



Instituto Politécnico de Viana do Castelo

**Escola Superior
Agrária**

Márcia Alexandra Martins Antunes

**CARTOGRAFIA E ANÁLISE DO POTENCIAL DE
FORNECIMENTO DE SERVIÇOS DE ECOSSISTEMA NO
ALTO MINHO (NW PORTUGAL)**

Dissertação de Mestrado
Engenharia do Território e do Ambiente

Trabalho efetuado sob orientação
Professor Doutor Joaquim Mamede Alonso
Doutora Ângela Lomba

novembro 2024

As doutrinas expressas neste
trabalho são da exclusiva
responsabilidade da autora.

... “a perda de árvores desnudou as colinas
e planícies ao redor de Atenas e causou enorme erosão do solo”
Platão, 350 AC

*“Thus, the task is, not so much to see what no one has seen yet; but to think what
nobody has thought yet, about what everybody sees.”*
Arthur Schopenhauer, 1962

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão a todos aqueles que tornaram possível a realização desta tese.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus orientadores, Professor Doutor Joaquim Mamede Alonso e a Doutora Ângela Lomba pela orientação, paciência e apoio ao longo deste percurso.

Aos meus familiares, um agradecimento especial. Aos meus pais, Paulo Antunes e Rosa Martins, pela confiança incondicional, pela paciência e por estarem sempre ao meu lado, motivando-me a continuar mesmo nos momentos mais difíceis.

Agradeço de coração ao meu namorado, Paulo Reis, pelo amor, compreensão e apoio incondicional. A tua presença constante ao longo deste processo foi uma fonte de força e inspiração, e a tua paciência nos momentos mais tensos deste desafio fez toda a diferença.

Aos meus colegas e amigos, que me acompanharam ao longo desta jornada, o meu sincero agradecimento pelo apoio emocional, pelas discussões construtivas e pelo companheirismo. Cada um de vocês contribuiu de forma significativa para o meu crescimento pessoal e académico.

Aos meus colegas de trabalho, agradeço pela colaboração e pelo ambiente de respeito e apoio que sempre me proporcionaram. A vossa ajuda, quer em questões profissionais, quer no incentivo moral, foi crucial para o sucesso desta etapa.

Por fim, expresso a minha gratidão a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta tese. O vosso apoio, mesmo nas pequenas ações, foi essencial para que eu conseguisse alcançar este marco na minha vida.

RESUMO

Os Serviços de Ecossistema (SE) representam os benefícios que os ecossistemas ou natureza fornecem à sociedade. Esta investigação foca-se na cartografia dos SE para o território do Alto Minho, uma região localizada no noroeste de Portugal, caracterizada pela diversidade de paisagens e usos do solo. A identificação e a cartografia desses serviços visam apoiar o planeamento e gestão territorial ao fundamentar a tomada de decisão técnica e política e orientar a investigação futura

A metodologia adotada baseou-se na elaboração de uma matriz elaborada para permitir a avaliação cruzada entre as classes de ocupação e uso de solo e os serviços de ecossistemas. Este método envolve a atribuição de valores, de 0 a 5, à capacidade de cada tipologia de ocupação do solo para fornecer SE reconhecendo o acesso a dados científicos e técnicos traduzidos na perceção de especialistas. A aplicação desta metodologia no Alto Minho utilizou as classes de ocupação do solo da COS para avaliar o fornecimento de serviços de aprovisionamento, regulação/manutenção e culturais seguido pela CICES.

Os resultados obtidos traduzem-se em mapas que permitem localizar espacialmente os diferentes níveis de capacidade dos usos do solo em fornecer os SE avaliados. Estes mapas representam uma ferramenta prática para a gestão sustentável do território, permitindo a identificação de áreas prioritárias para conservação ou otimização do uso dos recursos naturais.

Palavras-chave: Avaliação dos Ecossistemas, Carta de Ocupação do Solo, CICES, Análise Espacial

ABSTRACT

Ecosystem Services (ES) represent the benefits that ecosystems or nature provide to society. This research focuses on mapping ES for the Alto Minho region, located in the northwest of Portugal, characterized by diverse landscapes and land uses. The identification and mapping of these services aim to support territorial planning and management by underpinning technical and political decision-making and guiding future research.

The methodology adopted was based on the development of a matrix that allows for cross-evaluation between land use classes and ecosystem services. This method involves assigning values from 0 to 5 to the capacity of each land use type to provide ES, recognizing the access to scientific and technical data translated into the perception of experts. The application of this methodology in Alto Minho used the land use classes from COS to assess the provision of provisioning, regulating/maintenance, and cultural services, followed by CICES.

The results obtained are represented in maps that spatially locate the different capacity levels of land uses in providing the evaluated ES. These maps serve as a practical tool for sustainable land management, enabling the identification of priority areas for conservation or optimization of natural resource use.

Palavras-chave: Ecosystem Assessment, Land Use and Land Cover Map, CICES, Spatial Analysis

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE QUADROS	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ENQUADRAMENTO E AS ABORDAGENS/MÉTODOS DE CARTOGRAFIA DE SERVIÇOS DE ECOSISTEMA	3
2.1. A relevância e a necessidade de avaliar e gerir os serviços de ecossistema.....	3
2.2. Os princípios e as abordagens de avaliação dos serviços de ecossistema	8
2.3. As metodologias e modelos de cartografia de serviços de ecossistema	11
2.4. A avaliação da distribuição e evolução do potencial de aprovisionamento de serviços dos ecossistemas	13
2.5. A inovação territorial suportada em serviços de ecossistema	13
3. METODOLOGIA.....	17
3.1. Âmbito, objeto e objetivos	17
3.2 A área de estudo.	18
3.3. A cartografia de serviços	23
3.3.1. As bases de dados	23
3.3.2. Serviços de Ecossistemas Matriz.....	24
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	27
4.1. A Ocupação e Uso do Solo no Alto Minho	27
4.2. Distribuição dos Serviços de Ecossistema	28
4.2.1 Serviços de Aprovisionamento	28
4.2.1.1. Alimento proveniente de culturas agrícolas	28
4.2.1.2. Produção de forragens	29
4.2.1.3. Alimento de origem animal para nutrição humana	31
4.2.1.4. Alimento obtido através de espécies silvestres (origem animal e vegetal)	32
4.2.1.5. Produção de madeira e produtos relacionados	33
4.2.2 Serviços de Regulação e Manutenção	35
4.2.2.1. Regulação da qualidade do ar	35
4.2.2.2. Proteção contra a erosão do solo	36
4.2.2.3. Regulação do ciclo da água	38
4.2.2.4. Proteção contra incêndios	40

4.2.2.5. Proteção de habitat para espécies (incluindo polinização)	42
4.2.2.6. Controlo de pragas e doenças	43
4.2.2.7. Regulação do clima	44
4.2.3 Serviços Culturais.....	46
4.2.3.1. Recreio, lazer e turismo	46
4.2.3.2. Educação e conhecimento científico	47
4.2.3.3. Valor estético	48
4.2.3.4. Valores espirituais, religiosos, herança cultural ou simbólicos.....	50
4.3. Discussão geral dos resultados	51
4.3.1. Serviços de Aprovisionamento	53
4.3.2. Serviços de Regulação e Manutenção	55
4.3.3. Serviços Culturais.....	56
4.3.4. Limitações e pressupostos	58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS.....	i
Anexo I – Serviços de Ecossistemas selecionados para o exercício e mapeamento no Alto Minho	i
Anexo II – Matriz intermédia para a classificação do fornecimento de SE para o Alto Minho	iii
Anexo III – Matriz final para a classificação do fornecimento de SE o Alto Minho	vi

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AC	Alterações Climáticas
AE	Avaliação dos Ecossistemas
AEA	Agência Europeia do Ambiente
AM	Alto Minho
CICES	<i>Common International Classification of Ecosystem Services</i>
CLC	<i>Corine Land Cover</i>
COS	Carta de Uso e Ocupação do Solo
DGT	Direção-Geral do Território
EU	União Europeia
EUNIS	<i>European Nature Information System</i>
MEA	<i>Millennium Ecosystem Assessment</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PIB	Produto Interno Bruto
SE	Serviços dos Ecossistemas
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
TEEB	<i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity</i>
VET	Valor Económico Total

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Modelo Cascata dos SE (Adaptado: Haines-Young e Potschin, 2011).	7
Figura 3.1. Enquadramento territorial da sub-região do Alto Minho.....	18
Figura 3.2. Enquadramento geral da sub-região do Alto Minho.....	20
Figura 3.3. Carta de Ocupação e Uso do Solo do Alto Minho (2018)	22
Figura 3.4. Esquema metodológico da cartografia matricial (Adaptado: Jacobs <i>et al.</i> , 2015).....	25
Figura 4.1. Carta de Ocupação e Uso do Solo de 2018 para o território do Alto Minho (Fonte: DGT, 2019).	28
Figura 4.2. Distribuição do SE – Alimento proveniente de culturas agrícolas (2018)...	29
Figura 4.3. Distribuição do SE – Produção de Forragens (2018).....	30
Figura 4.4. Distribuição do SE – Alimento de origem animal para nutrição humana (2018).	32
Figura 4.5. Distribuição do SE – Alimento obtido através de espécies silvestres (origem animal e vegetal) (2018).	33
Figura 4.6. Distribuição do SE – Produção de Madeira e Produtos Relacionados (2018).	35
Figura 4.7. Distribuição do SE – Regulação da qualidade do ar (2018).	36
Figura 4.8. Distribuição do SE – Proteção contra a erosão do solo (2018).....	38
Figura 4.9. Distribuição do SE – Regulação do Ciclo da água (2018).....	40
Figura 4.10. Distribuição do SE – Proteção contra incêndios (2018).	41
Figura 4.11. Distribuição do SE – Proteção de habitat para espécies (incluindo polinização) (2018).....	43
Figura 4.12. Distribuição do SE – Controlo de pragas e doenças (2018).....	44
Figura 4.13. Distribuição do SE – Regulação do clima (2018).....	45
Figura 4.14. Distribuição do SE – Recreio, lazer e turismo (2018)	47
Figura 4.15. Distribuição do SE – Educação e conhecimento científico (2018).....	48
Figura 4.16. Distribuição do SE – Valor estético (2018).	49
Figura 4.17. Distribuição do SE – Valores espirituais, religiosos, herança cultural ou simbólicos (2018).	51
Figura 4.18. Distribuição dos SE no Alto Minho (2018).	53
Figura 4.19. Distribuição dos SE de Aprovisionamento no Alto Minho (2018).....	54
Figura 4.20. Distribuição dos SE de Regulação e Manutenção no Alto Minho (2018). ..	56
Figura 4.21. Distribuição dos SE Culturais no Alto Minho (2018).....	58

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 Classificação dos SE segundo MEA (MEA, 2005), TEEB (De Groot et al., 2010) e CICES (Haines-Young & Potschin 2013).....	4
Quadro 3.1 Classes de ocupação e uso do solo da COS 2018 para o território do Alto Minho	22
Quadro 3.2. Caracterização geral dos especialistas consultados.....	25
Quadro 4.1. Área total da capacidade de fornecimento do SE - Alimento proveniente de culturas agrícolas por classe nível 1 da COS 2018.....	29
Quadro 4.2. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Produção de Forragens, por classe nível 1 da COS 2018.....	30
Quadro 4.3. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Alimento de origem animal para nutrição humana, por classe nível 1 da COS 2018	31
Quadro 4.4. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Alimento obtido através de espécies silvestres (origem animal e vegetal), por classe nível 1 da COS 2018.....	33
Quadro 4.5. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Produção de Madeira e Produtos Relacionados, por classe nível 1 da COS 2018.....	34
Quadro 4.6. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Regulação da qualidade do ar, por classe nível 1 da COS 2018.....	36
Quadro 4.7. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Proteção contra a erosão do solo, por classe nível 1 da COS 2018	37
Quadro 4.8. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Regulação do Ciclo da água, por classe nível 1 da COS 2018	39
Quadro 4.9. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Proteção contra incêndios, por classe nível 1 da COS 2018.....	41
Quadro 4.10. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Proteção de habitat para espécies (incluindo polinização), por classe nível 1 da COS 2018	42
Quadro 4.11. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Controlo de pragas e doenças, por classe nível 1 da COS 2018.....	44
Quadro 4.12. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Regulação do clima, por classe nível 1 da COS 2018.....	45
Quadro 4.13. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Recreio, lazer e turismo, por classe nível 1 da COS 2018.....	46
Quadro 4.14. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Educação e conhecimento científico, por classe nível 1 da COS 2018.....	48
Quadro 4.15. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Valor estético, por classe nível 1 da COS 2018.....	49
Quadro 4.16. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Valores espirituais, religiosos, herança cultural ou simbólicos, por classe nível 1 da COS 2018	50

