018	Diferença	1995	2018	Diferença
Gândaras Sul	4.7	5.6	1.0	762783	920719	157936
Vale do Alva	5.1	5.5	0.4	81698	88034	6336
Floresta do Meio	5.8	6.1	0.2	528936	549812	20877
Alto Mondego	5.0	4.6	-0.5	62408	56672	-5735
Calcários de Cantanhede	3.8	4.9	1.1	128641	165219	36578
Cova da Beira	6.7	3.7	-3.0	35866	19872	-15994
Caramulo	2.5	3.2	0.6	24078	30083	6005
Entre Vouga e Mondego	7.3	7.8	0.5	1281834	1364342	82508
Dunas Litorais e Baixo Mondego	2.9	3.1	0.3	163646	178060	14414
Terras Altas e Paiva	3.0	2.9	-0.1	104636	101983	-2652
Floresta da Beira Serra	6.6	7.4	0.7	754094	837816	83722
Gândaras Norte	4.2	5.2	1.0	365975	451274	85299
Pampilhosa e Alvéolos	6.7	6.4	-0.3	531100	508421	-22680
Lousã e Açor	4.6	5.1	0.5	249795	276593	26798
Porto de Mós e Mendiga	1.3	1.4	0.1	35560	39176	3616
Terras do Dão	5.0	5.1	0.0	240439	241980	1541
Ria e Foz do Vouga	1.9	1.9	0.0	81323	81668	345
Floresta da Beira Alta	4.8	4.9	0.1	841322	862842	21520
Sicó e Alvaiázere	2.8	3.1	0.3	210091	235849	25758
Riba Paiva	0.9	1.4	0.5	19328	30616	11288
Total	4.9	5.3	0.4	6503552	7041029	537477

As 3 SRH que apresentaram maiores valores positivos foram Gândaras Sul, Floresta da Beira Serra e Gândaras Norte, uma vez que foram nestas 3 SRH que a área florestal mais aumentou.

Na figura 38, verifica-se que a SRH Entre Vouga e Mondego é a que se destaca com maior fluxo de material lenhoso, consequência da maior área florestal que possui (129 396 ha em 2018).

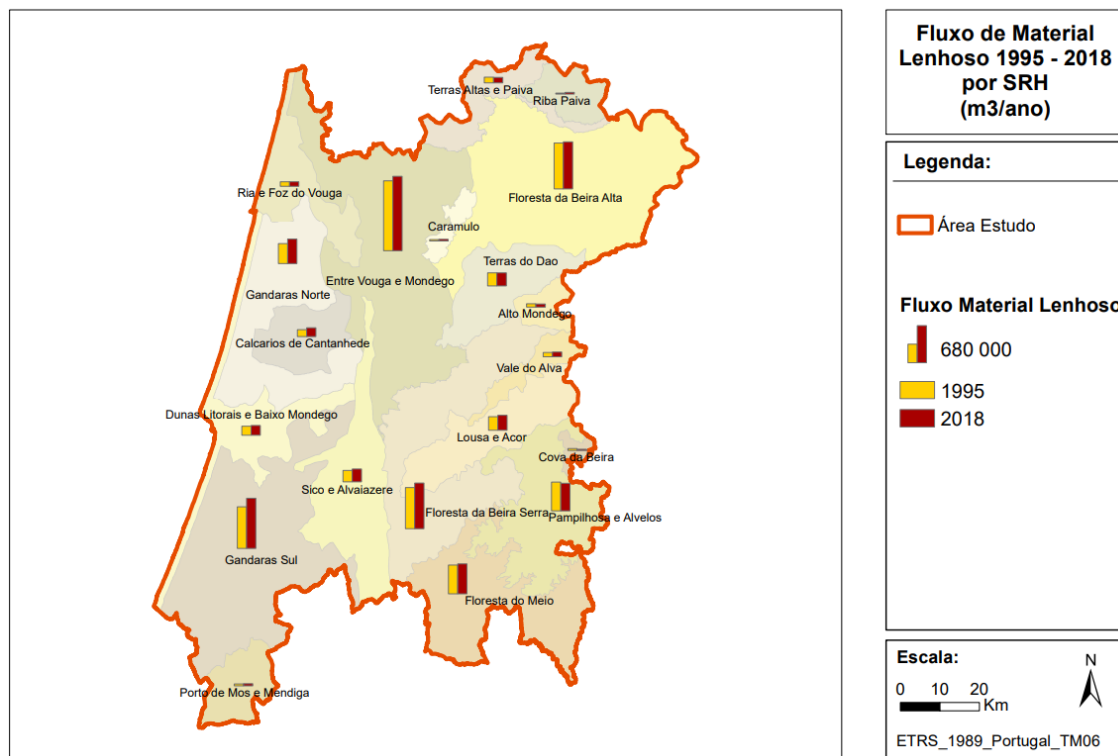


Figura 38: Fluxo potencial de material lenhoso total por SRH em 1995 e 2018.

De seguida, com maiores fluxos potenciais de material lenhoso, encontram-se as SRH de Gândara Sul, Floresta da Beira Serra e Floresta da Beira Alta (Figura 39).

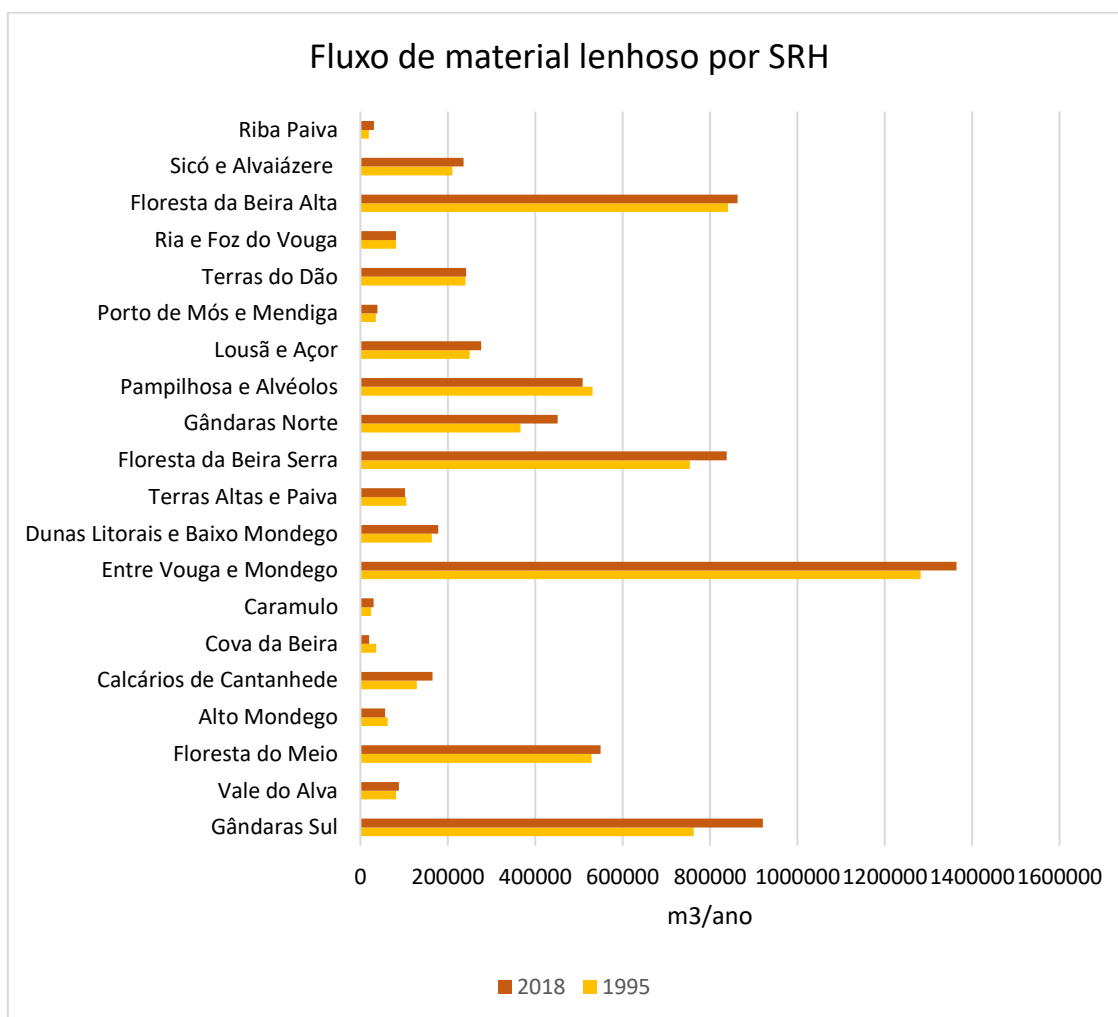


Figura 39: Fluxo potencial de material lenhoso por SRH em 1995 e 2018.

O sobreiro, a azinheira e o pinheiro-bravo, em virtude de terem diminuído a sua ocupação florestal no período em estudo, diminuíram o fluxo potencial de material lenhoso. O pinheiro-bravo sofreu uma perda de 958 576 m³/ano, o equivalente a 8% (Tabela 28).

Tabela 28: Fluxo potencial de material lenhoso total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (m³/ano).

Ocupação Florestal	1995	2018	Diferença
Sobreiro	129	104	-25
Azinheira	54	32	-23
Out Carvalhos	51175	65566	14391
Castanheiro	50	5659	5609
Eucalipto	2241987	3647769	1405782
Esp Invasoras	148	27125	26978
Out Folhosas	142156	167150	24993
Pinheiro-bravo	4043912	3085336	-958576
Pinheiro-manso	14915	24556	9642
Outras resinosas	9025	17732	8707
Total	6503550	7041067	537517

Na figura 40, são mais explícitos os dados de fluxo potencial de material lenhoso por ocupação florestal, onde se testemunha o aumento de fluxo potencial de material lenhoso na espécie de eucalipto e a diminuição na espécie de pinheiro-bravo.

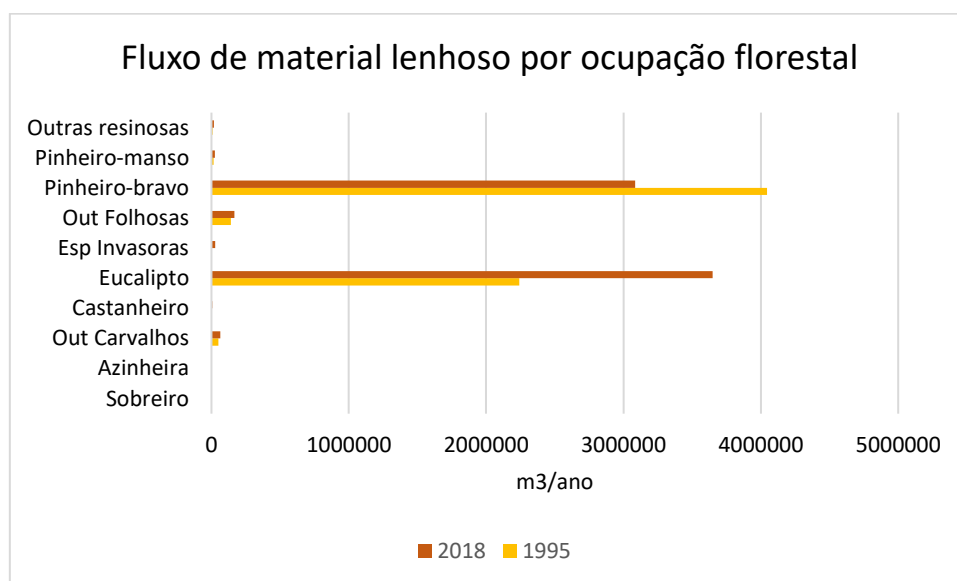


Figura 40: Fluxo potencial de material lenhoso total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (m³/ano).

5.2. Fluxo de carbono

Tal como o fluxo potencial de material lenhoso, o fluxo potencial de carbono também aumentou de 2 789 101 tC em 1995 para 3 024 747 tC em 2018 (Figura 41).

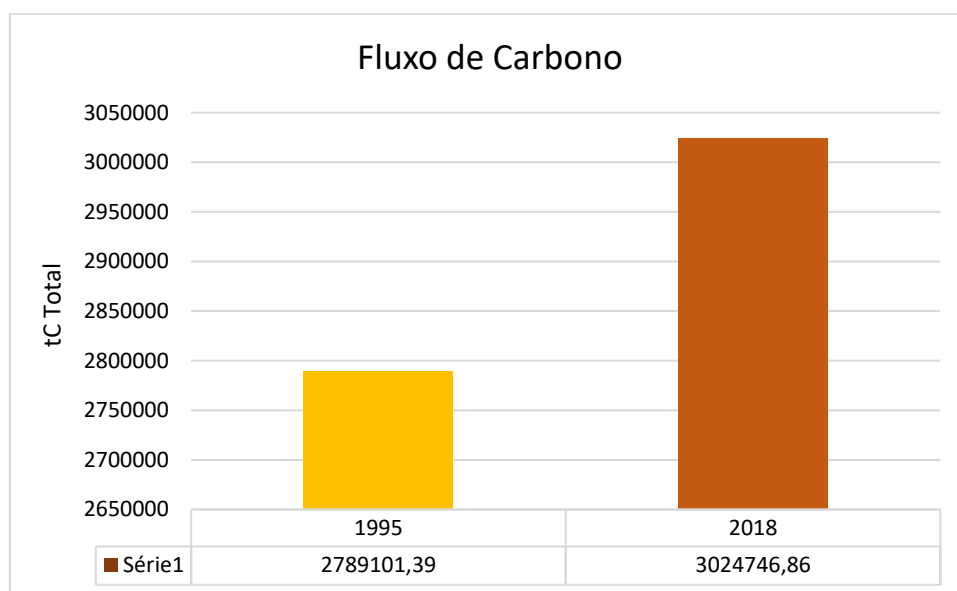


Figura 41: Fluxo potencial total de carbono na área de estudo em 1995 e 2018.

No que diz respeito às espécies florestais, tendo em conta que área de pinheiro-bravo diminuiu de 1995 para 2018, o fluxo potencial de carbono também diminuiu, tendo reduzido de 1 195 662 para 912 242 tC (Figura 42).