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas fornecem diversos recursos e bens/serviços à sociedade, os quais desempenham um papel importante no bem-estar da população e prosperidade económica (Costanza et al., 1997; TEEB, 2010). Os serviços de ecossistema traduzem os benefícios que a humanidade usufrui através de recursos retirados da natureza/biodiversidade, que podem incluir materiais e/ou bens/serviços (Costanza et al., 1997). Assim, disponibilizar informação sobre os Serviços de Ecossistema (SE) é crucial para orientar e fundamentar a tomada de decisão que vise a preservação destes serviços e, consequentemente, os benefícios para a sociedade (Jacob et al., 2016) ao nível da qualidade da vida e do ambiente, implícita à conservação da biodiversidade, a manutenção da qualidade da água e do solo, a promoção da saúde dos ecossistemas e a sustentabilidade económica de setores dependentes da natureza.

A população é totalmente dependente dos SE, incluindo alimentos, purificação da água, gestão de pragas e doenças, satisfação espiritual, entre outros. Nas últimas cinco décadas, o Homem alterou mais os ecossistemas, abrupta e extensivamente, do que em qualquer intervalo de tempo equivalente a toda a história da humanidade (Walter et al., 2005). Assim, a cartografia dos ecossistemas e dos bens/serviços associados é importante para apoiar a tomada de decisão fundamentada e sustentável, quer a nível global, nacional, regional e local (Esmail et al., 2023). Neste sentido, a cartografia dos SE do Alto Minho poderá contribuir para a gestão inteligente do território. Neste contexto, o estudo apresenta os principais objetivos:

- i. revisão bibliográfica sobre o enquadramento, evolução, relevância e abordagens de mapeamento e/ou avaliação de serviços de ecossistema;
- ii. implementação metodológica do método de Matriz para mapeamento e avaliação de potencial de serviços de ecossistema no Alto Minho (NW Portugal) com base na perceção de um painel de especialistas;
- iii. mapeamento do potencial de serviços de ecossistema considerando a situação presente e o passado da ocupação do solo no Alto Minho.

Ao longo do estudo, tentou-se responder e abordar uma questão de investigação: (i) qual o potencial de fornecimento de SE existe no Alto Minho? Assim, a cartografia dos SE

para o território do Alto Minho apoia-se numa análise tendo por base uma Matriz de correlação entre as tipologias de ocupação do solo e os diferentes tipos de SE, segundo a metodologia de Burkhard (Burkhard et al., 2009). Esta metodologia explora o potencial da paisagem em fornecer SE, utilizando a classificação internacional do CICES (*The Common International Classification of Ecosystem Services*) (Almeida et al., 2021) a partir das Cartas de Ocupação do Solo (COS) do passado e presente e os cenários para elaboração da COS de 2050.

O documento estrutura-se em vários capítulos e fases sequenciais: i) revisão bibliográfica com consulta de diferentes fontes de informação, clarificando conceitos e tipologias de classificação de SE, bem como a identificação de metodologias de mapeamento destes serviços; ii) desenvolvimento e apresentação metodológica, com base na revisão bibliográfica; iii) apresentação e discussão dos resultados obtidos, comparando os diferentes cenários analisados; e, iv) considerações finais.

Este estudo visa contribuir para o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão para uma gestão inteligente do território da sub-região do Alto Minho, no contexto da preservação dos SE, que se encontram ameaçados pelas atividades antrópicas.

2. ENQUADRAMENTO E AS ABORDAGENS/MÉTODOS DE CARTOGRAFIA DE SERVIÇOS DE ECOSISTEMA

2.1. A relevância e a necessidade de avaliar e gerir os serviços de ecossistema

Embora a noção de ecossistema seja antiga, tornou-se uma unidade de estudo há menos de um século, quando Arthur Tansley apresentou uma conceção científica inicial em 1935¹ e Raymond Lindeman realizou o primeiro estudo quantitativo aos ecossistemas no início dos anos 40². O conceito de ecossistema fornece uma estrutura para analisar e agir sobre os vínculos entre as pessoas e o ambiente (MEA, 2005). O início da perceção de que os ecossistemas poderiam fornecer serviços à humanidade e de que haveria interligações entre variáveis bióticas e abióticas, surge quando Platão relaciona a desflorestação e a erosão do solo, ainda antes de Cristo (Daily, 1997).

Posteriormente, já no século I, Plínio o Velho, relaciona a desflorestação com as cheias (Andréassian, 2004). Na segunda metade do séc. XX a ciência económica começou a estudar os problemas ambientais e durante a década de 70, surge o termo “serviços ambientais”. Em 1989, Ehrlich & Ehrlich usaram o termo “serviços dos ecossistemas”. Os serviços dos ecossistemas traduzem os benefícios que a humanidade se permite usufruir através de recursos retirados da natureza/biodiversidade, que podem incluir materiais e/ou bens/serviços (Costanza et al., 1997).

A classificação dos SE é uma tarefa desafiadora, tanto do ponto de vista conceptual, quanto metodológico (Haines-Young & Potschin 2013). Contudo, a classificação dos SE tem vindo a evoluir, existindo literatura com diversas propostas de sistemas de classificação. À data, são sobretudo aplicados sistemas baseados nas abordagens do *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) e *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES) (Quadro 2.1).

A MEA, iniciada em 2001, foi uma das primeiras grandes tentativas de categorizar os serviços dos ecossistemas. Esta classificação divide os serviços em quatro grandes categorias: serviços de aprovisionamento, serviços de regulação, serviços culturais e

¹ A. G. Tansley, “The Use and Abuse of Vegetational Terms and Concepts”, em *Ecology*, 16, 1935.

² R. E. Lindeman, “The Trophic Dynamic Aspect of Ecology”, em *Ecology*, 23, 1942

Quadro 2.1 Classificação dos SE segundo MEA (MEA, 2005), TEEB (De Groot et al., 2010) e CICES (Haines-Young & Potschin 2013)

MEA	TEEB	CICES
Serviços de aprovisionamento Bens e serviços provenientes dos ecossistemas, cuja disponibilidade está significativamente condicionada pelos serviços de suporte e regulação, referem-se a produtos obtidos da natureza que dependem essencialmente da manutenção e do equilíbrio dos ecossistemas.		
Água potável; Madeira e fibras; Alimentos; Lenha e madeira; Recursos genéticos; Produtos bioquímicos e farmacêuticos; Recursos ornamentais.	Alimentos; Água; Matérias-primas (lenha, fibras, madeira, forragens, fertilizantes); Recursos genéticos; Recursos medicinais (bioquímicos, farmacêuticos); Recursos ornamentais.	Nutrição (culturas agrícolas, criação de animais e seus subprodutos, plantas silvestres...); Materiais (fibras e outras matérias provenientes de plantas, algas ou animais, material genético e entre outros); Energéticos (recursos energéticos provenientes de biomassa de origem animal ou vegetal, energia mecânica de origem animal).
Serviços de regulação Os serviços ecológicos oferecidos pelos ecossistemas encontram-se estreitamente interligados entre si e com as demais categorias de serviços, formando uma interconexão significativa.		Serviços de regulação e manutenção
Regulação da qualidade do ar; Regulação climática; Regulação dos fluxos de água; Polinização; Regulação de pragas e doenças; Regulação da erosão.	Purificação do ar; Sequestro de carbono; estabilidade climática; Moderação e prevenção de eventos extremos; Regulação dos fluxos da água; Tratamento e purificação da água; Prevenção da erosão; Fertilidade dos solos; Polinização; Controlo biológico.	Mediação de resíduos, produtos tóxicos e outros poluentes (biorremediação/filtração/acumulação por micro-organismos, algas, plantas e animais, filtração/sequestro/acumulação pelos ecossistemas, mediação dos impactos visuais, acústicos e olfativos) Mediação de fluxos (estabilização e controlo das taxas de erosão, manutenção dos fluxos de água e ciclo hidrológico, proteção contra tempestades)
Serviços de suporte Serviços essenciais para a produção de outros bens ou serviços, e cujos benefícios para o bem-estar humano são indiretos e percebidos a longo prazo.	Serviços de habitat	Manutenção das condições físicas, químicas e biológicas (polinização e dispersão de sementes, manutenção dos habitats e das populações de reprodução, controlo de pragas e doenças, composição e formação do solo, condições químicas das massas de água doce e salgada, regulação das alterações climáticas e do efeito de estufa, regulação do clima a nível regional e local)
Ciclo dos nutrientes; Produção primária; Fotossíntese; Formação do solo.	Manutenção dos ciclos de vida; Manutenção da biodiversidade genética.	
Serviços culturais Benefícios não tangíveis provenientes dos ecossistemas, que contribuem para o bem-estar espiritual e emocional.		
Valores estéticos, espirituais e religiosos; Recreação e ecoturismo; Diversidade cultural; Educação e sistemas de conhecimento.	Informação estética; Recreação e turismo; Inspiração para cultura, arte e design; Experiências espirituais; Informação para o desenvolvimento cognitivo.	Interações físicas e intelectuais com o biota, os ecossistemas e as paisagens (p. ex. experiências do uso de plantas, animais e paisagens, interações científicas, educacionais, estéticas ou de entretenimento); Interações espirituais, simbólicas e outras com o biota, os ecossistemas e as paisagens.

Adaptado de Rodrigues, 2015

serviços de suporte. Os serviços de aprovisionamento referem-se aos produtos obtidos dos ecossistemas, como alimentos, água e materiais. Os serviços de regulação abrangem os benefícios obtidos da regulação dos processos dos ecossistemas, como a regulação do clima e o controle de pragas e doenças. Os serviços culturais incluem os benefícios não materiais, como recreação e valor espiritual, enquanto os serviços de suporte são necessários para a produção de todos os outros serviços, como o ciclo de nutrientes e a formação do solo (MEA, 2005).

A TEEB, lançada em 2007, adota uma abordagem económica para valorar os serviços dos ecossistemas. Esta categorização é similar à da MEA, mas com um foco maior na valoração económica e na integração nas políticas públicas e decisões empresariais. As categorias principais incluem benefícios diretos, como alimentos e matérias-primas, benefícios indiretos, como a regulação da qualidade do ar e da água, e valores de opção e de não uso, que abrangem a biodiversidade para uso futuro e valores culturais (TEEB, 2010).

A ideia de uma classificação internacional comum para os SE foi reconhecida pela necessidade de desenvolver métodos de contabilidade para os ecossistemas e efetuar comparações entre estes. Para tal, foi desenvolvida a CICES a partir do trabalho sobre contabilidade ambiental realizado pela Agência Europeia do Ambiente (AEA) (CICES, 2023). Desde o seu lançamento, tem sido utilizada em investigação direcionada para identificar e comunicar serviços específicos, e, assim, estruturar estudos de mapeamento, avaliação e valorar dos SE (Czúcz et al., 2018).