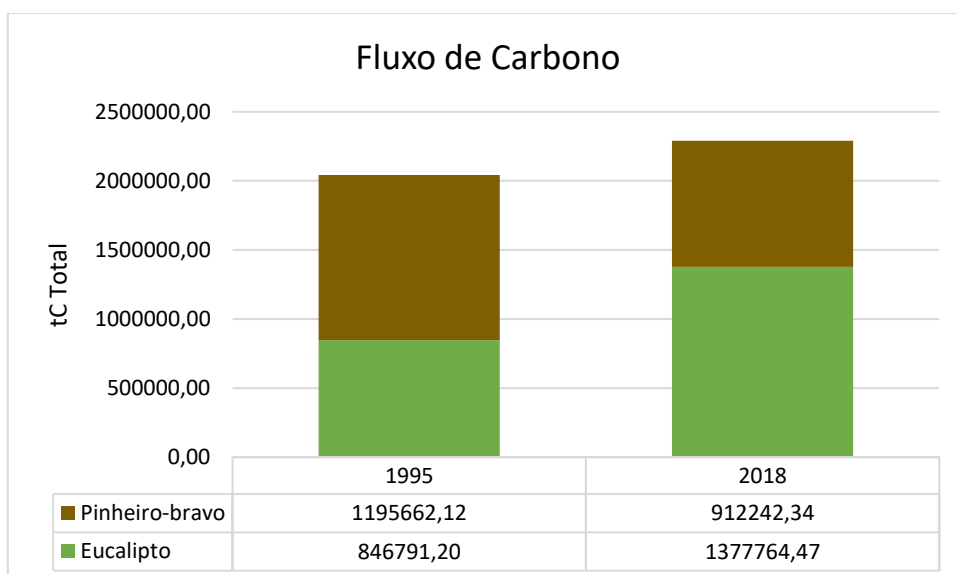


Figura 42: Fluxo potencial de carbono nas espécies de Pb e Ec em 1995 e 2018.

Já o eucalipto aumentou de 846 791 para 1 377 764 tC de 1995 para 2018, devido ao aumento de área que esta espécie teve no período estudado.

Na tabela 29, verificamos que a espécie que mais sequestrou carbono em 1995 foi o pinheiro-bravo (1 195 662 tC), seguido da espécie de eucalipto com 846 791 tC.

Tabela 29: Fluxo potencial de carbono médio e total em 1995.

Fluxo de carbono - 1995								
Ocupação Solo	Área (ha)	Fração de carbono	tC/ha			tC TOTAL		
			ABG_Carb	BGB_Carb	SOMA	ABG_Carb	BGB_Carb	SOMA
Sobreiro	258	0.48	0.19	0.14	0.33	49	37	86
Azinheira	109	0.48	0.19	0.14	0.33	21	16	36
Carvalhos	17647	0.48	1.25	0.41	1.66	22108	7229	29337
Castanheiro	17	0.48	1.15	0.58	1.72	20	10	30
Eucalipto	190622	0.48	3.56	0.89	4.44	677975	168816	846791
Esp Invasoras	51	0.48	1.15	0.58	1.72	59	29	88
Out Folhosas	49019	0.48	1.15	0.58	1.72	56294	28260	84554
Pinheiro-bravo	519397	0.51	2.10	0.21	2.30	1088945	106717	1195662
Pinheiro manso	2663	0.51	3.33	0.18	3.51	8869	479	9348
Out resinosas	1805	0.51	1.36	0.14	1.49	2449	250	2698
Sup Agroflorestais	195	0.48	0.19	0.14	0.33	37	28	65
Agricultura	306187				1.32			404167
Pastagens	11986				3.13			37517
Matos	121579				1.47			178721
TOTAL								2789101

As áreas florestais em 1995 no seu conjunto sequestraram 2 789 101 tC de carbono.

O fluxo potencial de carbono mais elevado em 1995 concentrava-se na zona central da área de estudo, com fluxos médios entre os 3.14 e 4.44 tC por ha (Figura 43).

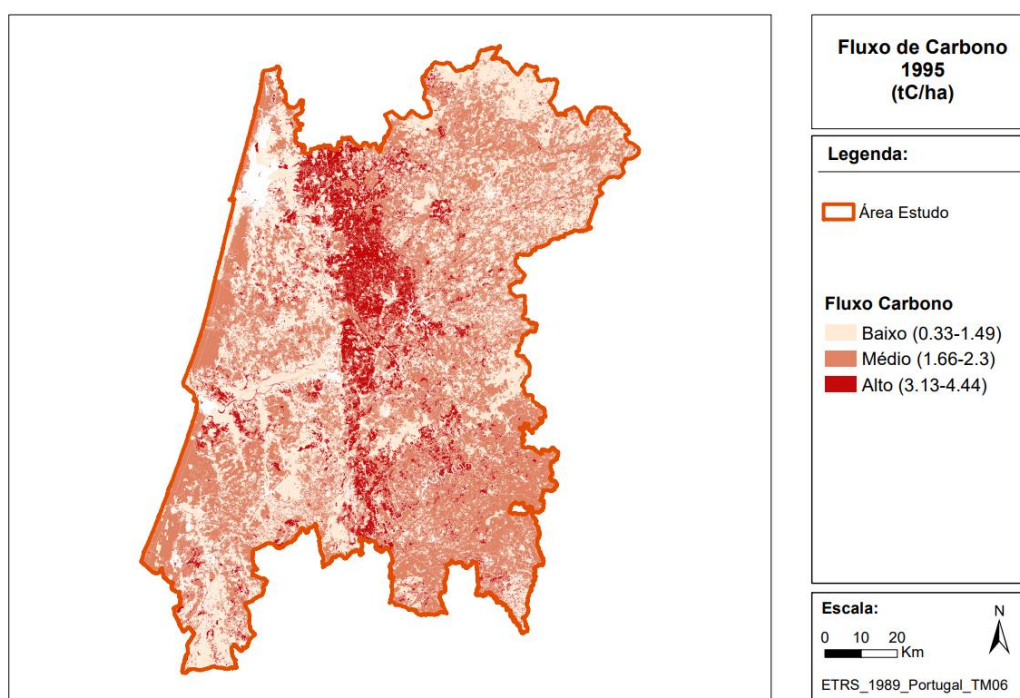


Figura 43: Fluxo potencial médio de carbono em 1995 (tC/ha).

Em 2018, como a área de eucalipto aumentou significativamente, e a de pinheiro diminuiu, o fluxo potencial de carbono do eucalipto foi de 1 377 764 tC e a do pinheiro-bravo apenas de 912 242 tC (Tabela 30).

Tabela 30: Fluxo potencial de carbono médio e total em 2018.

Fluxo de carbono - 2018								
2018	Área (ha)	Fração de carbono	tC/ha			tC TOTAL		
			ABG_Carb	BGB_Carb	SOMA	ABG_Carb	BGB_Carb	Soma
Sobreiro	208	0.48	0.19	0.14	0.33	40	30	70
Azinhiera	64	0.48	0.19	0.14	0.33	12	9	21
Carvalhos	22609	0.48	1.25	0.41	1.66	28325	9262	37587
Castanheiro	1951	0.48	1.15	0.58	1.72	2241	1125	3366
Eucalipto	309809	0.48	3.56	0.89	4.45	1103094	274670	1377764
Esp Invasoras	9354	0.48	1.15	0.58	1.72	10742	5392	16134
Out Folhosas	57638	0.48	1.15	0.58	1.72	66191	33228	99419
Pinheiro-bravo	393206	0.51	2.11	0.21	2.32	830822	81421	912242
Pinheiro manso	4385	0.51	3.33	0.18	3.51	14603	789	15391
Out resinosas	3546	0.51	1.36	0.14	1.49	4811	491	5302
Sup Agroflorestais	269	0.48	0.19	0.14	0.33	51	38	90
Agricultura	254290				1.32			335662
Pastagens	10672				3.13			33404
Matos	128091				1.47			188294
TOTAL								3024747

Destaque para o fluxo potencial de carbono sequestrado pela agricultura, 335 662 tC e pelos matos, 188 294 tC.

Tal como em 1995, em 2018 o fluxo potencial médio de carbono mais elevado (3.14-4.45 tC) encontra-se na parte central da área de estudo, no entanto, observam-se áreas com valores elevados dispersos por várias zonas da área de estudo – uma vez que a área florestal aumentou (Figura 44).

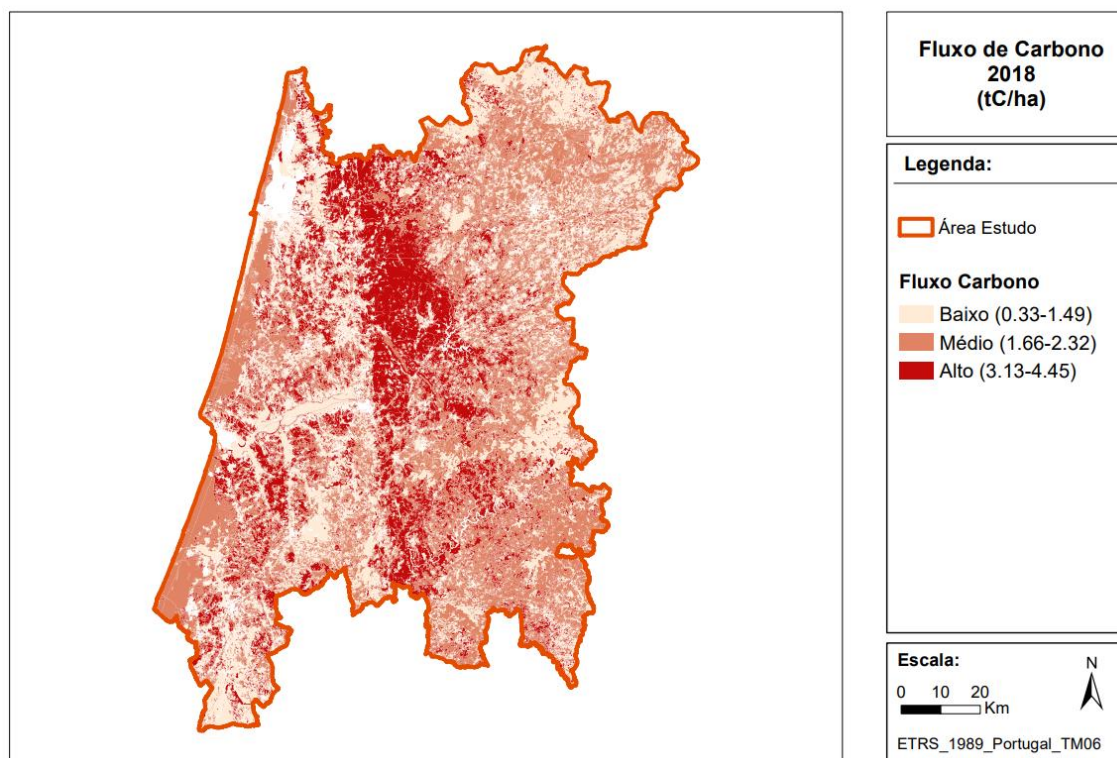


Figura 44: Fluxo potencial médio de carbono em 2018 (tC/ha).

O fluxo de carbono aumentou em 235 646 tC de 1995 para 2018, tendo contribuído para este balanço positivo sobretudo as SRH de Gândara Sul (+64 081 tC), a SRH Entre Vouga e Mondego (+34 080 tC), SRH Gândaras Norte (+31 003 tC) e SRH Floresta da Beira Serra (+30 072 tC) (Tabela 31).

Tabela 31: Fluxo potencial médio e total de carbono em 1995 e 2018 e a sua diferença por SRH.

SRH	Fluxo carbono médio (tC/ha)			Fluxo carbono Total (Tc)		
	1995	2018	Diferença	1995	2018	Diferença
Gândaras Sul	1.9	2.3	0.4	314703	378784	64081
Vale do Alva	2.0	2.1	0.1	31112	32621	1509
Floresta do Meio	2.2	2.4	0.2	202606	218414	15808
Alto Mondego	2.0	2.0	0.0	24318	24503	185
Calcários de Cantanhede	1.8	2.2	0.4	62428	74930	12502
Cova da Beira	2.2	2.0	-0.2	11997	10809	-1187
Caramulo	1.8	1.9	0.1	16678	17710	1032
Entre Vouga e Mondego	2.9	3.1	0.2	511176	545256	34080
Dunas Litorais e Baixo Mondego	1.7	1.7	0.1	95458	99298	3840
Terras Altas e Paiva	1.8	1.9	0.0	63839	64877	1037
Floresta da Beira Serra	2.6	2.9	0.3	296633	327505	30872
Gândaras Norte	1.9	2.2	0.4	160516	191520	31003
Pampilhosa e Alvéolos	2.3	2.4	0.1	185606	194288	8682
Lousã e Açor	2.1	2.2	0.1	115192	119828	4636
Porto de Mós e Mendiga	1.7	1.8	0.1	46859	50060	3201
Terras do Dão	2.0	2.1	0.2	94244	102502	8259
Ria e Foz do Vouga	1.3	1.3	0.0	53412	55403	1990
Floresta da Beira Alta	1.9	1.9	0.0	329477	336160	6683
Sicó e Alvaiázere	1.8	1.9	0.1	137934	145221	7287
Riba Paiva	1.6	1.7	0.1	33140	35524	2384
Total	2.1	2.3	0.2	2787328	3025214	237885

Em apenas 1 das 20 SRH o fluxo de carbono diminuiu, SRH da Cova da Beira (- 1 187 tC). Apesar de ter ganho bastante área em matos, o carbono sequestrado por estes, não compensou a área florestal perdida.

As SRH Alto Mondego e Terras Altas e Paiva perderam área florestal de 1995 para 2018 (cerca de 350ha), área essa suficiente para perder fluxo potencial de material lenhoso, no entanto, o fluxo potencial de carbono aumentou uma vez que a área de matos e pastagens aumentou significativamente, tendo compensado a área florestal perdida.

A SRH de Pampilhosa e Alvólos também perdeu área florestal, logo, o fluxo potencial de material lenhoso diminuiu, no entanto, a área de matos passou para o dobro, fazendo com que o fluxo potencial de carbono fosse positivo nesta SRH.

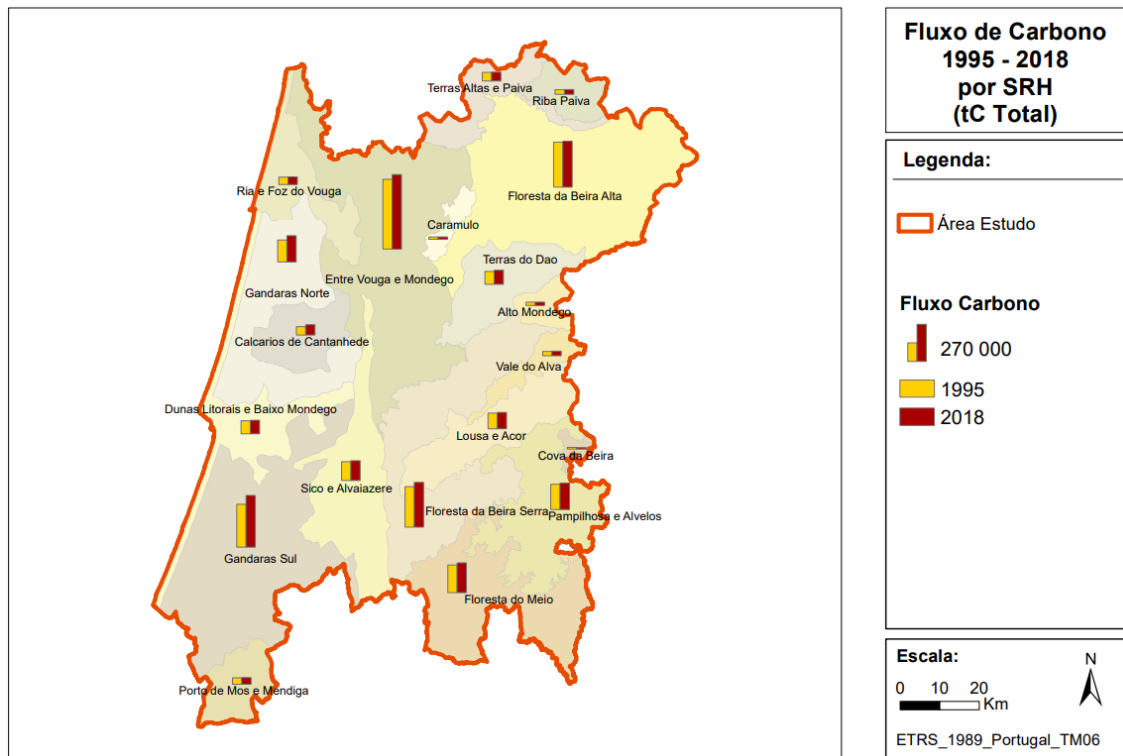


Figura 45: Fluxo potencial de carbono total por SRH em 1995 e 2018.

A SRH Entre Vouga e Mondego sendo a SRH que tem maior área florestal, assim como maior área de agricultura, é a que apresenta maior fluxo potencial de carbono em ambos os anos (Figura 45).

Seguem-se as SRH Gândaras Sul, Floresta da Beira Serra e Floresta da Beira Alta (Figura 46).

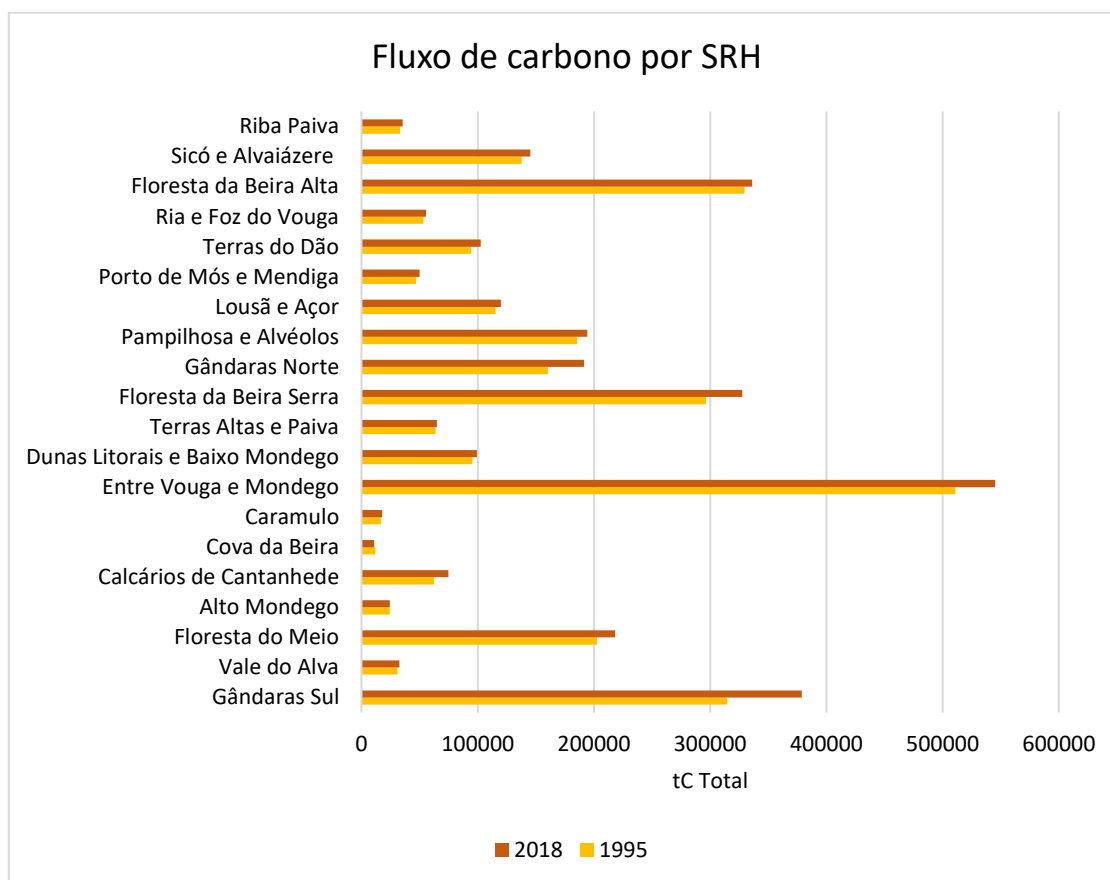


Figura 46: Fluxo de material lenhoso por SRH em 1995 e 2018.

Em relação às diferenças no fluxo potencial de carbono por ocupação do solo, verificamos que a agricultura, as pastagens, o sobreiro, a azinheira e o pinheiro-bravo registaram diminuições entre os dois anos em estudo, na medida em que, foram as ocupações do solo que mais área perderam (Tabela 32).

Tabela 32: Fluxo potencial de carbono total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (tC).

Uso Solo	1995	2018	Diferença
Agricultura	404167	335662	-68505
Pastagens	37517	33404	-4113
Sup Agroflorestais	64	89	24
Matos	178721	188294	9573
Sobreiro	85	69	-17
Azinheira	36	21	-15
Out Carvalhos	29293	37531	8238
Castanheiro	30	3356	3326
Eucalipto	846362	1378648	532287
Esp Invasoras	88	16088	16000
Out Folhosas	84313	99137	14823
Pinheiro-bravo	1194614	912238	-282376
Pinheiro-manso	9348	15391	6043
Outras resinosas	2690	5284	2595
Total	2789101	3024747	235645

A maior perda é observada na espécie de pinheiro-bravo, onde o fluxo potencial de carbono diminuiu em 282 365 tC, ou seja, 8% (Figura 47).

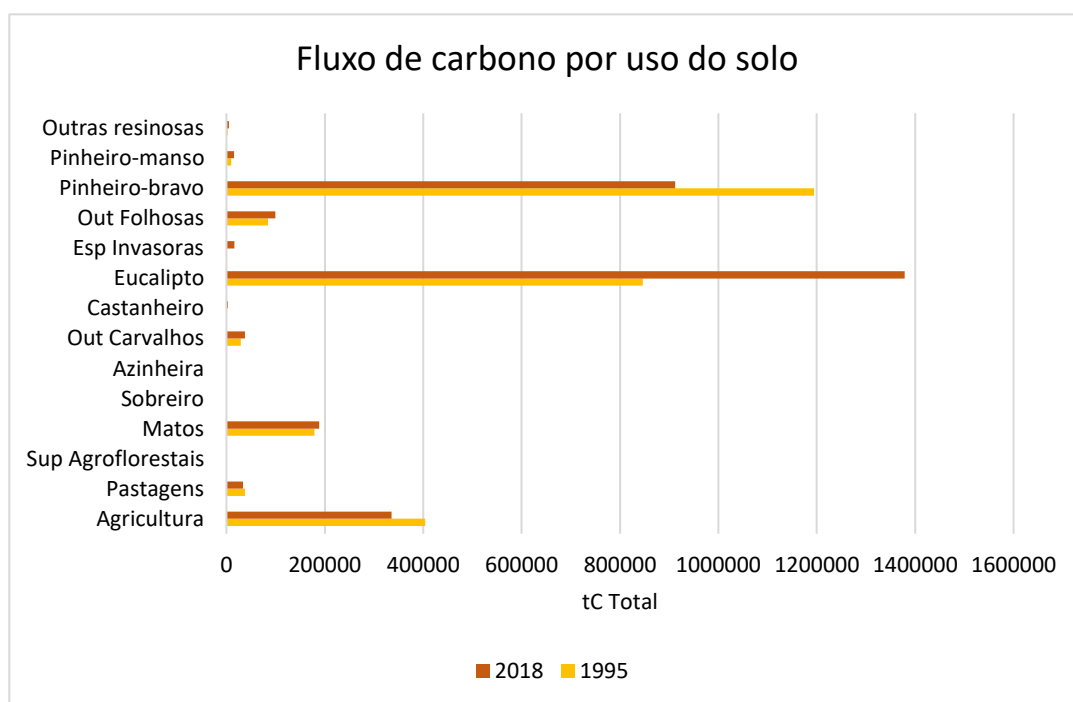


Figura 47: Fluxo de carbono total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (tC).

6. Stock de material lenhoso e stock de carbono

6.1. Stock de material lenhoso

No que diz respeito ao stock de material lenhoso, houve uma diminuição de 1995 para 2018 de 64 278 003 m³ para 55 755 486 m³, o que corresponde a uma perda de 9% (Figura 48).

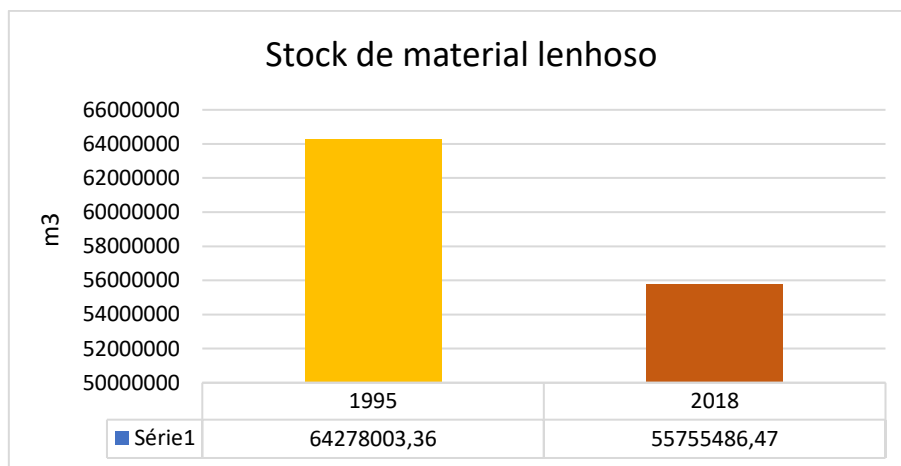


Figura 48: Stock de material lenhoso na área de estudo em 1995 e 2018.

Esta perda total de stock, é justificada pela grande diminuição de stock de material lenhoso da espécie de pinheiro-bravo, que desceu de 55 305 427 m³ em 1995 para 39 289 161 m³ em 2018. Esta diminuição ocorreu devido a dois fatores, nomeadamente, à redução da área de pinheiro-bravo de 1995 para 2018 e à redução do volume médio desta espécie que passou de 106 m³ para 99 m³ (Figura 49).

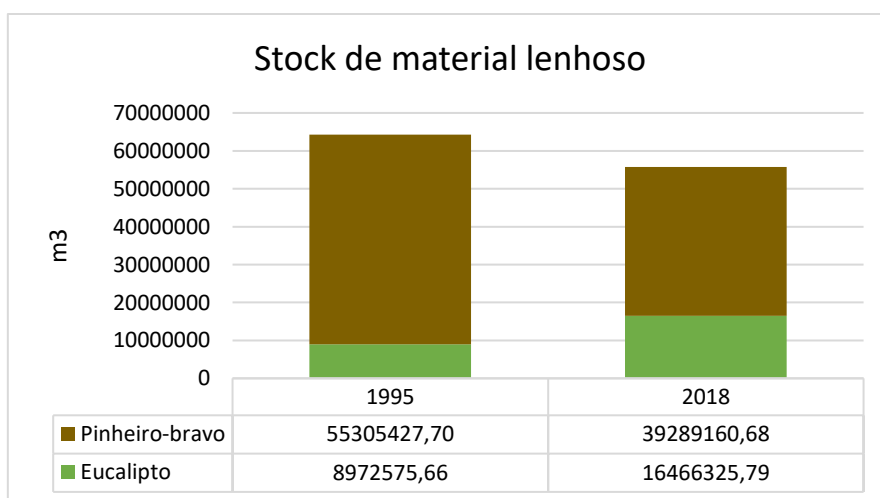


Figura 49: Stock de material lenhoso nas espécies de Pb e Ec em 1995 e 2018.

Uma proporção significativa da área ardeu várias vezes, ou seja, os povoamentos não chegaram a atingir a idade adulta, o que não permitiu armazenar carbono. Uma grande parte do pinhal adulto existente ardeu e outra parte foi afetada pelo nemátodo-da-madeira-do-pinheiro, o que fez com que o stock diminuísse, e isto significa que estamos numa situação pior da que estávamos em 1995.

Pelo contrário, o eucalipto viu o seu stock de material lenhoso aumentar neste período de 8 972 576 m³ para 16 466 326 m³, uma vez que a sua área florestal aumentou, bem como o seu volume médio (47 para 53 m³) - existem agora mais povoamentos adultos desta espécie do que em 1995.

Tabela 33: Stock de material lenhoso em 1995.

Stock Material Lenhoso - 1995			
Ocupação Florestal	Área (ha)	Volume médio (m³/ha)	Valor Existente (m³)
Eucalipto	190 622	47.07	8972576
Pinheiro-bravo	519 397	106.48	55305428
Total			64278003

De acordo com a tabela 33, o pinheiro-bravo era a espécie que maior stock de material lenhoso produzia em 1995, seguida da espécie de eucalipto.

Na figura 50, percebe-se que o maior stock de material lenhoso em 1995 se encontrava junto ao litoral e na zona sudeste da área de estudo, com valores de 106.48 m³/ha – locais onde estava presente a espécie de pinheiro-bravo.