A abordagem CICES adota a ideia de bens e serviços finais de ecossistema conforme proposto por Boyd & Banzhaf (2007). Nessa perspetiva, os serviços são prestados pela biota ou por uma combinação de processos bióticos e abióticos, representando os produtos finais dos sistemas ecológicos, ou seja, os recursos diretamente utilizados ou consumidos pelas pessoas (Maes et al., 2013). Essa abordagem propõe uma classificação com base em três categorias: serviços de aprovisionamento, serviços de regulação e manutenção, e serviços culturais (Haines-Young & Potschin 2013).

Os serviços de suporte foram excluídos desta classificação, pois fazem parte integrante dos processos e funções que caracterizam os ecossistemas, sendo indiretamente utilizados ou consumidos pelas pessoas e podendo contribuir para a produção de serviços finais (Maes et al. 2013). Contudo, segundo Everard (2017), a CICES tem sido alvo de críticas

pela forte base nas ciências naturais, o que resulta numa inclusão limitada de diversos aspetos sociais. Além disso, a utilização excessiva de terminologia técnica torna sua compreensão desafiadora para não especialistas. No entanto, apesar dessas críticas, a classificação CICES e sua estrutura hierárquica têm demonstrado eficácia em várias instâncias, como evidenciado por estudos de caso (Everard, 2017; Burkhard et Maes, 2017).

No contexto da cartografia e avaliação dos SE, importa distinguir a capacidade de um ecossistema para gerar serviços e sua efetiva utilização ou percepção, proporcionando uma compreensão essencial para a gestão sustentável desses SE (Dobbs et al., 2018). Assim, foi desenvolvido um modelo cascata do CICES (Figura 2.1.) que surge como uma estrutura conceitual para classificar e organizar os SE, estabelecendo uma sequência lógica de categorias. Este modelo foi desenvolvido com o propósito de mapear e compreender as contribuições dos ecossistemas para o bem-estar humano, proporcionando uma abordagem hierárquica que auxilia na análise e avaliação desses serviços em relação às necessidades humanas (CICES, 2023).

O modelo, também adaptado e discutido por outros (por exemplo De Groot et al., 2010; Salles, 2011), tenta capturar a visão predominante de que existe algo como uma 'cadeia de produção' ligando estruturas e processos ecológicos e biofísicos de um lado, e elementos do bem-estar humano do outro, havendo potencialmente uma série de estágios intermedios entre eles. O modelo referido enquadra também várias questões importantes sobre as relações entre as pessoas e a natureza, incluindo: se existem níveis críticos de capital natural necessários para sustentar o fluxo de SE; se esse capital pode ser restaurado após danos; quais são os limites no fornecimento de SE em diferentes situações; e como valorizamos as contribuições que os SE contribuem para o bem-estar humano (Haines-Young & Potschin, 2013).

Nessa versão, os benefícios são separados dos valores. Isso ocorre porque argumenta-se que, se os benefícios forem vistos como melhorias no bem-estar geradas pelos ecossistemas, então fica claro que podem ser atribuídos valores distintos a esses ganhos em momentos e locais diversos. As pessoas ou sociedade irão valorizar esta função de forma diferente em diferentes lugares e em diferentes momentos. Portanto, ao definir quais são as funções mais importantes de um ecossistema e o que constitui um serviço de ecossistema, a compreensão do contexto espacial (localização geográfica), escolhas e valores sociais (monetários e não monetários) é tão importante quanto o conhecimento sobre a estrutura e dinâmica dos próprios sistemas ecológicos (Haines-Young & Potschin, 2013).

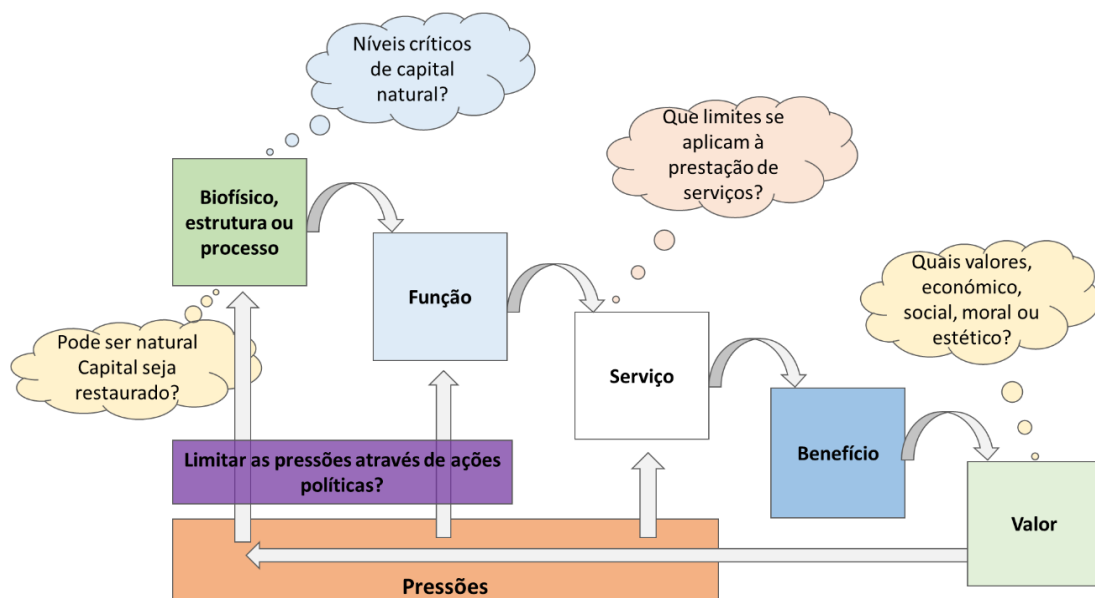


Figura 2.1. Modelo Cascata dos SE (Adaptado: Haines-Young e Potschin, 2011).

Conforme delineado pelo modelo cascata, a compreensão da relação entre os ecossistemas e o bem-estar humano requer a identificação das características funcionais dos ecossistemas que originam serviços e que, consequentemente, resultam em benefícios. Os vários elementos presentes no Modelo Cascata visam proporcionar uma análise crítica sobre a distinção entre as características dos ecossistemas, seus processos ecológicos, a produção de serviços e os benefícios resultantes desses serviços (Potschin-Young & Haines-Young et al., 2018).

Embora o Modelo Cascata facilite a compreensão dessa conexão, na prática, as relações e interações entre as áreas naturais e os sistemas socioeconômicos não são lineares nem simples. A ideia fundamental é que existe uma ligação entre ambas as extremidades

(ecossistemas e benefícios), e ao longo desse continuum, observam-se diversos atores e estágios intermediários (Haines-Young & Potschin, 2010; Potschin & Haines-Young, 2011).

2.2. Os princípios e as abordagens de avaliação dos serviços de ecossistema

A investigação europeia sobre os conceitos e metodologia MAES evoluiu significativamente, através de classificações propostas (Maes et al., 2016), avaliações nacionais (Schröter et al., 2016) e projetos de investigação a várias escalas (Hermes et al., 2021).

A categorização e descrição dos SE são a base de qualquer tentativa de quantificação, mapeamento e avaliação dos mesmos. Isso requer orientação e harmonização dos diferentes componentes do processo de avaliação, incluindo definições, classificações e métodos (Czúcz et al., 2018). As metodologias de avaliação dos SE fornecem informações relevantes para orientar a tomada de decisão política, de forma a torná-la mais alinhada com as necessidades territoriais, melhorar os padrões de vida da população e facilitar estratégias de adaptação mais eficazes às alterações climáticas (Folkersen, 2018).

Os SE podem ser avaliados em diferentes escalas temporais e espaciais, considerando o seu potencial de produção, procura e consumo. Este processo é realizado através de uma Matriz de indicadores ou métricas, utilizando frequentemente três abordagens distintas ou combinadas: avaliação qualitativa, avaliação quantitativa e valoração económica (Cowling et al., 2008; Baral et al., 2014).

i. Avaliação qualitativa

A avaliação qualitativa dos SE tem sido adotada por vários autores, que utilizam abordagens como entrevistas, inquéritos, opiniões de especialistas ou questionários para analisar as condições e tendências desses SE. No entanto, os resultados dessas análises frequentemente apresentam subjetividade e podem estar sujeitos a erros, sendo a precisão

influenciada pelo conhecimento, percepções individuais e pela experiência dos especialistas envolvidos (Baral et al., 2014).

ii. Avaliação quantitativa

A avaliação quantitativa dos SE, também conhecida como avaliação biofísica, procura entender a localização, tipos de recursos, escalas temporais e espaciais, e impactos associados a esses serviços (Cowling et al., 2008). Diversos autores utilizam abordagens biofísicas para quantificar os SE, considerando aspectos estruturais dos ecossistemas, como padrões de distribuição e composição da biodiversidade, processos-chave como produtividade primária e sequestro de carbono, e fluxos de energia, como ciclos de vida e fluxos de matéria e energia. Isso inclui a integração de funções biofísicas e indicadores socioeconômicos, através de mapeamento, por exemplo (Metzger et al., 2008; Khaiteer & Erechtkhoukova, 2010; Guerra et al., 2013, 2014). Todas essas abordagens reconhecem os componentes físicos e biológicos dos ecossistemas como foco principal para inferir sobre o funcionamento atual e estado futuro (de Groot et al., 2002).

A avaliação quantitativa apresenta vantagens, como a compatibilidade com abordagens conservacionistas, utilizando dados existentes sobre biodiversidade e habitats. Isso permite uma avaliação global dos serviços e respectivas tendências, facilitando a generalização dos resultados (Haines-Young & Potschin, 2009). No entanto, as desvantagens apontadas incluem dificuldades em quantificar habitats, compreender como as combinações influenciam a oferta de SE, prever padrões espaciais de processos ecológicos, e generalizar resultados devido à falta ou escassez de dados.

iii. Avaliação valorativa

O processo de avaliação valorativa dos SE integra informações qualitativas da componente social e dados biofísicos do sistema, visando compreender como a sociedade atribui valor a esses serviços (Cowling et al., 2008). A abordagem baseada no valor dos ecossistemas é considerada indispensável devido à sua significativa contribuição para o bem-estar humano e o suporte à vida (Andrade & Romeiro, 2009).

A valoração dos SE tem-se tornado crucial para a tomada de decisões políticas em diversas escalas, gerando debates entre especialistas sobre como atribuir esse valor

(Fisher et al., 2011; Häyhä & Franzese, 2014). Este debate intensifica-se à medida que o capital natural escasseia e a procura por SE aumenta, tornando essencial compreender o valor, os métodos de avaliação apropriados e as limitações desses métodos (Daily et al., 2000).

O valor dos ecossistemas é abordado como um conceito complexo e multidimensional, dividido em três categorias: valor ecológico, valor sociocultural e valor económico (de Groot et al., 2002; Turner et al., 2003). Um mesmo ecossistema pode ser avaliado qualitativamente usando ciências sociais, biofisicamente com ciências naturais, ou monetariamente por meio da economia (Madureira et al., 2013).

Os dados resultantes desta avaliação são frequentemente transferidos para um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e apresentados em mapas de fluxos de SE, proporcionando resultados espacialmente explícitos que facilitam a análise dos *trade-offs* e sinergias entre os diversos serviços (Baral et al., 2014).

Um ponto importante ao avaliar os SE é aperfeiçoar o conhecimento sobre os benefícios que estes ecossistemas proporcionam à sociedade (Arias-Arevalo et al., 2017; Kenter et al., 2015; Pascual et al., 2010). Qualquer alteração nestes serviços afeta o bem-estar humano através de impactos na segurança, nos bens materiais, na saúde e nas relações sociais e culturais (MEA, 2005). As transformações nos ecossistemas trouxeram ganhos significativos para o bem-estar humano e o desenvolvimento económico, mas esses benefícios vieram acompanhados de um custo crescente. Esse custo inclui a degradação de muitos SE, um maior risco de mudanças abruptas e o agravamento da pobreza em alguns grupos populacionais. A menos que esses problemas sejam abordados, os benefícios gerados pelos ecossistemas serão consideravelmente reduzidos para as gerações futuras. A degradação dos SE pode se agravar significativamente na primeira metade deste século (Walter et al., 2005). A avaliação dos ecossistemas torna-se essencial para compreender como as comunidades os valorizam, permitindo uma tomada de decisão fundamentada e a elaboração de programas de preservação. Em regiões com recursos financeiros limitados, a disposição para contribuir monetariamente pode ser baixa, apesar da alta dependência dos ecossistemas (Folkersen, 2018). No entanto, as comunidades podem expressar a sua disposição de pagar noutras unidades de riqueza, por exemplo tempo, comida e entre outros (Gonzalez et al., 2017).

2.3. As metodologias e modelos de cartografia de serviços de ecossistema

Os mapas baseiam-se num conjunto de processos e de informação que possibilitam a representação gráfica do território, permitindo a visualização, análise, investigação, filtragem e estabelecimento de prioridades de forma explicitamente espacial. Isso ocorre através da identificação de problemas, o que conduz à deteção de sinergias - compromissos e compensações entre os diversos SE e entre esses serviços e a biodiversidade. Além disso, os mapas desempenham um papel relevante como ferramenta de comunicação, facilitando discussões com diferentes agentes/atores. Eles proporcionam uma visualização dos locais de produção ou utilização dos SE, esclarecendo a importância desses serviços para cidadãos, decisores e agentes económicos. Em última instância, os mapas desempenham um papel importante no planeamento e na gestão de áreas de conservação da biodiversidade e, por conseguinte, de SE a nível regional (Maes et al., 2013).

A cartografia e avaliação dos ecossistemas e dos SE associados torna-se um passo crucial em direção a políticas e decisões fundamentadas e sustentáveis que preservem os ecossistemas (Maes *et al.*, 2012) e promovam o bem-estar humano (MA, 2005). A cartografia de SE envolve a delimitação espacial com base em tipologias predefinidas, ajustando-se à escala e aos objetivos específicos do exercício (Marta-Pedroso *et al.*, 2014). Maes *et al.* (2013) estabeleceram tipologias para orientar a cartografia de ecossistemas, procurando uma correspondência direta, sempre que possível, entre as classes do *Corine Land Cover* (CLC) e os tipos de habitats definidos no *European Nature Information System* (EUNIS). Num estudo, Banko *et al.* (2013) propuseram uma abordagem que utiliza o nível 2 da classificação EUNIS como base para a cartografia, caracterizando habitats num sistema em cascata, desde o Nível 1 (mais genérico) até o Nível 6 (o mais detalhado).

Os mapas dos SE podem refletir várias dimensões biofísicas, sendo que cada dimensão requer uma abordagem e tipos de dados específicos. Consequentemente, a cartografia de cada dimensão gera resultados distintos (Barredo et al. 2015). Os métodos biofísicos envolvem a avaliação dos elementos biológicos e físicos de um ecossistema específico, abrangendo aspetos geológicos, topográficos, hidrológicos e do solo (Santos-martin et al., 2018). Esses métodos fazem uso de ferramentas como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), informações sobre as condições do solo e clima, além de técnicas de

deteção remota e estatísticas como SPSS ou Matlab. Os métodos económicos, por outro lado, procuram expressar o valor de determinado SE em termos monetários, representando um desafio devido à complexidade dos ecossistemas (Vihervaara et al., 2019). Os métodos sociais concentram-se no estudo das preferências humanas, incluindo a relação cognitiva e emocional das pessoas com a natureza, método de avaliação e mapeamento não monetários (Santos-Martin et al., 2018).

Quando esses três métodos tradicionais são aplicados de forma isolada no processo de avaliação e mapeamento dos SE, podem conduzir a conclusões enviesadas, uma vez que não consideram os diversos tipos de valores associados. Por exemplo, os métodos de avaliação monetária dos SE podem entrar em conflito com os objetivos de conservação. Portanto, é crucial realizar avaliações não-monetárias, considerando os valores da biodiversidade e culturais, para garantir a compatibilidade com os objetivos de conservação da natureza (Neugarten et al., 2018).

Diferentes métodos e modelos são utilizados para mapear indicadores específicos de SE, destinados a quantificar essas três categorias de SE, e esses métodos diferem notavelmente. Os SE de aprovisionamento são frequentemente quantificados com base em indicadores do seu uso real/fluxo de SE ou da procura, ou do seu valor. Por outro lado, a avaliação dos SE de regulação geralmente é baseada em indicadores de oferta, como os diferentes processos ecológicos que são a base da regulação do ecossistema ou eventos evitados (por exemplo, erosão ou inundações) e perigos relacionados. Os indicadores para SE culturais têm sido principalmente limitados à recreação e ao (eco)turismo, nos quais tanto a oferta (ecossistemas populares para visitar) quanto a procura (números de visitantes) são quantificadas (Burkhard et al., 2017).

A Matriz de SE fornece uma metodologia de mapeamento altamente flexível que pode ser aplicada em todas as escalas espaciais e temporais, para todos os SE, vários enfoques multidisciplinares de quantificação de SE e para diferentes propósitos de mapeamento (Burkhard et al., 2014).

2.4. A avaliação da distribuição e evolução do potencial de provisionamento de serviços dos ecossistemas

A alteração na utilização e cobertura do solo interfere no equilíbrio energético e bioquímico da Terra, afetando significativamente os processos globais da superfície, da biodiversidade e dos SE (Lambi et al., 2003; Song et al., 2018). Atualmente, existe investigação focada na combinação de alterações do uso da terra e nos SE a escalas espaciais específicas, como bacias hidrográficas ou sub-regiões (Li et al., 2021). As abordagens incluem a criação de cenários de desenvolvimento regional (Zhang et al., 2023) ou a simulação de mapas futuros de uso do solo (Aziz, 2021) para investigar a dinâmica dos SE.

Os SE interagem entre si, restringindo-se e sistematizando-se entre si. Os processos ecológicos que compõem diferentes serviços competem ou utilizam recursos naturais e fatores ecológicos, resultando em sinergias (melhoria simultânea ou enfraquecimento simultâneo) ou *trade-offs* (um em detrimento do outro) (Zhang et al., 2020). Pesquisadores relacionados (Li & Wang, 2018) realizaram compensações de SE ou avaliações de efeitos sinérgicos com o objetivo de estabelecer limites para os SE e resolver o desafio de "maximizar" os níveis desses serviços.

Além disso, as mudanças climáticas e as atividades humanas representam duas influências significativas nos SE, sendo percebidas como alterações no uso e ocupação do solo. É crucial identificar os mecanismos impulsionadores das mudanças climáticas e das atividades humanas nos SE (He et al., 2022).

2.5. A inovação territorial suportada em serviços de ecossistema

O uso insustentável dos serviços prestados pelos ecossistemas tende a aumentar devido a um provável aumento de três a seis vezes no Produto Interno Bruto (PIB³) global até 2050, mesmo com a expectativa de uma desaceleração e estabilização do crescimento

³ medida que representa a soma de todos os bens e serviços finais produzidos dentro das fronteiras de uma determinada região durante um período específico, geralmente anual. Ele é um dos indicadores económicos mais amplamente utilizados para avaliar e quantificar a atividade económica de uma região. O PIB é uma ferramenta importante na macroeconomia, fornecendo uma visão geral do desempenho económico e do tamanho da economia de um país ou região.

populacional global na metade do século. Alguns fatores significativos que diretamente impactam as alterações nos ecossistemas podem não diminuir nos primeiros cinquenta anos, e dois desses fatores - alterações climáticas e sobrecarga de nutrientes - devem se intensificar (Walter et al., 2005). A cartografia, i.e, espacialmente explícita, é fundamental para capturar os diferentes gradientes e variações dos componentes relevantes, tanto no espaço como no tempo, que afetam a função do ecossistema (Maes et al., 2014). A avaliação dos estados dos ecossistemas fornece informações sobre a sua capacidade contínua de disponibilizar serviços para o Homem.

Este conhecimento é essencial para documentar a perda e a degradação contínua dos ecossistemas e dos seus serviços, bem como os impactes socioeconómicos subsequentes e a identificação de estratégias para o desenvolvimento sustentável, com o objetivo de manter a prestação desses serviços. Como tal, as avaliações dos ecossistemas fornecem informações para a tomada de decisão, permitindo a integração de dados nas políticas setoriais, na silvicultura, na gestão de recursos hídricos e marinha e nas medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas (Maes et al., 2020). Na Europa, o avanço da MAES evoluiu significativamente, sendo um passo essencial para alcançar as metas da Estratégia de Biodiversidade da EU para 2030 (Comissão Europeia, 2020).

Scheleyer et al. (2015) destacam três aspetos fundamentais para uma governança eficaz dos Serviços de Ecossistema (SE). O primeiro é a integração vertical, que diz respeito à coordenação entre os diferentes níveis de governança, desde a União Europeia até os estados-membros e administrações locais. Essa coordenação visa garantir que as políticas sejam consistentes, promovendo uma partilha clara de responsabilidades e permitindo adaptações que respondam às especificidades regionais. O segundo aspeto é a integração horizontal, que envolve a incorporação dos SE em políticas de setores diversos, como agricultura, energia, planeamento urbano e transportes, assegurando que estas considerem os impactos e benefícios relacionados com os SE de forma transversal. Por último, a participação pública é apontada como essencial, promovendo o envolvimento das partes interessadas e da sociedade em geral no processo de decisão. Esta abordagem permite incorporar valores, perceções e conhecimentos locais, contribuindo para que as decisões sejam mais inclusivas, eficazes e justas, enquanto aumentam a legitimidade das políticas.

Apesar de possuir diversas formas, o conceito de SE encontra-se implicitamente presente em algumas políticas relacionadas à natureza e à gestão de recursos naturais, embora não esteja universalmente incorporado na maioria delas (Lamarque et al., 2011; Bouwma et

al., 2018). Uma análise de 12 políticas da União Europeia realizada por Bouwma et al. (2018) revelou que o conceito ainda não está completamente integrado nessas políticas. No entanto, observa-se uma integração gradual ao longo do tempo, com políticas mais recentes abordando os SE de maneira explícita e abrangente.

As alterações climáticas (AC) e a urbanização rápida representam ameaças crescentes para a conservação e uso sustentável dos SE, dos quais a população mundial depende, principalmente os países menos desenvolvidos e em pobreza. Neste contexto, os estudos do MAES têm o potencial de apoiar a tomada de decisão mais sustentada e promover mudanças transformadoras (Archer et al., 2021), contribuindo também para o alcance e concretização da Agenda 2030⁴, nomeadamente os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (IPBES, 2018).

Num modo geral, a preservação dos SE pode dar resposta a todos os ODS. Contudo, a degradação dos ecossistemas já representa uma barreira para a consecução dos ODS da Agenda 2030, e estas consequências poder-se-ão agravar nos próximos 50 anos (Walter et al., 2005). Os SE encontram-se associados a distintos tipos de valores. Em primeiro lugar, temos os valores económicos, que buscam calcular o Valor Económico Total (VET) dos recursos naturais, evidenciando os custos relacionados à conservação da natureza (Lopes & Videira, 2017; Lebrenton et al., 2019). Em seguida, consideramos os valores ecológicos, os quais dependem da integridade das funções do ecossistema, levando em conta aspetos como raridade, estabilidade, diversidade e complexidade. Por último, ocorrem os valores socioculturais, nos quais se contemplam as emoções afetivas e simbólicas que as pessoas mantêm em relação à natureza. Essa abordagem abrangente reconhece a diversidade de perspetivas na avaliação da importância dos SE para a sociedade (Lopes & Videira, 2017).