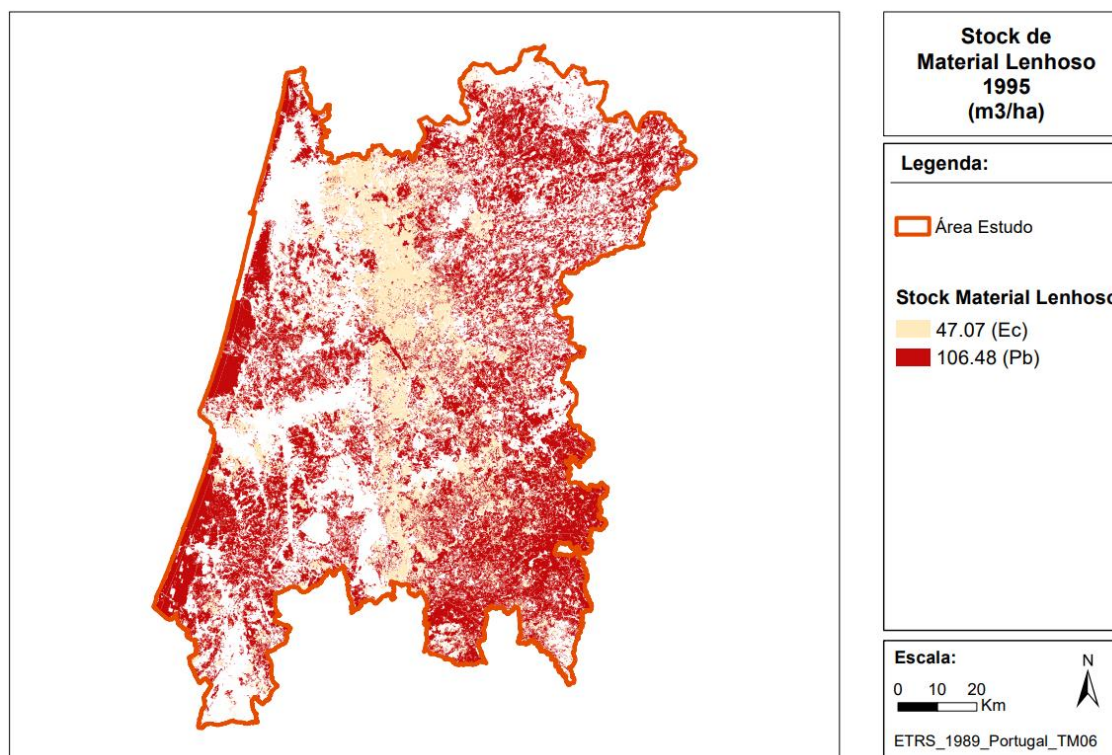


Figura 50: Stock de material lenhoso em 1995 (m3/ha).

Em 2018, o pinheiro-bravo continua a ser a espécie com maior stock de material lenhoso, 39 271 604 m³. O eucalipto ocupa a segunda posição com 16 463 810 m³. Apesar da diminuição da área e de volume médio da espécie de pinheiro-bravo, esta espécie continua a estar presente em maior área do que o eucalipto e para além disso, apresenta volumes médios mais elevados (Tabela 34).

Tabela 34: Stock de material lenhoso médio e total em 2018.

Stock Material Lenhoso - 2018			
Ocupação Florestal	Área (ha)	Volume médio (m3/ha)	Valor Existente (m3)
Eucalipto	309 809	53.15	16466326
Pinheiro-bravo	393 206	99.92	39289161
Total			55755486

À semelhança de 1995, em 2018 os valores mais elevados de stock de material lenhoso encontram-se no litoral e na zona sudeste da área de estudo, no entanto, estes valores são mais baixos do que em 1995 (Figura 51).

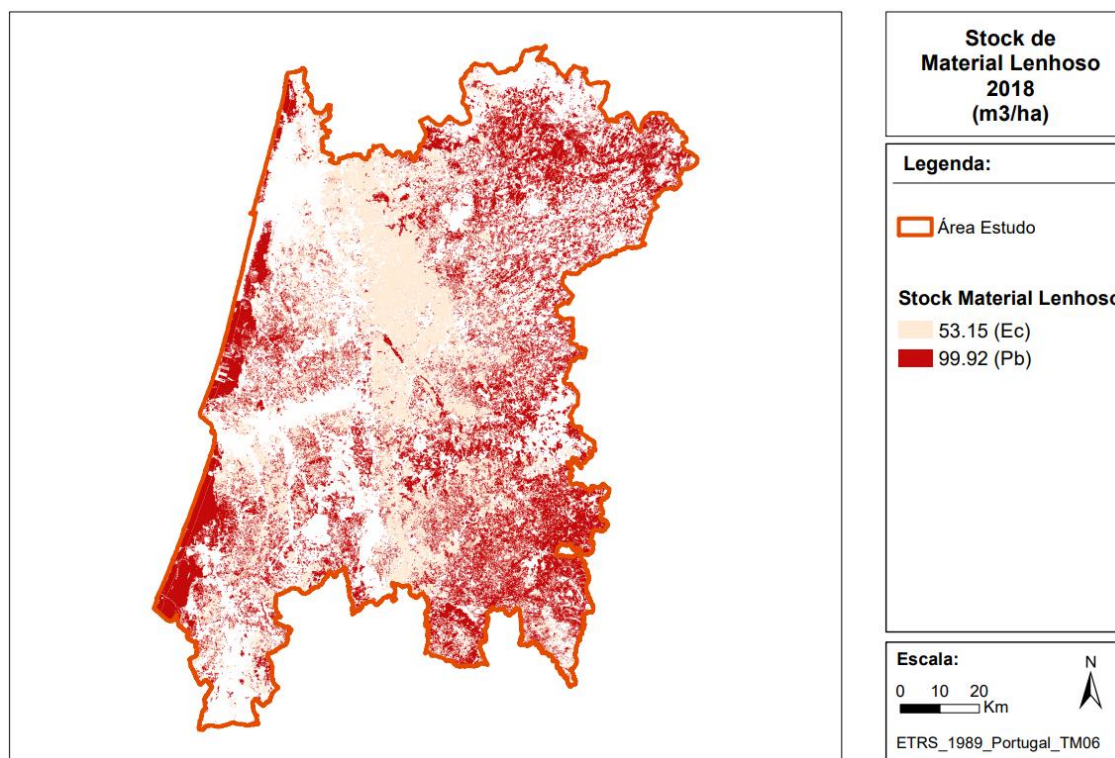


Figura 51: Stock de material lenhoso em 2018 (m³/ha).

Como já foi apurado, o stock de material lenhoso diminuiu de 1995 para 2018. Para essa diminuição contribuíram 17 das 20 SRH do PROF Centro Litoral, destacando-se principalmente a redução na SRH Gândaras Sul e na SRH de Pampilhosa e Alvéolos em cerca de 3 107 221 m³.

A SRH Gândaras Sul apesar de ter aumentado a área florestal entre 1995 e 2018, foi a que perdeu maior área de pinheiro-bravo, tendo esta reduzido praticamente 1/3. Como o volume em pé de pinheiro-bravo reduziu muito, o stock nesta SRH baixou significativamente, -1779362 m³, o equivalente a uma perda de 8%.

A SRH Pampilhosa e Alvéolos foi a que perdeu maior área florestal, principalmente de pinheiro-bravo, tendo o seu stock diminuído 1 327 860 m³, correspondendo também a uma perda de 8% (Tabela 35).

Tabela 35: Stock de material lenhoso médio e total em 1995 e 2018 e a sua diferença por SRH.

SRH	Volume médio (m ³ /ha)			Volume existente (m ³)		
	1995	2018	Diferença	1995	2018	Diferença
Gândaras Sul	56.7	45.8	-10.9	9251694	7472332	-1779362
Vale do Alva	52.9	48.4	-4.5	839462	767522	-71940
Floresta do Meio	68.0	58.2	-9.8	6180871	5288474	-892397
Alto Mondego	50.6	39.4	-11.2	629301	490083	-139217
Calcários de Cantanhede	44.6	38.3	-6.3	1506180	1293101	-213078
Cova da Beira	89.4	35.7	-53.7	477219	190388	-286832
Caramulo	21.8	23.3	1.6	205924	220600	14676
Entre Vouga e Mondego	44.5	40.8	-3.7	7767487	7123633	-643854
Dunas Litorais e Baixo Mondego	32.7	29.6	-3.1	1866957	1690136	-176821
Terras Altas e Paiva	30.9	25.7	-5.2	1078478	896567	-181911
Floresta da Beira Serra	53.7	49.4	-4.3	6102604	5614881	-487723
Gândaras Norte	51.2	41.9	-9.2	4428877	3630160	-798717
Pampilhosa e Alvéolos	82.2	65.5	-16.7	6544929	5217069	-1327860
Lousã e Açor	45.5	48.2	2.8	2450375	2599081	148706
Porto de Mós e Mendiga	20.2	15.8	-4.4	559579	437763	-121816
Terras do Dão	46.7	36.5	-10.2	2230042	1743446	-486596
Ria e Foz do Vouga	18.8	14.3	-4.5	799945	608689	-191256
Floresta da Beira Alta	50.7	46.0	-4.7	8900852	8072431	-828421
Sicó e Alvaiázere	28.0	26.4	-1.6	2129549	2006862	-122687
Riba Paiva	15.4	18.5	3.0	327677	392267	64590
Total	48.6	42.2	-6.4	64278003	55755486	-8522517

A SRH Lousã e Açor foi a que aumentou mais o seu stock de 1995 para 2018 (148 606 m³), seguida da SRH Riba Paiva (64 590 m³) e da SRH do Caramulo (14 676 m³). Estas 3 SRH para além de terem aumentando a área florestal total entre 1995 e 2018, foram as únicas onde a área de pinheiro-bravo não diminuiu (apesar de existir aumento, não foi significativo), ou seja, apresentaram uma tendência inversa em relação às outras SRH.

Na figura 52, verifica-se que as SRH da Floresta da Beira Alta e Gândaras Sul são as que apresentam maior stock de material lenhoso em ambos os anos, em consequência da maior área de pinheiro-bravo que possuíam em 1995 e 2018.

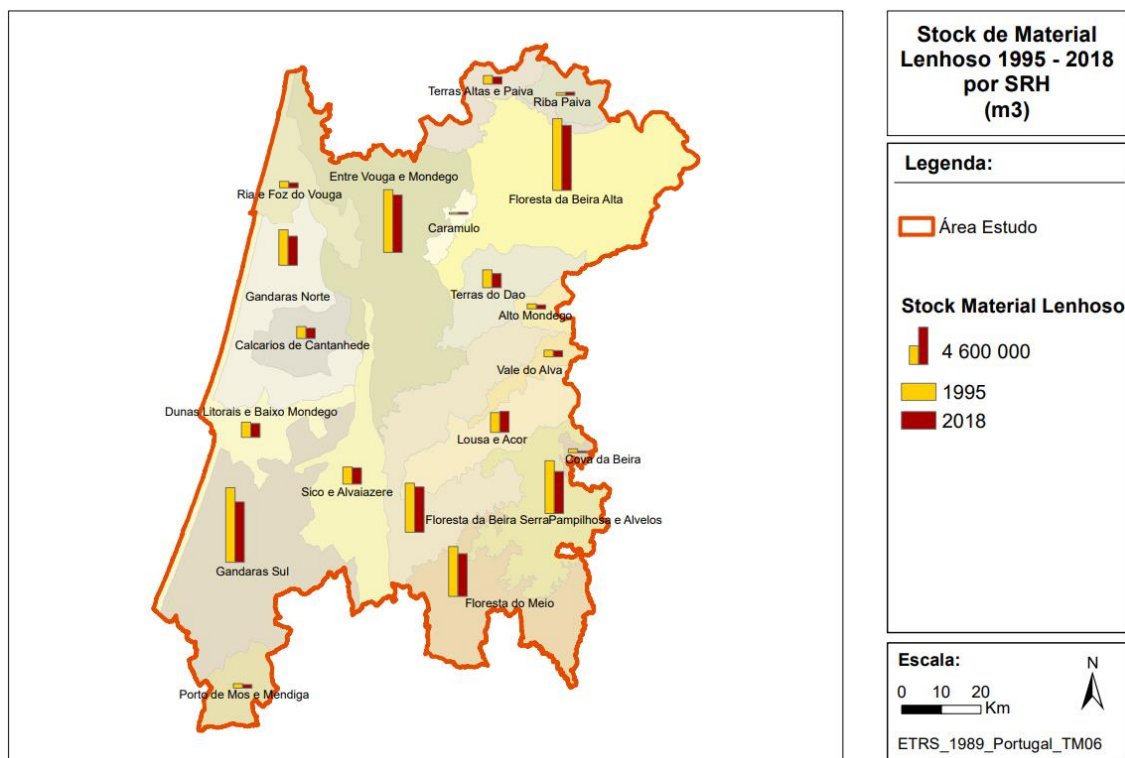


Figura 52: Stock de material lenhoso total por SRH em 1995 e 2018.

A SRH Entre Vouga e Mondego apesar de ter a maior área florestal, possui muito pouca área de pinheiro-bravo tanto em 1995 como 2018, daí não ser a SRH que apresenta maior fluxo de carbono (Figura 53).