Os pagamentos dos SE podem ser estruturados de duas abordagens distintas no que diz respeito aos requisitos para receber uma compensação:

- i. vincula o pagamento aos SE efetivamente entregues pela área em que se encontram (abordagem orientada pelos resultados, também conhecida como *output-based*);

⁴ iniciativa global abrangente que visa o desenvolvimento sustentável em diversas áreas, como social, económica e ambiental, promovendo a paz, justiça e instituições eficazes. Os ODS resultam da colaboração entre os governos e a população em todo o mundo, visando enfrentar desafios globais para um futuro mais sustentável (Nações Unidas, 2023).

- ii. associa o pagamento à realização de ações que melhorem a saúde dos ecossistemas e, por conseguinte, aumentem a sua capacidade para fornecer serviços além do que seria esperado sem o pagamento (abordagem orientada pelas ações, também conhecida como *input-based*) (Santos *et al.*, 2019).

Devido à complexidade e à dificuldade de atribuir de forma inequívoca os resultados observados às ações realizadas por cada proprietário, a grande maioria dos sistemas de pagamento opta pela abordagem orientada pelas ações (Santos *et al.*, 2019).

O artigo de Burkhard e Maes (2017) sistematiza várias metodologias para a cartografia e avaliação de SE, agrupando-as em quatro abordagens principais:

1. Métodos biofísicos: Esses métodos quantificam os SE em unidades físicas (por exemplo, a quantidade de água infiltrada no solo ou o carbono armazenado). Incluem medições diretas, medições indiretas (como detecção remota), e modelagem de SE para prever variações no fornecimento de SE.
2. Métodos socioculturais: Visam avaliar as preferências e percepções humanas sobre os SE, utilizando questionários, mapeamento participativo (PPGIS) e avaliações de preferências. O foco é entender a procura social pelos SE sem envolvimento de valores monetários.
3. Métodos económicos: Quantificam o valor económico dos SE em termos de bem-estar para a sociedade, utilizando diferentes técnicas de avaliação monetária. Ajudam a informar decisões de gestão e políticas públicas.
4. Métodos baseados em especialistas: Usam o conhecimento de especialistas para estimar e validar os SE, especialmente quando ocorrem falta de dados quantitativos.

Essas abordagens refletem a necessidade de uma visão abrangente que considere as dimensões ecológicas, sociais e econômicas na avaliação de serviços.

3. METODOLOGIA

3.1. Âmbito, objeto e objetivos

Nas próximas décadas, é fulcral que a população global se adapte às mudanças e desafios associados à degradação dos ecossistemas, que ocorre a um ritmo alarmante e cujas consequências são muitas vezes imprevisíveis (Bell et al., 2011; Liu et al., 2010; Jacob et al., 2016). Os Serviços de Ecossistema (SE) na Europa, dos quais dependemos para obter alimentos, madeira, ar puro, água purificada e recreação, enfrentam pressões incessantes devido à utilização intensiva da terra e do mar, à poluição, à exploração excessiva e à introdução de espécies exóticas e/ou invasoras. Assegurar que estes ecossistemas alcancem e mantenham um estado saudável ou boas condições é, portanto, essencial para garantir a sustentabilidade das atividades económicas e o bem-estar humano (Maes et al., 2020).

O aumento das pressões sobre os ecossistemas, seja pela sua vulnerabilidade ou exposição a determinados riscos, requer a implementação de medidas de adaptação e controlo. Neste contexto, a criação de ferramentas de apoio à tomada de decisão é crucial para fornecer uma visão clara do território e das pressões a que este está sujeito. Frequentemente, essas ferramentas são baseadas em mapas cartográficos – representações detalhadas do território – que permitem identificar áreas mais suscetíveis a determinados riscos e pressões.

Atualmente, para a sub-região do Alto Minho, área de estudo deste projeto, não existe uma base cartográfica desenvolvida à escala regional específica para os Serviços de Ecossistema. Embora existam alguns mapas de SE projetados e modelados para território nacional, o detalhe necessário a nível regional ainda é insuficiente. O produto final deste estudo são os mapas de fornecimento dos Serviços dos Ecossistemas na sub-região do Alto Minho, com o intuito de estabelecer uma ferramenta orientadora para a tomada de decisões futuras. Através destes mapas, que representam a evolução dos SE até ao presente, procura-se proporcionar uma visão abrangente e prospetiva, permitindo uma análise fundamentada para a gestão sustentável dos recursos da região.

A metodologia delineada para esta investigação tem como objetivo central a cartografia dos SE na região do Alto Minho, recorrendo a uma abordagem baseada numa

metodologia Matriz desenvolvida por Burkhard et al. 2009. Este método é particularmente adequado para análises espaciais, uma vez que permite a quantificação do potencial de diferentes classes de uso e ocupação do solo para fornecer SE específicos. A metodologia foi estruturada em várias etapas sequenciais, incluindo a seleção da Carta de Ocupação e Uso do Solo (COS), a construção da Matriz de SE e a sua validação através de consulta a especialistas.

3.2 A área de estudo.

A sub-região do Alto Minho situa-se no Noroeste Atlântico de Portugal Continental, ocupando uma área de 221.884,2ha, correspondente à sub-região estatística portuguesa NUTS III Alto Minho, inserida na unidade territorial NUT II (Norte de Portugal). O território engloba dez municípios: Arcos de Valdevez (44.759,6 ha), Caminha (13.652,1 ha), Melgaço (23.824,6 ha), Monção (21.130,9 ha), Paredes de Coura (13.818,6ha), Ponte da Barca (18.211,4 ha), Ponte de Lima (32.025,5 ha), Valença (11.712,9 ha), Viana do Castelo (31.902 ha) e Vila Nova de Cerveira (10.846,7 ha). A Norte e a Este com a Galiza (Espanha), a Sul com o distrito de Braga e a Oeste com o Oceano Atlântico (Figura 3.1).

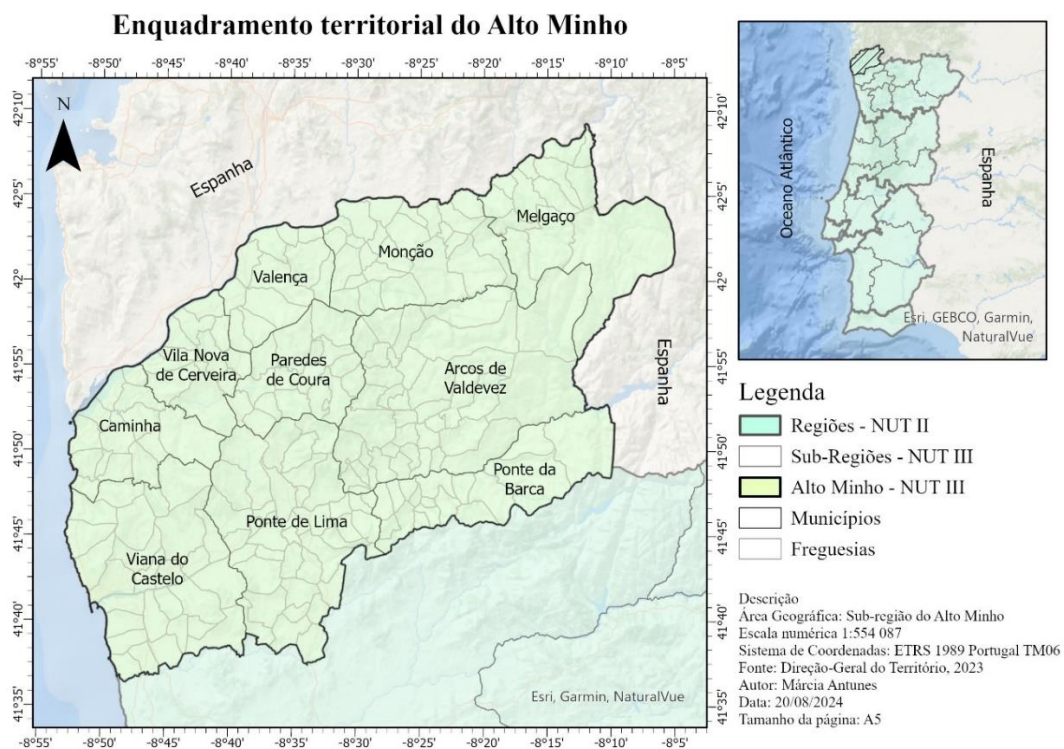


Figura 3.1. Enquadramento territorial da sub-região do Alto Minho.

A topografia do Alto Minho é caracterizada pela sua irregularidade, combinando espaços de montanha interior, serras, vales e o litoral atlântico. Este mosaico paisagístico diversificado é um elemento distintivo da sub-região, refletindo condições biogeográficas diferenciadas que resultam em diversas formas de ocupação do território. A variedade de condições biogeográficas torna o território vulnerável a vários riscos (risco de incêndio, inundações, erosão do solo, movimento de vertentes e suscetibilidade a fenómenos extremos, nomeadamente riscos biológicos e climáticos), afetando a capacidade de adaptação às alterações climáticas, que se intensificam no território.

A sub-região apresenta duas realidades distintas, relativas a zonas rurais e urbanas. No Alto Minho existem locais com elevada concentração populacional, nomeadamente nas cidades e vilas, mas também, na maior parte do território, áreas predominantemente rurais, compostas por áreas florestais e agrícolas, essencialmente, onde mora grande parte da população envelhecida. Estes espaços rurais sofreram pressões crescentes nas últimas décadas, como o aumento do abandono de atividades agro-silvo-pastoris e a intensificação e especialização localizada dos processos produtivos.

As complexidades ecológicas elevadas, juntamente com a produtividade primária, resultaram num património natural único, incluindo agroecossistemas, reconhecido pela rede nacional de áreas de paisagens protegidas e classificadas (Rede Nacional de Áreas Protegidas, Rede Natura 2000 e Sítios RAMSAR), além da biosfera e de um vasto património cultural e regional. No entanto, o território enfrenta sérias ameaças à conservação e valorização dos recursos e serviços dos ecossistemas, incluindo alterações ao nível do uso e ocupação do solo, alterações climáticas, abandono agroflorestal, aumento de espécies exóticas/invasoras.

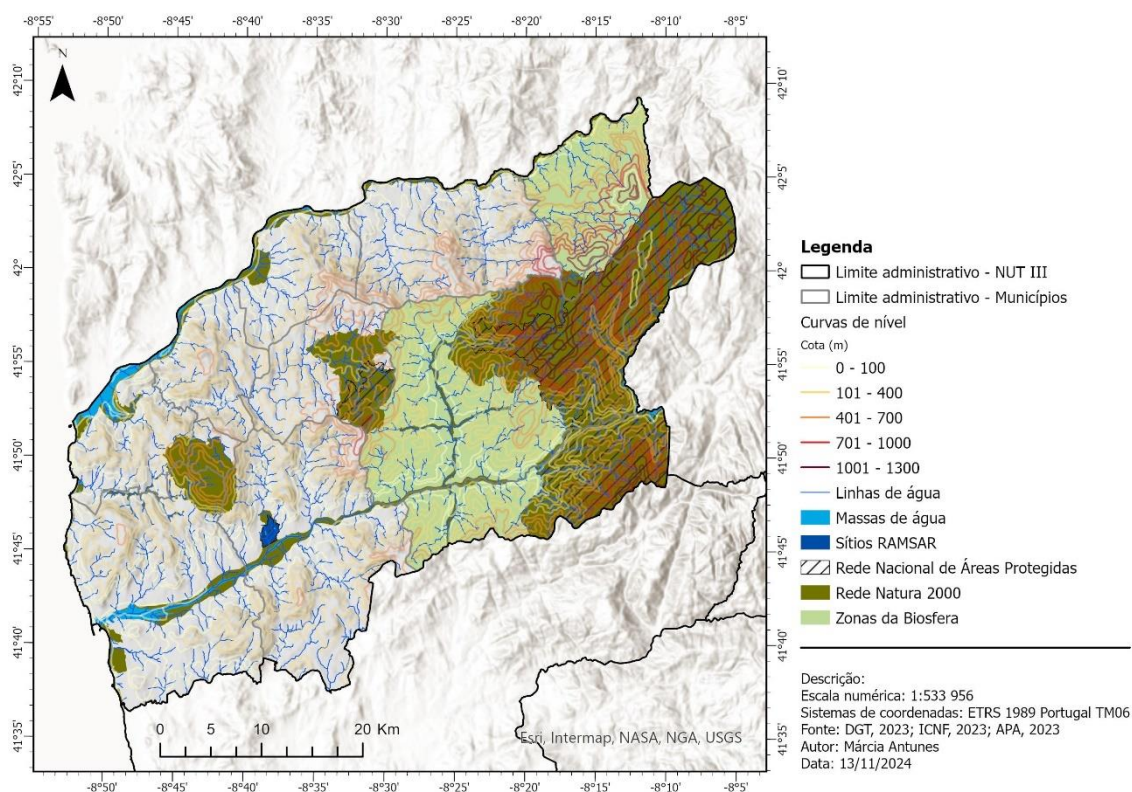


Figura 3.2. Enquadramento geral da sub-região do Alto Minho.