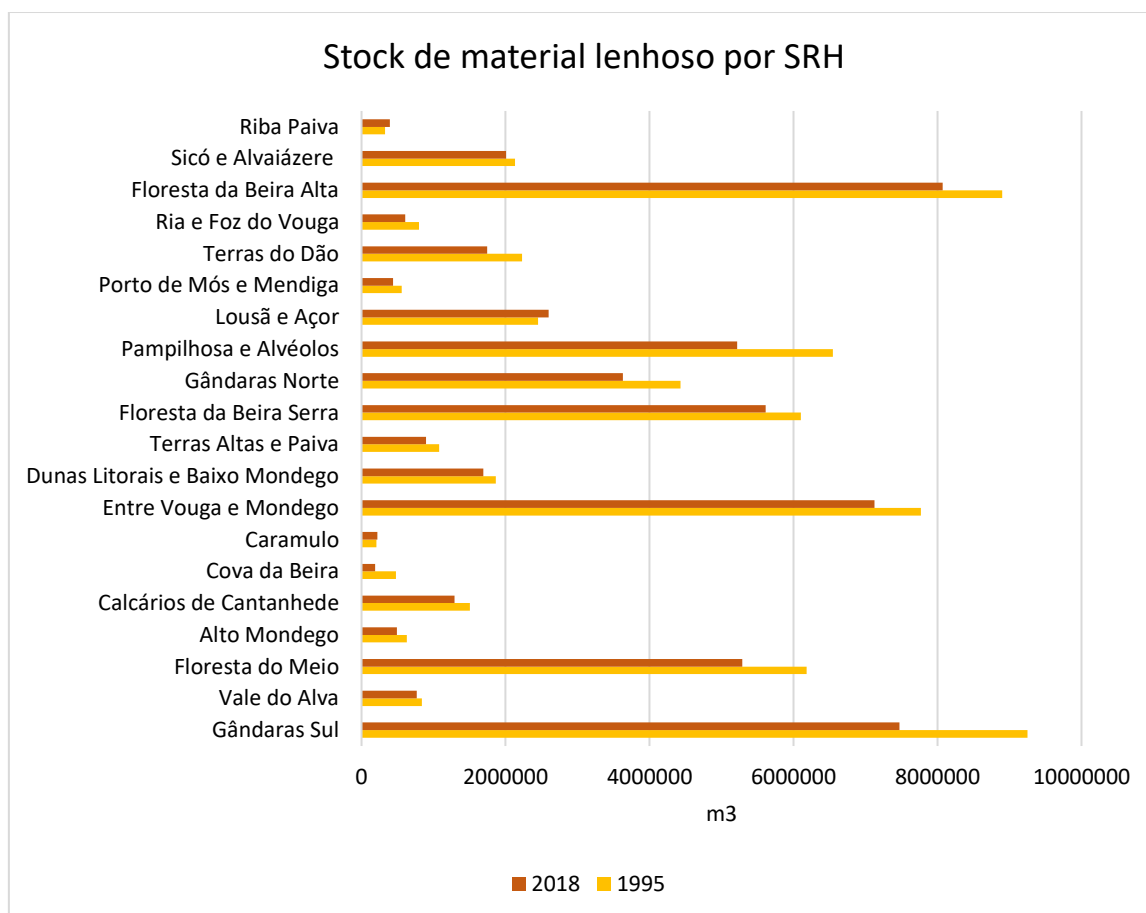


Figura 53: Stock de material lenhoso por SRH em 1995 e 2018.

Para a perda registada de 8 522 516 m³ entre 1995 e 2018 de stock de material lenhoso, contribuiu a redução de stock de pinheiro-bravo assinalada em 16 016 267 m³ (Tabela 36).

Tabela 36: Stock de material lenhoso em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (m³).

Ocupação Florestal	1995	2018	Diferença
Eucalipto	8972576	16466326	7493750
Pinheiro-bravo	55305427	39289161	-16016267
Total	64278003	55755486	-8522517

Na figura 54, observa-se esse ganho por parte do eucalipto e a perda por parte do pinheiro-bravo. No entanto, é o pinheiro-bravo que continua a contribuir com maior stock, pois possui mais área e maior volume médio.

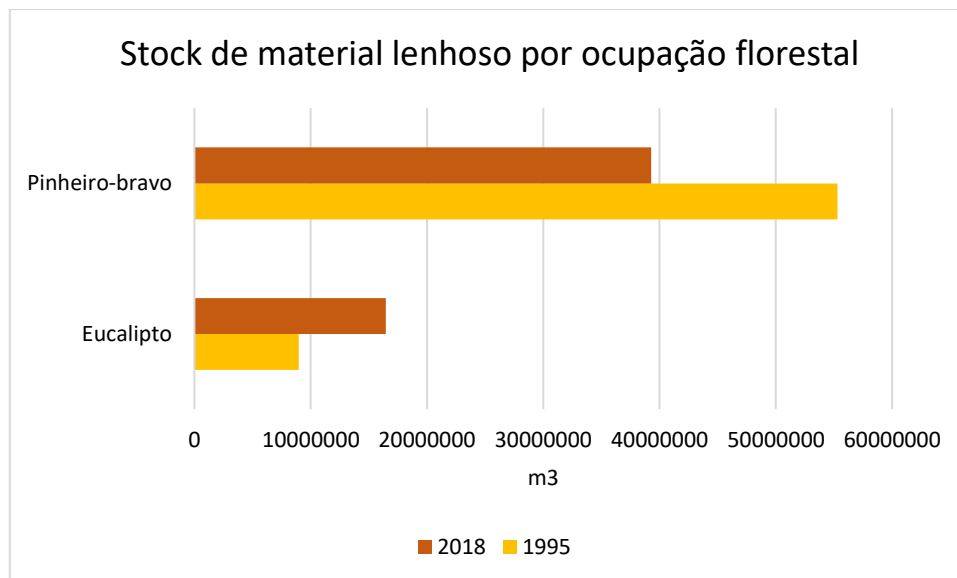


Figura 54: Stock de material lenhoso em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (m³).

6.2. Stock de carbono

Tal como o stock de material lenhoso, o stock de carbono também diminuiu entre 1995 e 2018, de 19 741 045 tC para 17 835 896 tC, o que corresponde a uma perda de 9%.

Apesar de haver mais área florestal em 2018 do que em 1995, devido aos incêndios florestais que assolaram toda a região, os povoamentos são mais jovens, e, portanto, há menos volume em pé, logo o stock diminuiu (Figura 55).

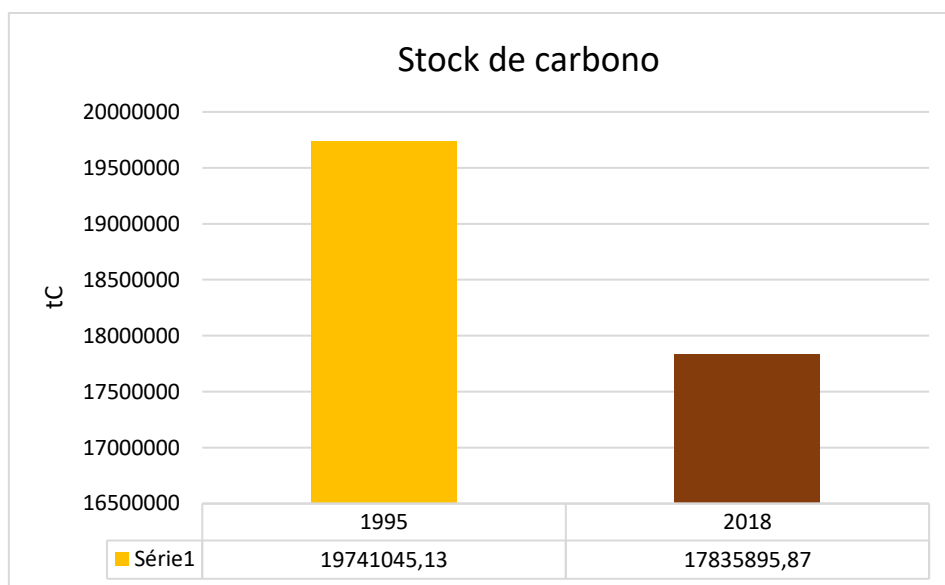


Figura 55: Stock de carbono na área de estudo em 1995 em 2018.

Outro fator importante, é a diminuição drástica da área de pinheiro-bravo. Sendo esta a espécie que apresenta maiores stocks, ou seja, maior volume em pé, e foi a espécie que mais área perdeu, o stock reduziu.

Estudando agora o stock de carbono nas espécies florestais, verificamos a redução de stock por parte do pinheiro-bravo de 16 352 135 tC para 11 616 604 tC (-7%). Esta redução deve-se à diminuição da área ocupada por esta espécie e à diminuição do stock médio de carbono que passou de 31 para 29 tC (Figura 56).

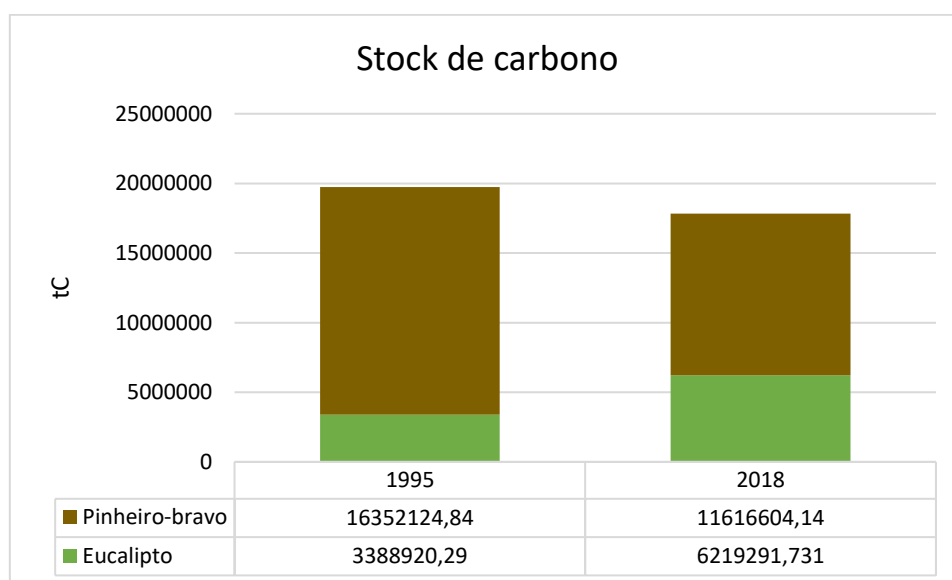


Figura 56: Stock de carbono nas espécies de Pb e Ec em 1995 e 2018.

O stock de carbono armazenado pelo eucalipto aumentou para quase o dobro, uma vez que a área ocupada por esta espécie cresceu e o stock médio também aumentou.

No entanto, de acordo com a tabela 37, o pinheiro-bravo era a espécie que maior stock de material lenhoso armazenava em 1995, seguida da espécie de eucalipto.

Tabela 37: Stock de carbono médio e total em 1995.

Stock Carbono - 1995								
Ocupação florestal	Área (ha)	Fração de carbono	tC/ha			tC TOTAL		
			ABG_Carb	BGB_Carb	SOMA	ABG_Carb	BGB_Carb	SOMA
Eucalipto	190 622	0.48	14.23	3.54	17.78	2713307	675613	3388920
Pinheiro-bravo	519 397	0.51	28.67	2.81	31.48	14892646	1459479	16352125
Total								19741045

Na figura 57, observa-se que os valores mais altos de stock de carbono em 1995 concentravam-se na zona litoral e sudeste da área de estudo – áreas de pinheiro-bravo.

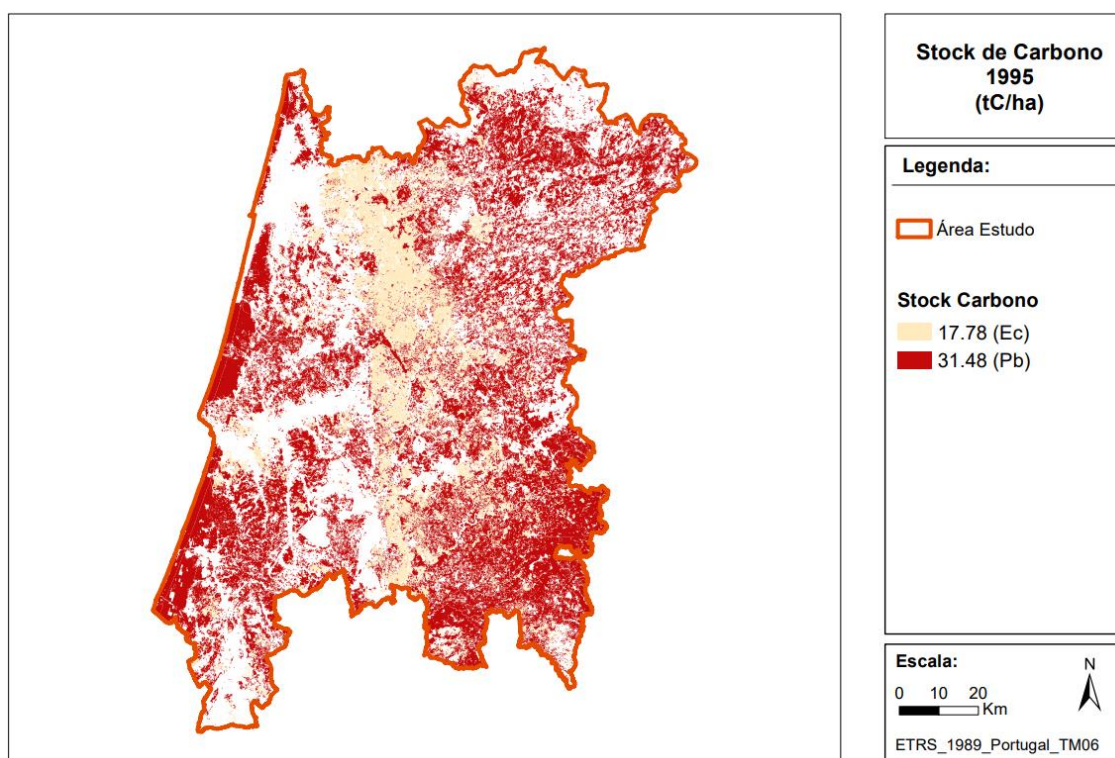


Figura 57: Stock de carbono em 1995 (tC/ha).

Em 2018, o pinheiro-bravo continua a ser a espécie com maior stock de carbono total. Apesar da área ter diminuído, como os volumes médios são maiores, compensam a perda de área e mantêm-se com valores superiores aos do eucalipto também em 2018 (Tabela 38).

Tabela 38: Stock de carbono médio e total em 2018.

Stock Carbono - 2018								
Ocupação florestal	Área (ha)	Fração de carbono	tC/ha			tC TOTAL		
			ABG_Carb	BGB_Carb	SOMA	ABG_Carb	BGB_Carb	SOMA
Eucalipto	309809	0.48	16.07	4.00	20.07	4979417	1239875	6219292
Pinheiro-bravo	393206	0.51	26.91	2.64	29.54	10579785	1036819	11616604
Total								17835896

A par de 1995, os stocks médios de carbono mais elevados encontram-se nas áreas de pinheiro-bravo, ou seja, no litoral e sudeste da área de estudo, no entanto, esses valores médios são inferiores aos de 1995 (Figura 58).

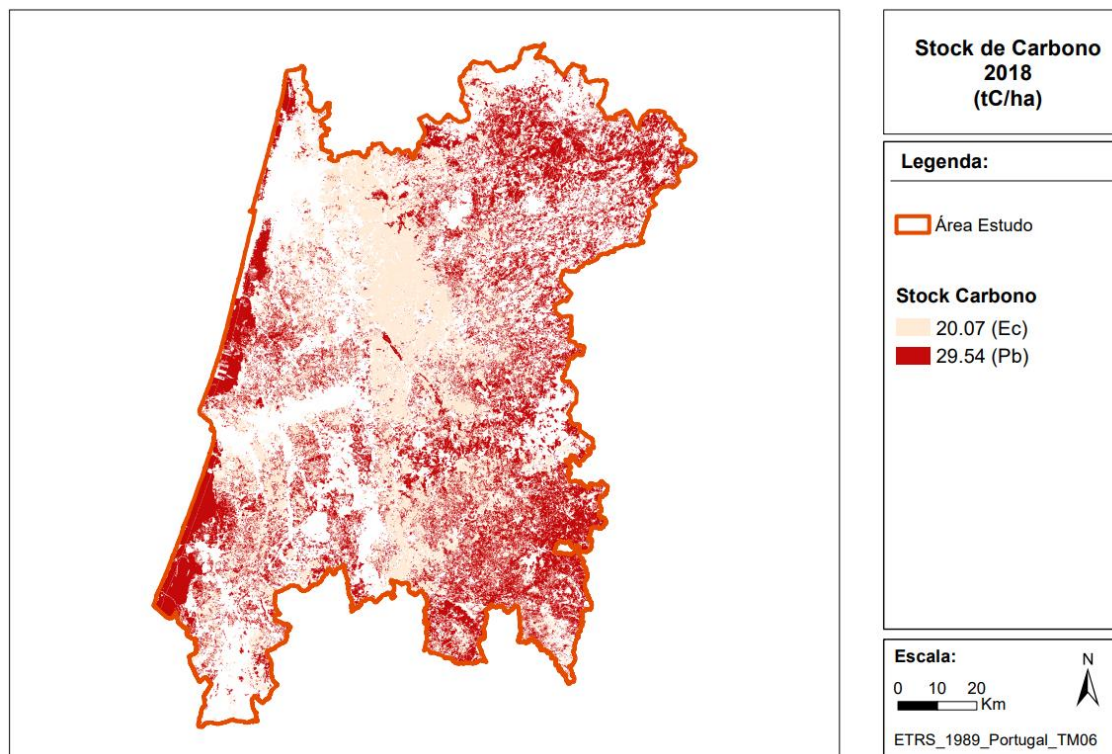


Figura 58: Stock médio de carbono em 2018 (tC/ha).

Tal como aconteceu com o stock de material lenhoso, apenas 3 SRH apresentaram um resultado líquido positivo de stock de carbono entre 1995 e 2018, nomeadamente, SRH Lousã e Açor, SRH Caramulo e SRH Riba Paiva, as únicas SRH onde a área de pinheiro-bravo não diminuiu (Tabela 39).

Tabela 39: Stock de carbono médio e total em 1995 e 2018 e a sua diferença por SRH.

SRH	Stock carbono médio (tC/ha)			Stock carbono Total (tC)		
	1995	2018	Diferença	1995	2018	Diferença
Gândaras Sul	17.0	14.7	-2.4	2780388	2394140	-386248
Vale do Alva	15.9	14.8	-1.1	251998	234311	-17687
Floresta do Meio	20.6	18.1	-2.5	1868010	1645071	-222938
Alto Mondego	15.1	11.9	-3.2	188209	148220	-39989
Calcários de Cantanhede	13.5	12.4	-1.1	454442	417144	-37298
Cova da Beira	26.6	11.1	-15.6	142052	59036	-83017
Caramulo	6.6	7.2	0.7	62090	68377	6287
Entre Vouga e Mondego	15.0	14.6	-0.4	2612604	2540584	-72020
Dunas Litorais e Baixo Mondego	9.9	9.2	-0.7	566533	526727	-39805
Terras Altas e Paiva	9.4	7.9	-1.4	326927	277092	-49834
Floresta da Beira Serra	17.1	16.5	-0.6	1939268	1872298	-66970
Gândaras Norte	15.4	13.4	-1.9	1330649	1163348	-167301
Pampilhosa e Alvéolos	24.7	20.1	-4.5	1964600	1603322	-361279
Lousã e Açor	13.9	14.8	0.9	749208	799576	50368
Porto de Mós e Mendiga	6.2	5.1	-1.1	171465	142099	-29366
Terras do Dão	14.2	11.6	-2.6	678407	556054	-122353
Ria e Foz do Vouga	5.9	4.7	-1.1	249416	201642	-47774
Floresta da Beira Alta	15.1	13.9	-1.3	2653975	2431599	-222376
Sicó e Alvaiázere	8.6	8.3	-0.2	652716	633799	-18917
Riba Paiva	4.6	5.6	1.0	96929	118729	21800
Total	14.9	13.5	-1.4	19739886	17833168	-1906718

É nas SRH Entre Vouga e Mondego, Floresta da Beira Alta e Gândaras Sul que se encontram os maiores stocks de carbono em 2018, uma vez que são as que apresentam maior área florestal (Figura 59).

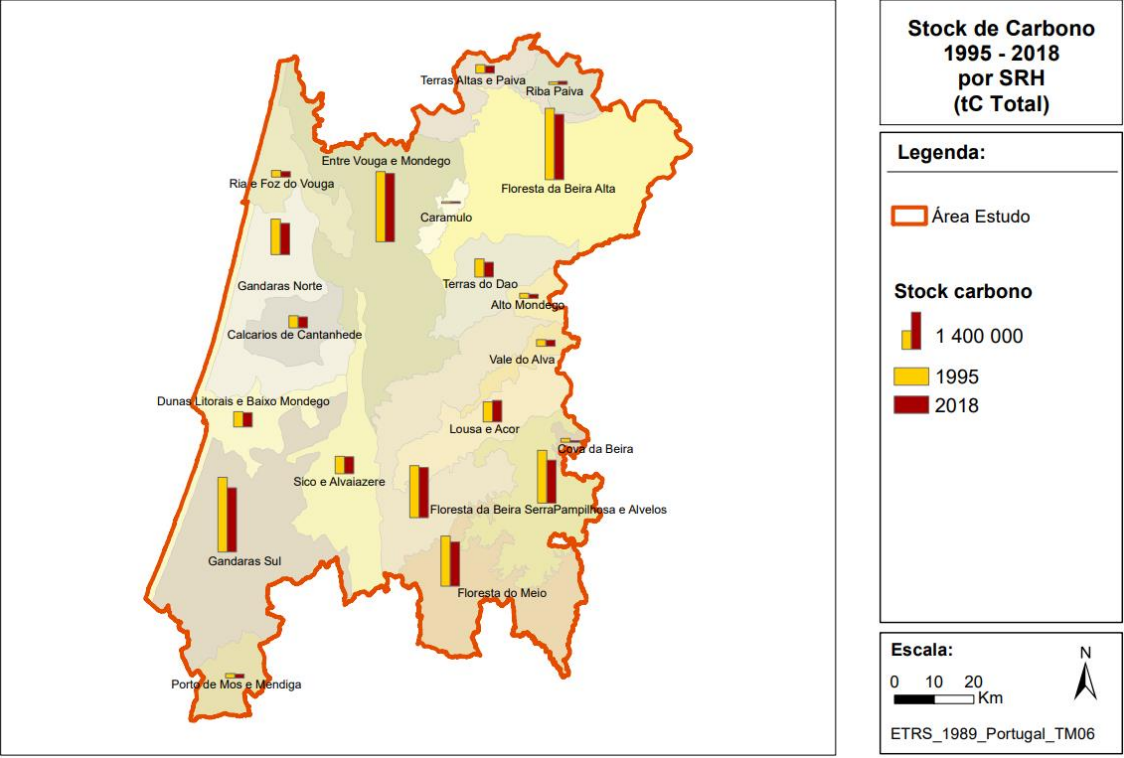


Figura 59: Fluxo de carbono por SRH em 1995 e 2018.

Através da figura 60, verifica-se que praticamente todas as SRH viram o seu stock de carbono reduzido, muito devido à diminuição da área de pinheiro-bravo e do seu stock médio.

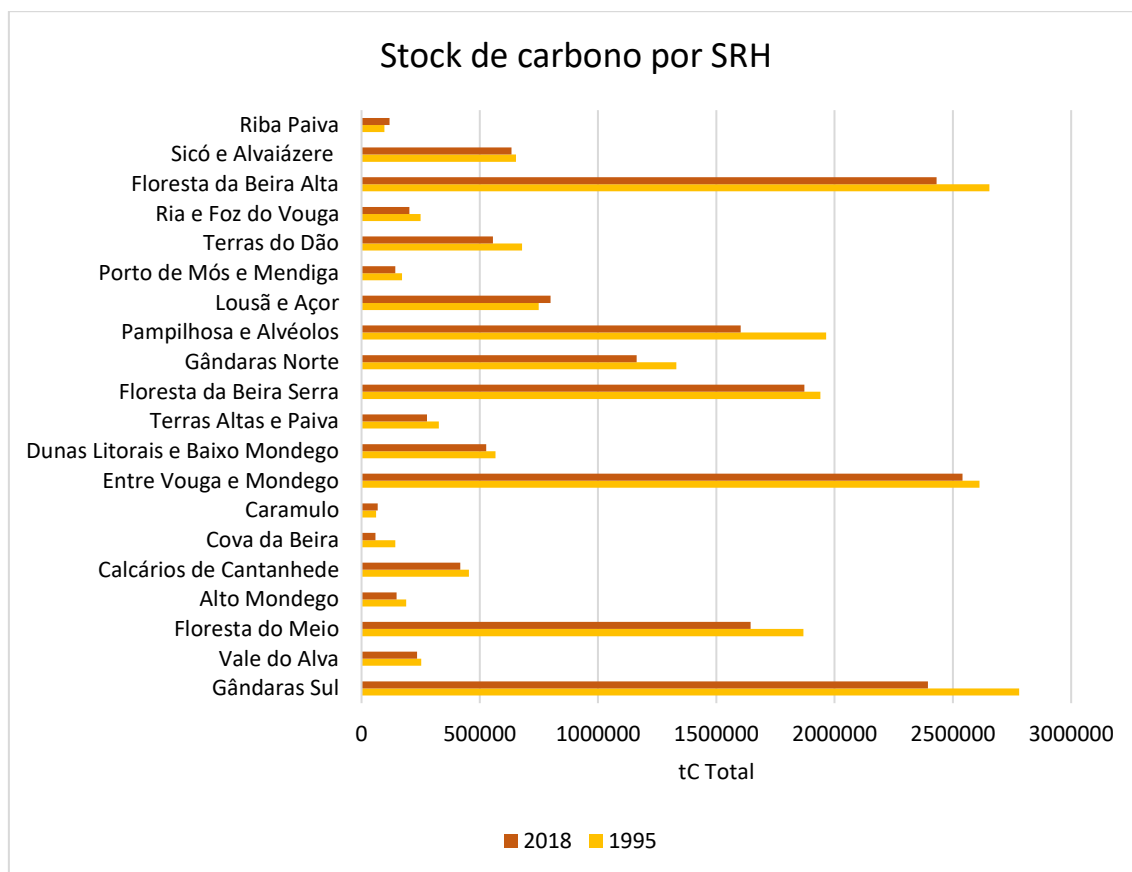


Figura 60: Stock de carbono por SRH em 1995 e 2018.

Para a perda registada de 1 906 718 tC entre 1995 e 2018 de carbono, contribuiu a redução de stock de pinheiro-bravo registada em 4 735 318 tC (Tabela 40).

Tabela 40: Stock de carbono total em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (tC).

Ocupação florestal	1995	2018	Diferença
Eucalipto	3389259	6217858	2828600
Pinheiro-bravo	16350628	11615310	-4735318
Total	19739886	17833168	-1906718

Na figura 61, observa-se esse ganho por parte do eucalipto e a perda por parte do pinheiro-bravo. No entanto, é o pinheiro-bravo que continua a contribuir com maior stock, pois possui mais área e maior volume médio.

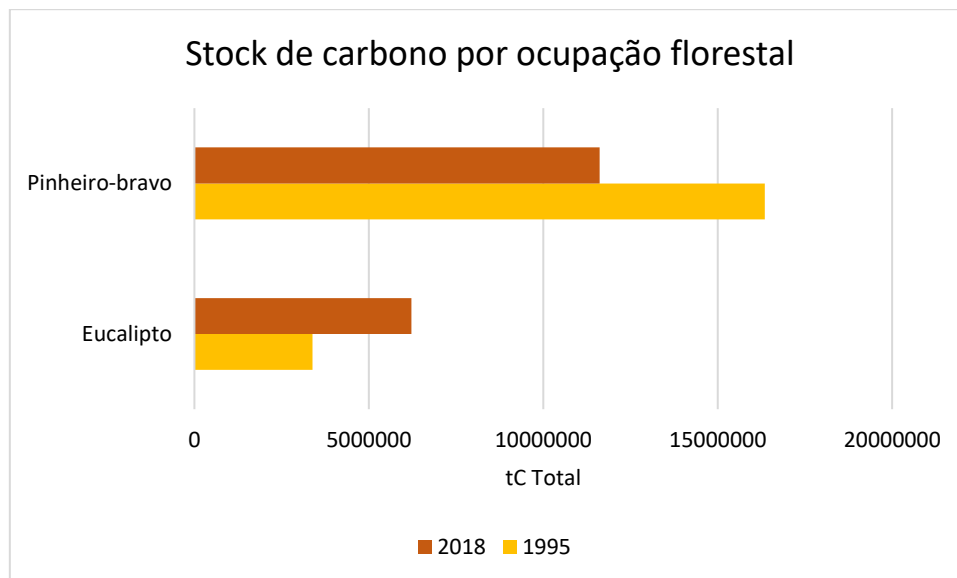


Figura 61: Stock de carbono em 1995 e 2018 e a sua diferença por ocupação florestal (tC Total).

Capítulo V

Conclusões

Conclusões

Este estudo permitiu confirmar a importância das florestas nos ecossistemas e nos serviços por estes prestados. Foi possível identificar as diferenças na ocupação do solo entre 1995 e 2018 e, com isso, perceber depois os diferentes resultados obtidos pelos serviços dos ecossistemas.

Concluiu-se que as áreas sociais, as florestas e os matos aumentaram de 1995 para 2018, sendo que as áreas florestais apresentaram um resultado líquido positivo de 21 mil ha, o que concede um aumento anual de cerca de mil ha. Pelo contrário a agricultura diminuiu em igual período, tendo registado a maior perda, menos 52 mil ha, o que equivale a uma área anual perdida de mais de 2 mil ha.

Quanto às áreas florestais, o eucalipto aumentou e foi a espécie que apresentou maior resultado líquido positivo, de 110 mil ha, correspondendo a um ganho anual de praticamente 5 mil ha. O pinheiro-bravo foi a única espécie a obter uma redução de 1995 para 2018, com um resultado líquido negativo de cerca de 124 mil ha, o que equivale a uma variação anual negativa de cerca de 5 mil ha. Muitas destas perdas foram em grandes manchas contínuas, tal como comprova a cartografia.