Relativamente à ocupação do solo no Alto Minho, a COS referente ao ano de 2018 fornece uma visão detalhada sobre a distribuição e o uso das diferentes classes de ocupação nesta região (Quadro 3.1, Figura 3.3.), sendo o suporte para a cartografia dos SE neste trabalho. Esta carta permite compreender a organização espacial e as atividades predominantes no território do Alto Minho. Os territórios artificializados representam 8,3% da área total do Alto Minho, abrangendo aproximadamente 18.325 hectares. Esta categoria inclui áreas urbanas, infraestruturas de transporte e outras superfícies construídas, refletindo o grau de urbanização e o desenvolvimento humano na região, impactando diretamente SE como a regulação do clima e a qualidade do ar.

As áreas destinadas à agricultura ocupam 18,5% do território, totalizando cerca de 40.982 hectares. Este uso do solo é relevante para a economia local, destacando-se pela produção de culturas variadas e pelo suporte às atividades agropecuárias, fornecendo SE como a produção de alimentos. As pastagens correspondem a 0,4% da área do Alto Minho, abrangendo 843 hectares. Embora seja uma percentagem pequena, estas áreas são importantes para a criação de gado e outras atividades pecuárias, contribuindo para a

diversidade económica e ecológica da região, bem como para a aprovisionamento de serviços como a regulação da água.

As florestas dominam a paisagem do Alto Minho, ocupando 42,4% do território, o que equivale a aproximadamente 94.046 hectares. Estas áreas florestais representam um papel importante para a conservação da biodiversidade, regulação do clima e fornecimento de recursos naturais como madeira e produtos não-madeireiros, além de proporcionar SE como a purificação do ar e a proteção contra a erosão. Os matos representam 26,4% da área total do Alto Minho, abrangendo cerca de 58.528 hectares. Esta categoria de ocupação do solo é relevante para a preservação de habitats naturais e espécies selvagens, além de desempenhar um papel crucial na prevenção da erosão do solo e na regulação do ciclo da água.

Os espaços descobertos, que abrangem áreas rochosas e arenosas sem vegetação significativa, ocupam 2,6% do território, totalizando 5.846 hectares. Estas áreas são caracterizadas pela ausência de cobertura vegetal densa, influenciando a disponibilidade de SE como o armazenamento de água e a estabilidade do solo. As zonas húmidas, que incluem áreas como sapais e pauis, ocupam cerca de 0,2% da área do Alto Minho, correspondendo a 457 hectares. Estas zonas influenciam a manutenção da biodiversidade aquática, atuando como habitat para diversas espécies e contribuindo para a regulação hidrológica da região, além de fornecer serviços como a purificação da água e a mitigação de inundações. As massas de água superficiais, como rios, lagos e albufeiras, ocupam 1,3% do território, somando aproximadamente 2.858 hectares. Estas áreas são essenciais para o abastecimento de água, atividades recreativas e suporte à biodiversidade aquática, oferecendo SE importantes como o aprovisionamento de água potável e a regulação do microclima.

A COS 2018 revela, para o Alto Minho, uma região predominantemente florestal, com significativa presença de matos e áreas agrícolas. A diversidade de usos do solo reflete a complexidade e a riqueza ambiental do Alto Minho, salientando a importância da gestão sustentável e da preservação dos recursos naturais para o desenvolvimento equilibrado da região e o fornecimento dos SE.

Quadro 3.1. Classes de ocupação e uso do solo da COS 2018 para o território do Alto Minho

Ocupação do Solo	Área (ha)	Percentagem (%)
Territórios artificializados	18.325	8,3
Agricultura	40.982	18,5
Pastagens	843	0,4
Floresta	94.046	42,4
Matos	58.528	26,4
Espaços descobertos	5.846	2,6
Zonas húmidas	457	0,2
Massas de água	2.858	1,3

DGT (2018)

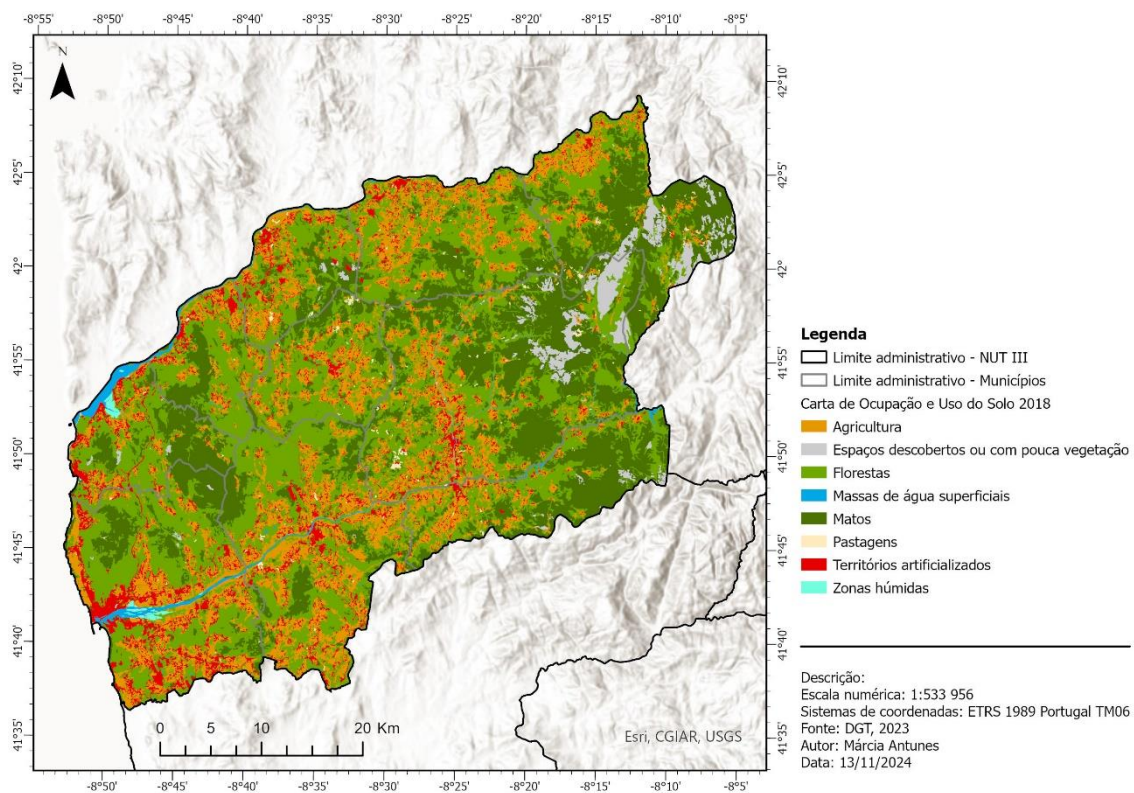


Figura 3.3. Carta de Ocupação e Uso do Solo do Alto Minho (2018) (Fonte: DGT, 2019).

3.3. A cartografia de serviços

3.3.1. As bases de dados

Inicialmente, procedeu-se à seleção de uma carta de ocupação do solo que melhor se adequa ao contexto do Alto Minho. A Direção-Geral do Território (DGT) disponibiliza uma Carta de Ocupação e Uso do Solo (COS) elaborada com base na interpretação visual de imagens aéreas ortorretificadas de elevada resolução espacial (30 ou 50 cm) e com quatro bandas espectrais (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo) do Sentinel 2. A série cartográfica da COS 1995-2018 é uma cartografia poligonal que representa unidades homogéneas de uso e ocupação do solo produzida para todo Portugal Continental.

A escolha da COS de 2018 justifica-se pela sua atualidade e pelo nível de detalhe na representação das diversas classes de uso e ocupação do solo em Portugal, sendo um elemento fundamental para uma análise espacial precisa dos SE. A COS de 2018 é amplamente reconhecida como uma das bases de dados mais detalhadas e frequentemente utilizadas em estudos de planeamento territorial e avaliação ambiental no contexto português.

A área de estudo, correspondente à região do Alto Minho, situada no noroeste de Portugal, é caracterizada por uma elevada diversidade de ecossistemas, incluindo áreas florestais, agrícolas, urbanas e zonas costeiras e ribeirinhas. Esta diversidade ecológica torna a região especialmente relevante para o estudo dos SE, permitindo a análise de uma ampla gama de serviços associados a diferentes tipos de ocupação do solo. A escolha da COS de 2018, por proporcionar uma representação precisa das condições atuais de ocupação do solo, foi crucial para garantir a representatividade e a robustez dos resultados obtidos na análise dos SE na região.

A COS possui uma hierarquia de quatro níveis de legenda, sendo que cada nível oferece um grau crescente de detalhe na classificação dos tipos de uso e ocupação do solo. No sentido de obter uma análise mais detalhada dos SE do território utilizou-se o nível 4 da legenda. O nível 4, que é o mais detalhado, permite uma caracterização mais precisa e específica das diferentes classes de uso e ocupação do solo, distinguindo subcategorias que não são visíveis nos níveis superiores (níveis 1 a 3).

3.3.2. Serviços de Ecossistemas Matriz

Após seleção da carta base para a aplicação da metodologia, procedeu-se à identificação e seleção dos SE a serem considerados. A análise foi orientada pela CICES V5.1, que proporciona uma estrutura taxonómica robusta para a categorização dos SE em três grandes grupos: SE de regulação e manutenção, SE de aprovisionamento e SE culturais. O CICES oferece uma classificação mais detalhada e padronizada, o que facilita comparações internacionais e a integração em políticas públicas (Haines-Young & Potschin, 2013). Por outro lado, a sua estrutura é adaptável a diferentes contextos ecológicos e geográficos, tornando-a mais versátil (Maes et al., 2016). Além disso, a clara distinção entre os tipos de serviços e a inclusão de subcategorias detalhadas ajudam na precisão e na aplicação prática da classificação (Schröter et al., 2014).

Os SE de regulação e manutenção referem-se a funções dos ecossistemas que contribuem para a regulação de processos naturais, como a regulação hídrica e a proteção contra a erosão do solo. Já os SE de aprovisionamento incluem bens tangíveis fornecidos pelos ecossistemas, como alimentos, água e madeira, enquanto os SE culturais abrangem os benefícios imateriais associados ao valor estético, recreativo e espiritual das paisagens. A nomenclatura dos SE selecionados (anexo I) foi ajustada ao contexto específico do Alto Minho, considerando as suas particularidades ambientais e a importância socioeconómica dos diferentes serviços para a região.