A agricultura é a ocupação do solo que maior número de manchas apresenta por unidade de área e, apesar da agricultura ter diminuído de 1995 para 2018, a densidade de manchas aumentou, ou seja, a tendência da fragmentação da agricultura continuou e ainda se intensificou em 2018. As áreas sociais, florestas e matos também aumentaram a sua densidade de manchas, no entanto, este aumento é justificado pela presença destes usos em locais que em 1995 não existiam. Quanto às espécies florestais, em todas elas a densidade de manchas aumentou de 1995 para 2018. À espécie de pinheiro-bravo aconteceu precisamente o mesmo que aconteceu à agricultura, apesar da área ter diminuído de 1995 para 2018, a densidade de manchas aumentou, confirmando-se a sua fragmentação. Já o aumento da densidade de manchas de folhosas e eucalipto deve-se ao surgimento destas espécies em novos locais.

Outra importante conclusão a reter, é o facto da maior mancha de pinheiro-bravo ter passado de 7,3% para 1,7% de 1995 para 2018. Pelo contrário, a maior mancha de eucalipto aumentou de 2,6% em 1995 para 3,5% em 2018.

Através da análise das matrizes da adjacência, percebeu-se que de 1995 para 2018, a interface entre a floresta e os territórios artificializados expandiu, apresentando assim, um valor negativo, uma vez que o perímetro de contacto aumentou entre os dois usos, fazendo com que o risco de incêndio seja mais elevado. Quanto à interface entre a agricultura e a floresta, o valor durante o período em estudo também é negativo, visto que este valor diminuiu, reduzindo assim a compartimentação da floresta, que é fundamental do ponto de vista do ordenamento do território. O perímetro entre o pinheiro-bravo e a outras folhosas é positivo, uma vez que aumentou, proporcionando uma floresta mista, fazendo com que haja uma compartimentação e melhor organização da floresta. O perímetro entre o pinheiro-bravo e o eucalipto também aumentou, o que proporciona, neste caso, uma paisagem mais homogênea e com maior risco de incêndio.

Quanto aos resultados dos serviços produzidos pelos ecossistemas, o fluxo potencial de material lenhoso aumentou de 1995 para 2018 em cerca de 9%. Este serviço diminuiu em apenas 4 das 20 sub-regiões da área de estudo. No que diz respeito às espécies florestais, encontram-se 2 cenários diferentes entre o pinheiro-bravo e o eucalipto. A produção deste serviço pela espécie de pinheiro-bravo teve uma redução acentuada, tendo apresentado um valor de 4 043 915 m³/ano em 1995 e, apenas um valor de 3 085 345 m³/ano em 2018 (perda de 8%). Em relação ao eucalipto, a produtividade quase duplicou de 1995 para 2018, subindo de 2 241 982 m³/ano para 3 647 798 m³/ano.

Quanto ao fluxo potencial de carbono o pinheiro-bravo em 1995, era a espécie que mais carbono tinha sequestrado, com 1 195 662 tC. Em 2018, o pinheiro-bravo é igualmente a espécie com maior sequestro de carbono, no entanto, esse valor viu-se muito reduzido, 912 242 tC (perda de 7%). O eucalipto foi a segunda espécie que mais carbono sequestrou nos em 1995 e 2018, e ao contrário do pinheiro-bravo, aumentou de 846 791 tC em 1995 para 1 377 764 tC. Fazendo o balanço global deste serviço, entre 1995 e 2018, este aumentou, apresentando um incremento de 235 646 tC de carbono sequestradas.

Os stocks de material lenhoso e carbono obtiveram uma quebra de 1995 para 2018. O stock de material lenhoso armazenou menos 8 522 517 m³ do que em 1995. O pinheiro-bravo e o eucalipto foram as espécies que em ambos os anos mais contribuíram para o armazenamento de material lenhoso, no entanto, novamente à semelhança do

que aconteceu com os fluxos, o pinheiro-bravo perdeu neste período 16 016 267 m³ e o eucalipto em igual período teve um saldo positivo e produziu mais 7 493 750 m³. Quanto ao stock de carbono o resultado líquido total também foi negativo, - 1 905 149 tC. O pinheiro-bravo contribuiu muito para esta perda, tendo diminuído o seu stock de carbono em 4 735 521 tC. Pelo contrário, o eucalipto aumentou o seu stock de carbono praticamente para o dobro passando de 3 388 920 para 6 219 292 tC.

Com todas estas conclusões, percebe-se que no período em estudo se verificou uma tendência cada vez mais acentuada para a fragmentação da agricultura e, dentro das espécies florestais, para o pinheiro-bravo e uma tendência para o aumento da espécie de eucalipto e para a substituição do pinheiro-bravo pelo eucalipto. Quanto aos serviços prestados pelos ecossistemas, verifica-se um aumento dos fluxos de 1995 para 2018, e quanto aos stocks, uma diminuição em igual período.

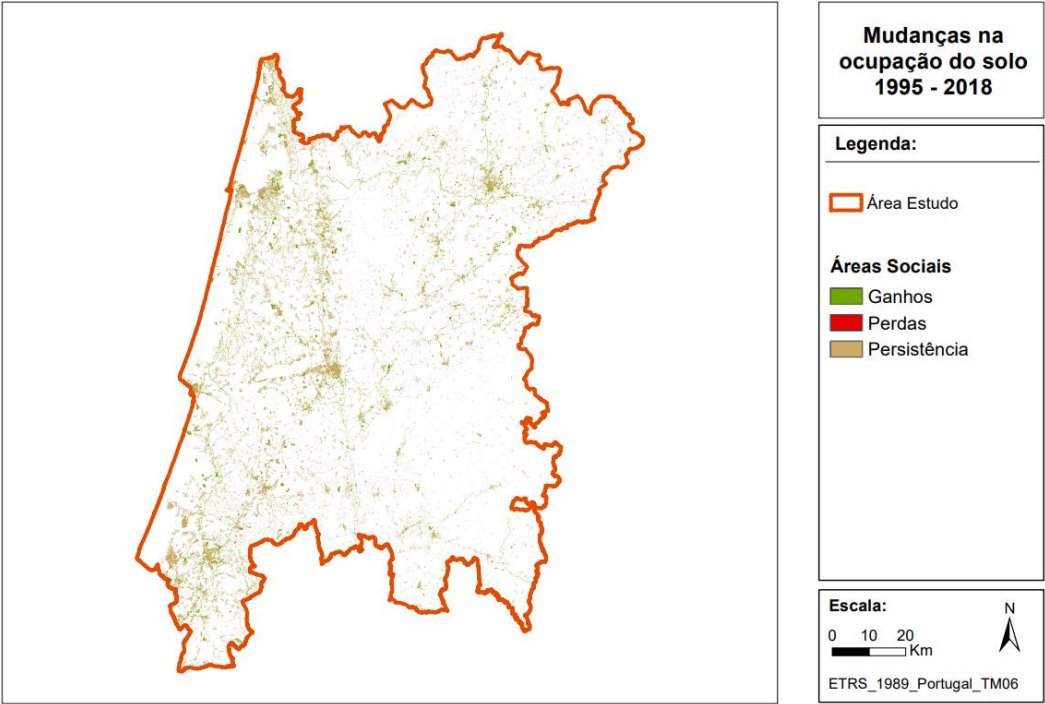
Em suma, as florestas desempenham um papel fundamental na prestação dos serviços dos ecossistemas e, portanto, são elementos fundamentais para o bem-estar humano. O papel das florestas é fundamental não só pelo efeito de captura de carbono, mas também pela regulação de funções importantes, nomeadamente o ciclo da água, os ciclos biogeoquímicos, além da conservação da biodiversidade. As alterações que as áreas florestais sofrem são depois consentidas nos serviços prestados pelos ecossistemas, nomeadamente, no sequestro e também no armazenamento de carbono como comprovado neste trabalho.

Referências bibliográficas

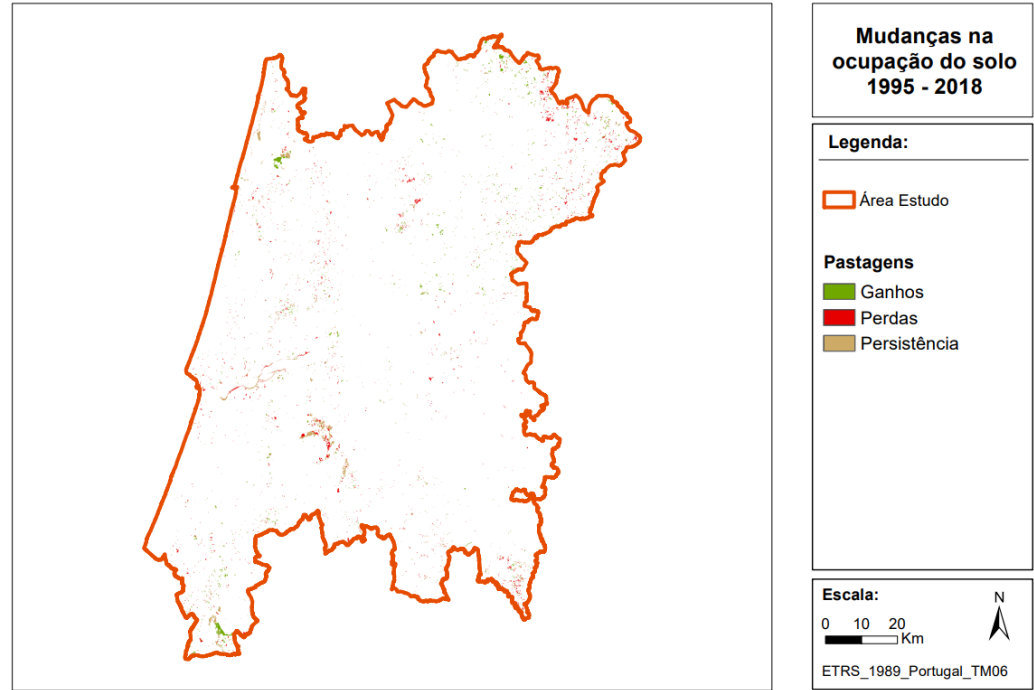
- Alcamo, Joseph., & Bennett, E. M. (2003). *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Island Press.
- Bravo, F. (2007). *El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático*. Fundación Gas Natural.
- Busetto, Lorenzo., San Miguel, Jesús., Caudullo, Giovanni., Barredo, J. I., & European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability. (2012). *A European map of living forest biomass and carbon stock*. Publications Office.
- Castro Rego, F., Bunting, S., Kristina Strand, E., & Godinho-Ferreira, P. (2019). *Applied Landscape Ecology*. 1–282.
- Costa Pereira, T., Amaro, A., Borges, M., Silva, R., Pina, A., & Canaveira, P. (2021). *National Inventory Report - Portugal*. <http://www.apambiente.pt>
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. [https://doi.org/10.1016/s0921-8009\(98\)00020-2](https://doi.org/10.1016/s0921-8009(98)00020-2)
- Daily, G., Lubchenco, J., & Ehrlich, P. (1997). *Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems*.
- Direção Geral do Território. (2018). *Especificações técnicas da Carta de uso e ocupação do solo de Portugal Continental para 1995, 2007, 2010 e 2015. Relatório Técnico*.
- Direção Geral do Território. (2022). *Cartografia de Uso e Ocupação do Solo (COS, CLC e Copernicus)*.
- González Díaz, P., Ruiz Benito, P., Astigarraga Urcelay, J., Cruz Alonso, V., Moreno Fernández, D., Herrero Méndez, A., Gosálbez Ruiz, J., & Zavala Gironés, M. Á. (2020). *LOS BOSQUES ESPAÑOLES COMO SOLUCIONES NATURALES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS Y MODELIZACIÓN*. www.miteco.gob.es
- Hanson, C., Ranganathan, J., Iceland, C., & Finisdore, J. (2010). *AVALIAÇÃO EMPRESARIAL DOS SERVIÇOS DOS ECOSISTEMAS*.
- Hunt, C. (2009). *Carbon Sinks and Climate Change: Forests in the Fight Against Global Warming (Advances in Ecological Economics)*.
- ICNF. (2019). *PROF CENTRO LITORAL | Capítulo B - DOCUMENTO ESTRATÉGICO*.
- Janowiak, M., Connelly, W. J., Dante-Wood, K., Domke, G. M., Giardina, C., Kayler, Z., Marcinkowski, K., Ontl, T., Rodriguez-Franco, C., Swanston, C., Woodall, C. W., & Buford, M. (2017). *Considering Forest and Grassland Carbon in Land Management*. http://www.ascr.usda.gov/complaint_filing_cust.html
- Lorenz, K., & Lal, R. (2010). *Carbon Sequestration in Forest Ecosystem*.
- Lourenço, J. M., Danko, C. C., Fernandes, D., & Ramos, L. (2008). *Alterações dos usos do solo: o caso do Vale do Douro*.

- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*.
- Mooney, H. A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S. R., Chopra, K., Dasgupta, P., Leemans, R., May, R. M., Pingali, P., Hassan, R., Samper, C., Scholes, R., & Watson, R. T. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*.
- Pereira, H. M., Domingos, T., Vicente, L., & Proença, V. (2009). *Ecossistemas e Bem-Estar Humano - Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*.
- Pontius, R. G., Shusas, E., & McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101(2–3), 251–268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Reis de Assis, M. (2012). *Modelagem da biomassa seca e estoque de carbono total em Eucalyptus considerando diferentes estágios iniciais de crescimento*.
- Vashum, K., & Jayakuma, S. (2012). Methods to Estimate Above-Ground Biomass and Carbon Stock in Natural Forests - A Review. *Journal of Ecosystem & Ecography*, 02(04). <https://doi.org/10.4172/2157-7625.1000116>

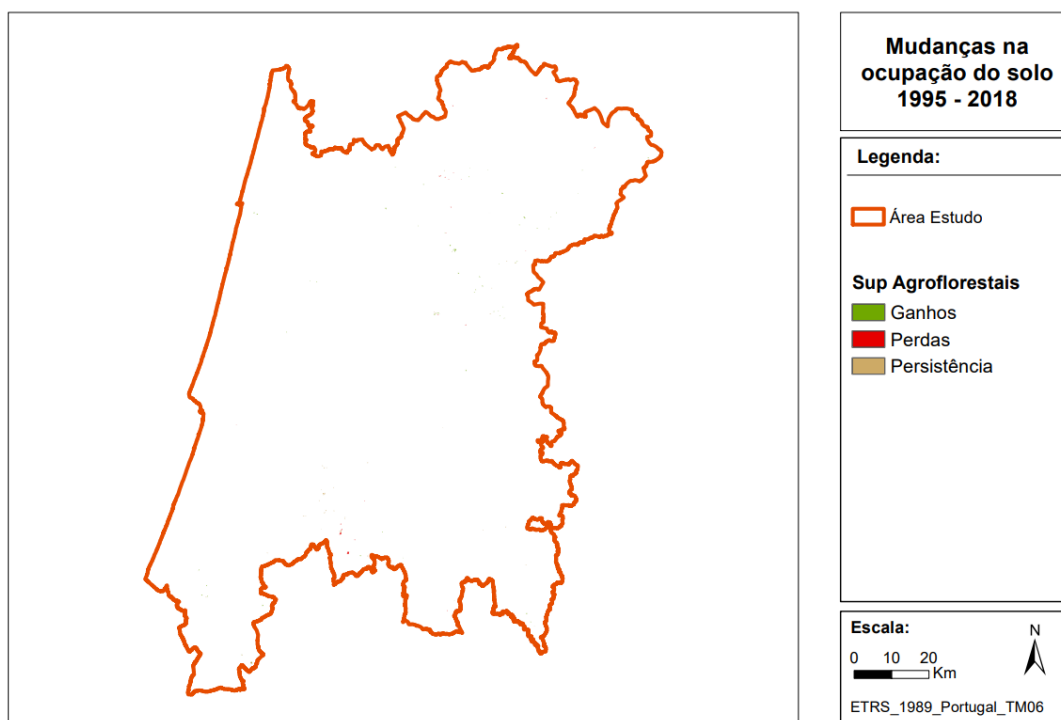
Anexos



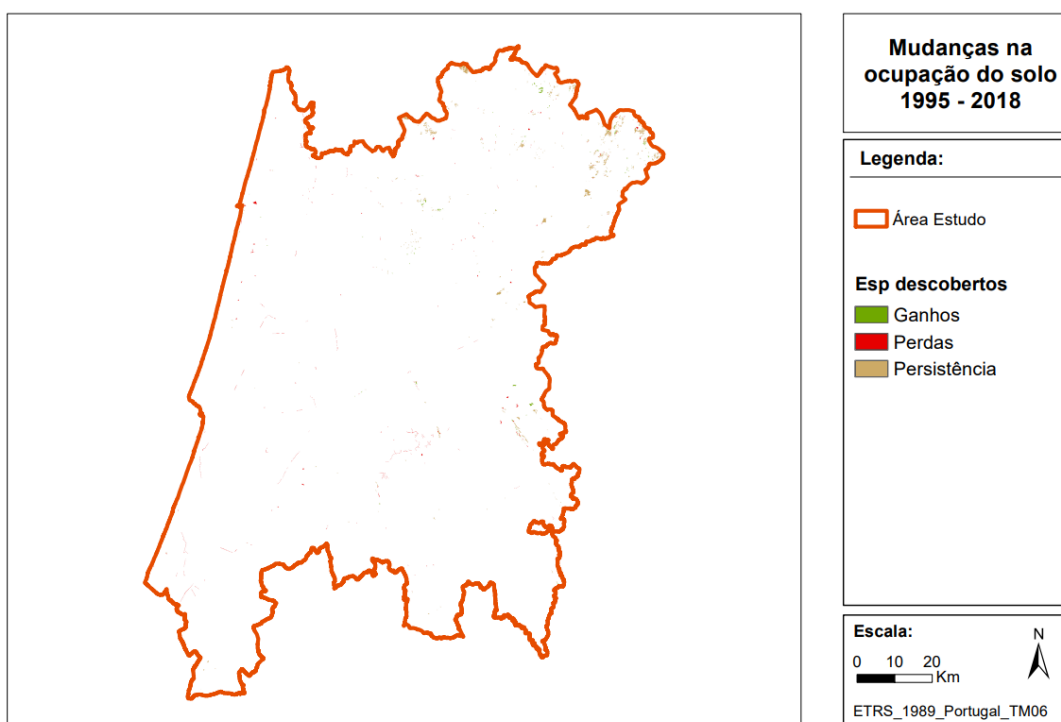
Mudanças na ocupação do solo nas áreas sociais entre 1995 e 2018.



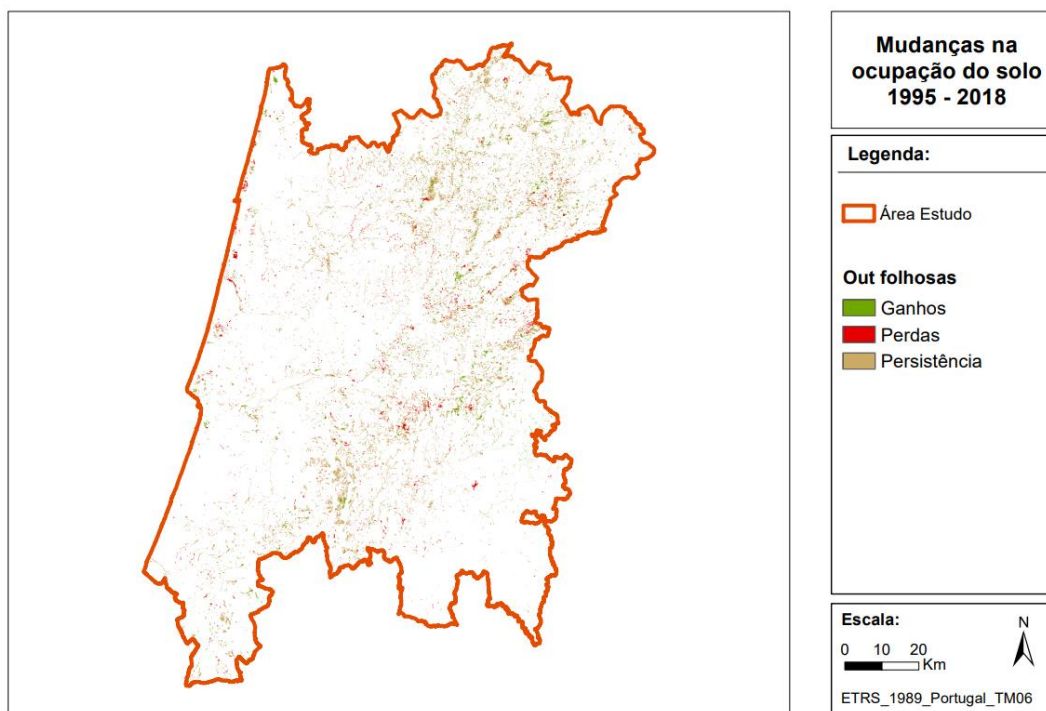
Mudanças na ocupação do solo nas pastagens entre 1995 e 2018.



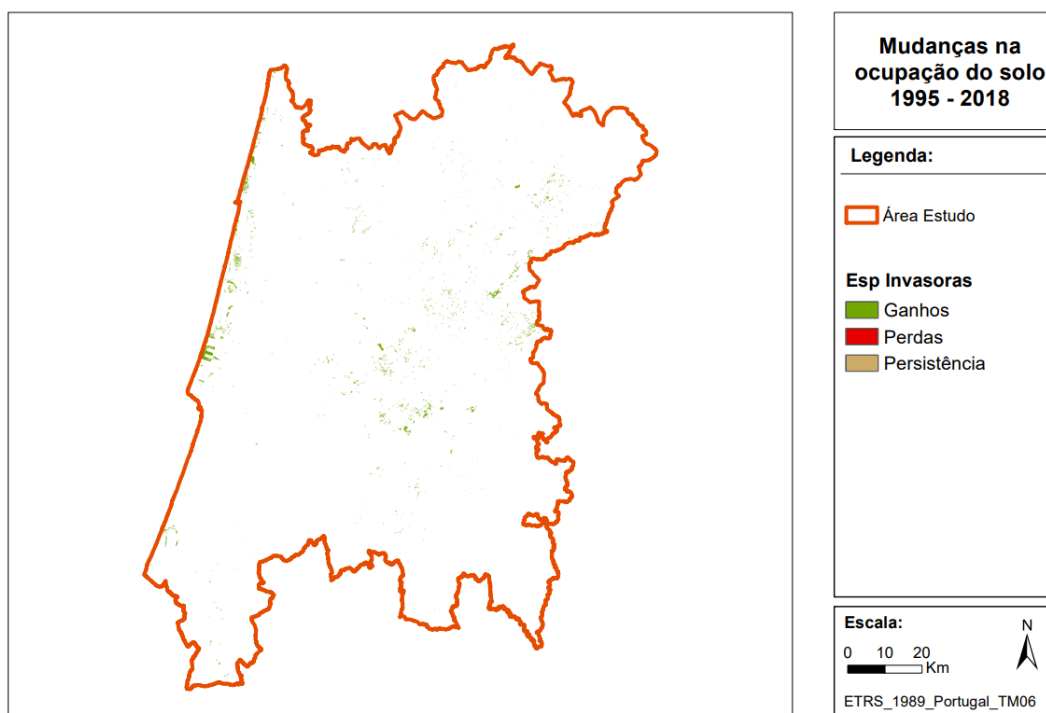
Mudanças na ocupação do solo nas superfícies agroflorestais entre 1995 e 2018.



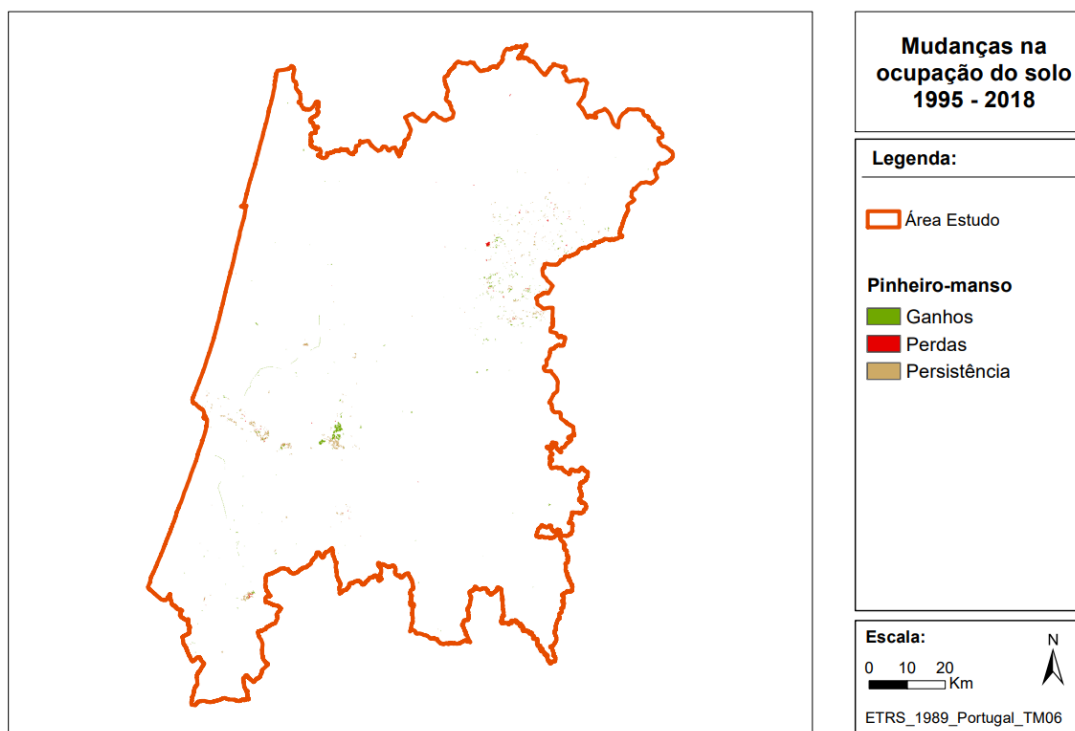
Mudanças na ocupação do solo nos espaços descobertos entre 1995 e 2018.



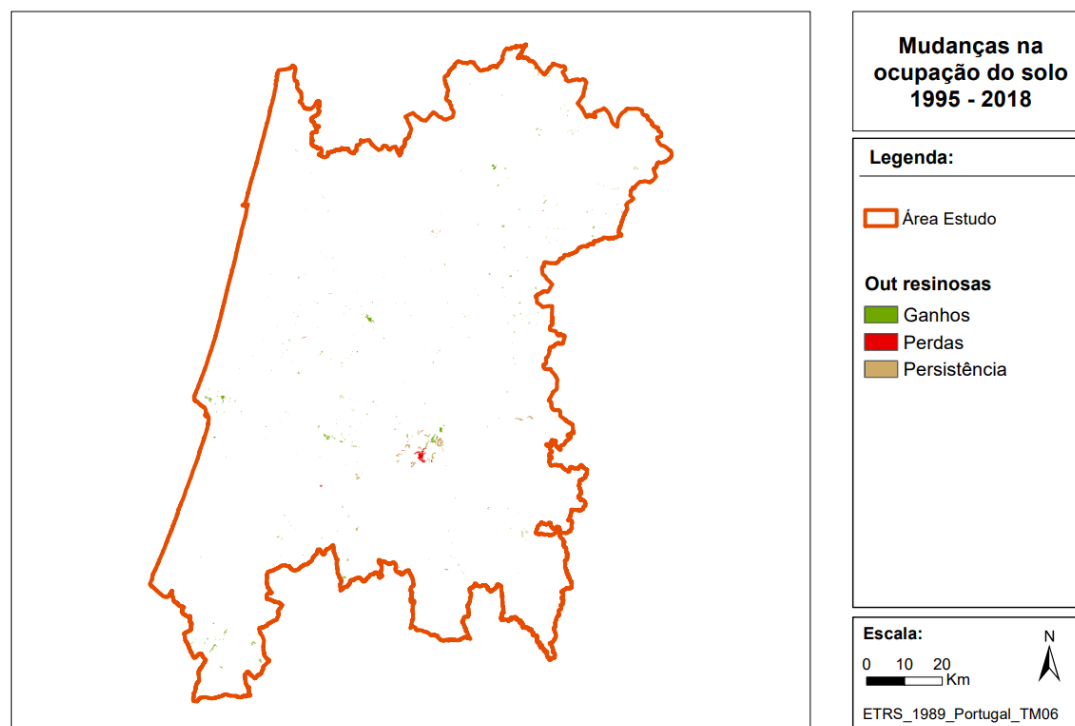
Mudanças na ocupação do solo nas outras folhosas entre 1995 e 2018.



Mudanças na ocupação do solo nas espécies invasoras entre 1995 e 2018.



Mudanças na ocupação do solo no pinheiro-manso entre 1995 e 2018.



Mudanças na ocupação do solo nas outras resinosas entre 1995 e 2018.