Após a identificação dos SE, elaborou-se a Matriz de SE, seguindo a metodologia de Burkhard et al., 2009. A Matriz é constituída por um quadro de dupla entrada em que as linhas representam a classe nível 4 de uso do solo identificadas na COS 2018 e as colunas correspondem aos diferentes SE selecionados. Nesta metodologia (Figura 3.4), nas células de interseção, é avaliada a capacidade das diferentes ocupações do solo numa escala de 0 a 5, onde zero (sem capacidade relevante) a cinco (capacidade altamente relevante), numa perspetiva de oferta de SE. Neste estudo foram utilizadas cerca de 65 classes de ocupação do solo e 16 SE.

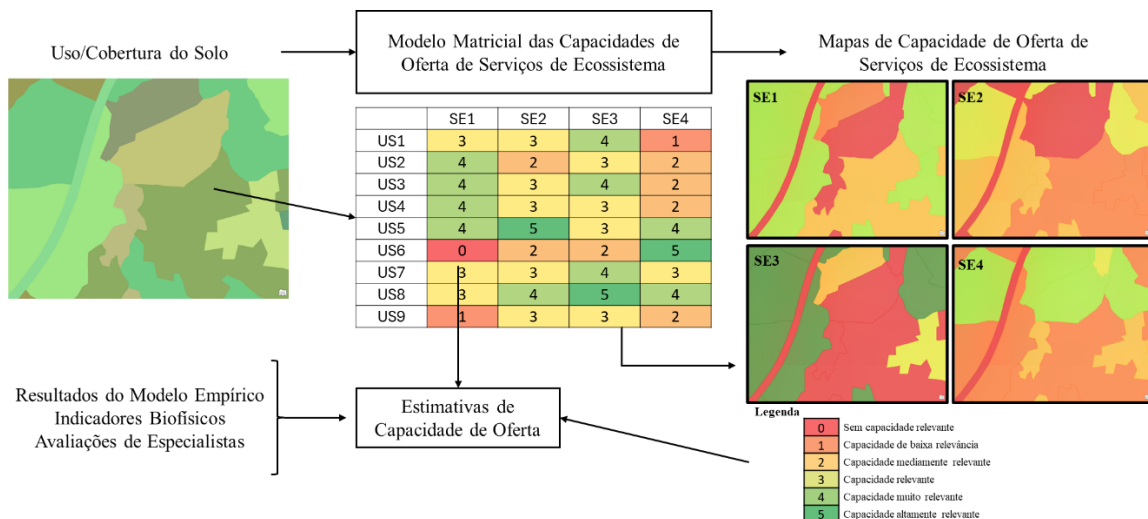


Figura 3.4. Esquema metodológico da cartografia matricial (Adaptado: Jacobs *et al.*, 2015).

As classificações atribuídas foram inicialmente fundamentadas numa revisão bibliográfica que recorreu à metodologia de Burkhard em contextos semelhantes, assegurando uma base científica rigorosa para cada valor estabelecido. Esta etapa inicial possibilitou a criação de uma Matriz de referência, que orientou os ajustamentos realizados nas etapas seguintes.

Para incrementar a precisão e a validade dos resultados, procedeu-se a uma consulta junto de peritos locais - especialistas. Este processo teve como objetivo ajustar as pontuações previamente atribuídas na Matriz, integrando conhecimento empírico e experiências práticas de agentes do território com entendimento das dinâmicas ecológicas e socioeconómicas do Alto Minho.

A seleção dos especialistas foi estruturada para garantir representatividade de conhecimentos e perspetivas relacionadas ao território em estudo. Foram incluídos profissionais com experiência em áreas chave, como gestão ambiental, ecologia regional e gestão florestal, com o objetivo de assegurar que as diversas dimensões dos SE fossem devidamente consideradas (Quadro 3.2). Essa abordagem teve como objetivo não apenas reunir diferentes formas de conhecimento técnico e científico, mas também integrar o conhecimento sobre o Alto Minho, ampliando a precisão e relevância das pontuações atribuídas na Matriz.

O processo de consulta consistiu numa reunião para apresentação detalhada da metodologia e da Matriz previamente desenvolvida. Durante essa sessão, foram explicados os critérios utilizados para a atribuição das pontuações, bem como a estrutura da Matriz, destacando sua finalidade na análise dos SE. Após essa introdução, os especialistas foram convidados a examinar as pontuações atribuídas, com liberdade para propor ajustes, com base em sua experiência e conhecimento do território.

Dessa forma, o envolvimento ativo dos peritos garantiu uma construção mais sólida e representativa da Matriz, contribuindo para a obter resultados ajustados à realidade local. A diversidade de formações e experiências envolvidas proporcionou um equilíbrio entre diferentes abordagens, assegurando que tanto os valores ecológicos quanto os usos sociais e económicos do território fossem integrados na análise.

Quadro 3.2. Caracterização geral dos especialistas consultados

ID	Formação	Género
1	Eng. Florestal	Feminino
2	Eng. Florestal	Feminino
3	Eng. do Ambiente	Feminino
4	Ecologia Aplicada	Feminino
5	Doutorado em Gestão da Informação-Sistemas de Informação Geográfica	Masculino
6	Doutorada em Biologia	Feminino
7	Eng. do Ambiente	Feminino

As contribuições dos especialistas foram subsequentemente incorporadas na Matriz por meio de um processo de ponderação (desvio padrão e moda), que procurou alcançar um consenso equilibrado para cada combinação de classe de ocupação do solo e SE. Este procedimento permitiu que a Matriz final refletisse com maior precisão as especificidades ecológicas do Alto Minho e os saberes locais. Os contributos recebidos nesta fase focaram-se apenas na perspetiva de oferta de serviços de ecossistemas.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. A Ocupação e Uso do Solo no Alto Minho

A COS de 2018 revela uma distribuição das classes de ocupação do solo do Alto Minho estabelecida por interações entre as características naturais e as atividades humanas (Figura 4.1). O tecido urbano concentra-se principalmente nas áreas próximas às principais linhas de água e vias de comunicação, como os vales do rio Minho e Lima e os respetivos afluentes. Esta ocupação é particularmente expressiva nas zonas costeiras, onde se observa um aumento da densidade urbana, provavelmente associado ao turismo e à maior densidade populacional. Em contraste, nas áreas montanhosas do interior, o tecido urbano é reduzido, refletindo as limitações impostas pela topografia e pela menor acessibilidade.

As atividades agrícolas distribuem-se predominantemente pelas zonas de menor altitude, onde se localizam solos mais férteis e com condições climáticas mais favoráveis. Nestas áreas, destacam-se as atividades agrícolas heterogêneas e permanentes. A agricultura protegida e os viveiros aparecem de forma mais pontual, geralmente associados às áreas mais acessíveis do território. No entanto, nas áreas de maior altitude e com relevo acidentado, predomina a cobertura de floresta e de matos, que desempenham um papel importante na prestação de SE.

As zonas industriais e as infraestruturas apresentam uma distribuição mais diminuta, concentrando-se em torno das principais áreas urbanas e nas proximidades das vias de comunicação. Essas infraestruturas atravessam transversalmente o território, conectando a zona costeira às áreas montanhosas do Alto Minho. Os parques e jardins aparecem de forma pontual, associados a espaços urbanos, enquanto uma parte significativa do território mantém-se sob a forma de matos e florestas, indicando um equilíbrio entre as atividades humanas e a conservação ambiental.

Nas zonas costeiras, o uso do solo é influenciado pelas massas de água, favorecendo o desenvolvimento de atividades como a aquicultura e o turismo. As áreas de zonas húmidas e massas de água costeiras destacam-se pelo seu papel na conservação da natureza e como habitats da biodiversidade. Em contraste, nas regiões montanhosas,

observa-se a predominância de florestas, matos e pastagens espontâneas, refletindo uma ocupação menos intensiva e uma menor pressão antrópica.

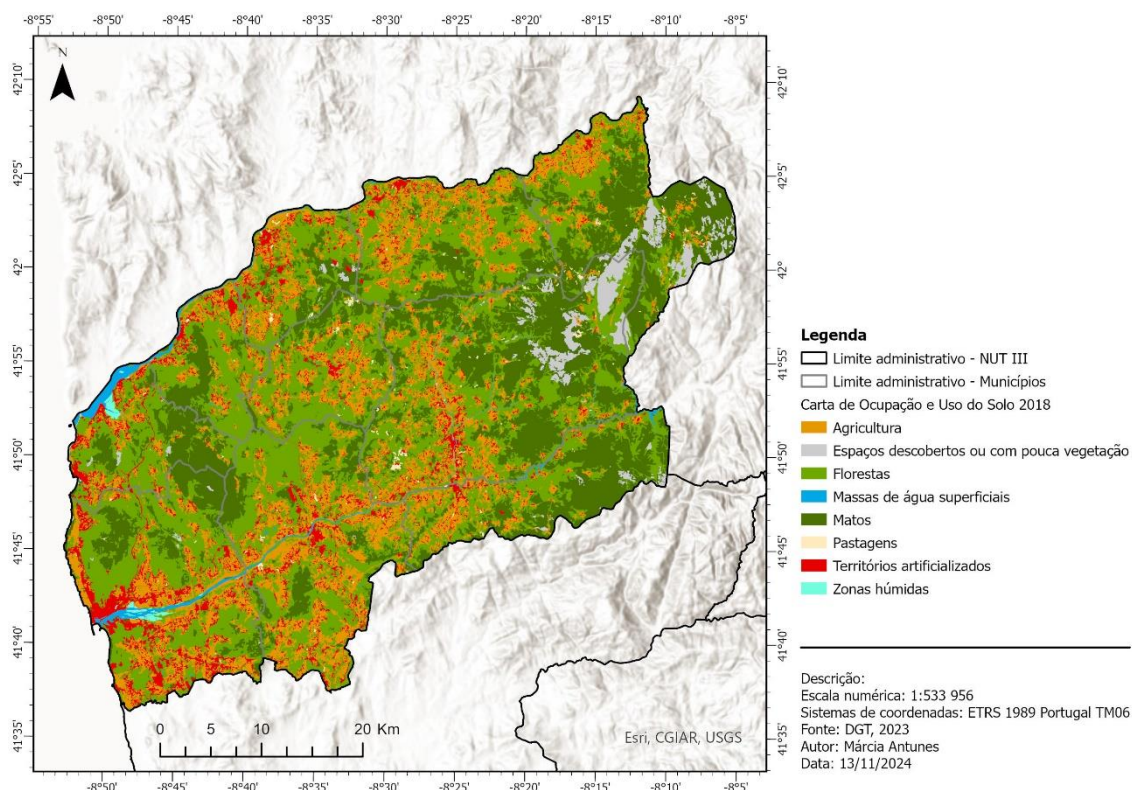


Figura 4.1. Carta de Ocupação e Uso do Solo de 2018 para o território do Alto Minho (Fonte: DGT, 2019).

4.2. Distribuição dos Serviços de Ecossistema

4.2.1 Serviços de Aprovisionamento

4.2.1.1. Alimento proveniente de culturas agrícolas

No Alto Minho, a capacidade de fornecimento do SE de alimentos provenientes de culturas agrícolas (Figura 4.2; Quadro 4.1) é essencialmente garantida pelas áreas dedicadas à agricultura. Estas áreas, com destaque para a agricultura familiar, representam uma fonte importante de produção alimentar, especialmente em sistemas de cultivo tradicionais, como o milho, o feijão, a batata e os frutos diversos. A agricultura familiar, muito presente na região, é caracterizada pela utilização de práticas agrícolas sustentáveis, adaptadas ao território e aos seus recursos naturais. Este tipo de agricultura, que privilegia o pequeno produtor e a produção local, permite não só o abastecimento alimentar da população, mas também contribui para a preservação da paisagem e da biodiversidade. As áreas agrícolas são, portanto, as únicas com a capacidade de fornecer

de forma contínua e significativa este SE no Alto Minho, ao contrário de outros usos do solo, como as áreas florestais ou urbanas, que desempenham papéis diferentes e mais limitados em relação à produção de alimentos.

Quadro 4.1. Área total da capacidade de fornecimento do SE - Alimento proveniente de culturas agrícolas por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	2580	0	843	93957	58527	5845	457	2827
1	13047	0	0	0	0	0	0	0
2	2698	0	0	21	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4343	0	66	0	0	0	0
5	0	36638	0	0	0	0	0	0

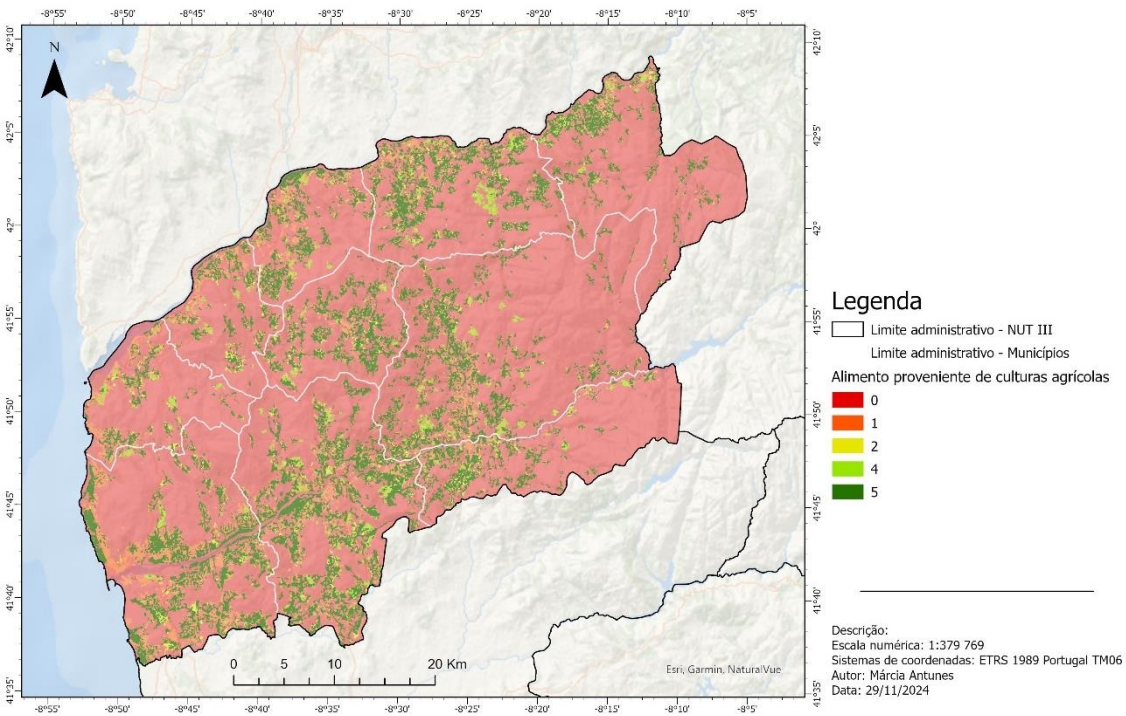


Figura 4.2. Distribuição do SE – Alimento proveniente de culturas agrícolas (2018).

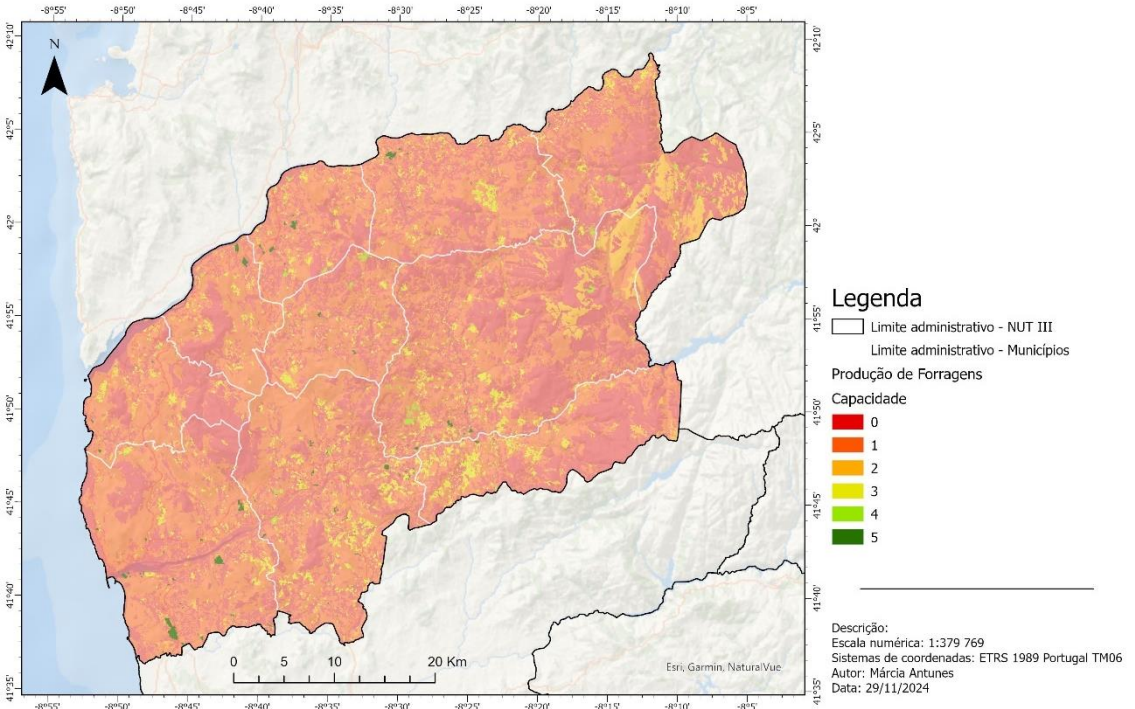
4.2.1.2. Produção de forragens

No Alto Minho, a produção de forragens é um SE importante, especialmente para o suporte às atividades agropecuárias, que têm uma longa tradição na região (Figura 4.3; Quadro 4.2). As pastagens, que constituem a principal ocupação do solo responsável por

este serviço, destacam-se pela sua elevada capacidade de fornecimento de biomassa para a alimentação animal. Estas áreas sustentam a pecuária extensiva, promovendo práticas agrícolas que integram valores culturais e ecológicos. Além disso, a manutenção das pastagens não só contribui para a produção de forragens de qualidade, mas também para a conservação do solo, a regulação do ciclo da água e o armazenamento de carbono, reforçando a importância de preservar e gerir de forma sustentável estas paisagens no Alto Minho.

Quadro 4.2. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Produção de Forragens, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	2421	32032	0	0	58527	574	457	2827
1	12303	0	0	94044	0	0	0	0
2	2740	0	0	0	0	5271	0	0
3	0	8949	0	0	0	0	0	0
4	0	0	843	0	0	0	0	0
5	744	0	0	0	0	0	0	0



4.2.1.3. Alimento de origem animal para nutrição humana

No contexto da produção de alimentos de origem animal destinados à nutrição humana, destacam-se as explorações agrícolas dedicadas à criação animal, assim como as respetivas pastagens, que constituem a principal fonte alimentar para os animais destinados ao consumo humano (Figura 4.4; Quadro 4.3). Contrariamente ao panorama observado ocorrem algumas décadas, a produção extensiva de gado no Alto Minho encontra-se em declínio. Este fenómeno é associado ao envelhecimento da população e à redução demográfica nas áreas mais montanhosas. Atualmente, a produção animal concentra-se predominantemente em unidades específicas, como estábulos ou outras infraestruturas dedicadas à criação intensiva. Em termos territoriais, verifica-se que a capacidade de fornecimento deste SE no Alto Minho é relativamente limitada. A nível nacional, as grandes produções animais encontram-se, em sua maioria, localizadas nas regiões do centro e sul de Portugal.

Quadro 4.3. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Alimento de origem animal para nutrição humana, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	3301	36375	0	94044	0	574	457	2821
1	12303	4606	0	0	0	0	0	0
2	2698	0	0	0	58527	5271	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	843	0	0	0	0	0
5	23	0	0	0	0	0	0	0

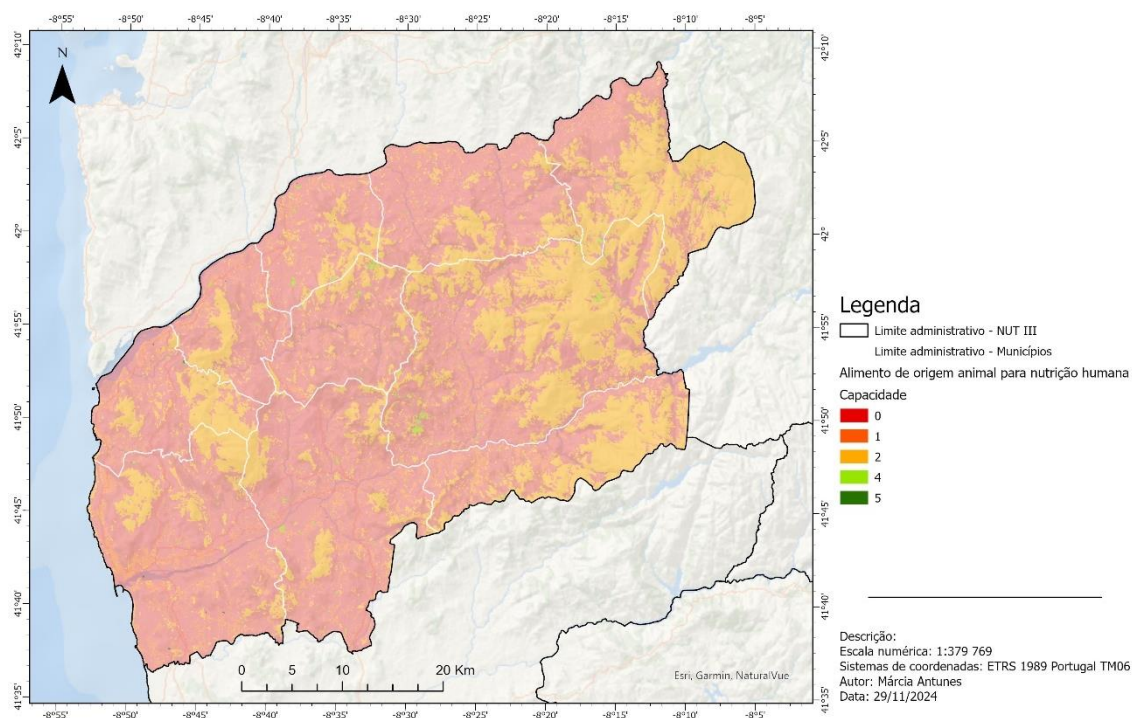


Figura 4.4. Distribuição do SE – Alimento de origem animal para nutrição humana (2018).

4.2.1.4. Alimento obtido através de espécies silvestres (origem animal e vegetal)

Neste SE, foram consideradas tanto as espécies cinegéticas como os alimentos de origem vegetal e fúngica presentes no território, tais como amoras, cogumelos e outros recursos similares (Figura 4.5; Quadro 4.4). Embora este SE não tenha uma expressão particularmente significativa no Alto Minho, observa-se que está frequentemente associado a práticas agrícolas, especialmente no caso das espécies cinegéticas, que encontram alimento em campos agrícolas. Adicionalmente, estas espécies encontram-se associadas a áreas de matos, que lhes oferecem refúgio e constituem os seus principais locais de reprodução. Quanto aos alimentos de origem vegetal, estes são frequentemente encontrados em campos agrícolas, muitas vezes em estado de abandono, ou em florestas de folhosas caducifólias, como é o caso dos cogumelos.

Quadro 4.4. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Alimento obtido através de espécies silvestres (origem animal e vegetal), por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	2410	169	0	0	0	5845	457	1555
1	4149	0	0	62010	0	0	0	0
2	11766	8949	0	31947	0	0	0	10
3	0	31863	0	87	58527	0	0	12
4	0	0	0	0	0	0	0	1250
5	0	0	843	0	0	0	0	0

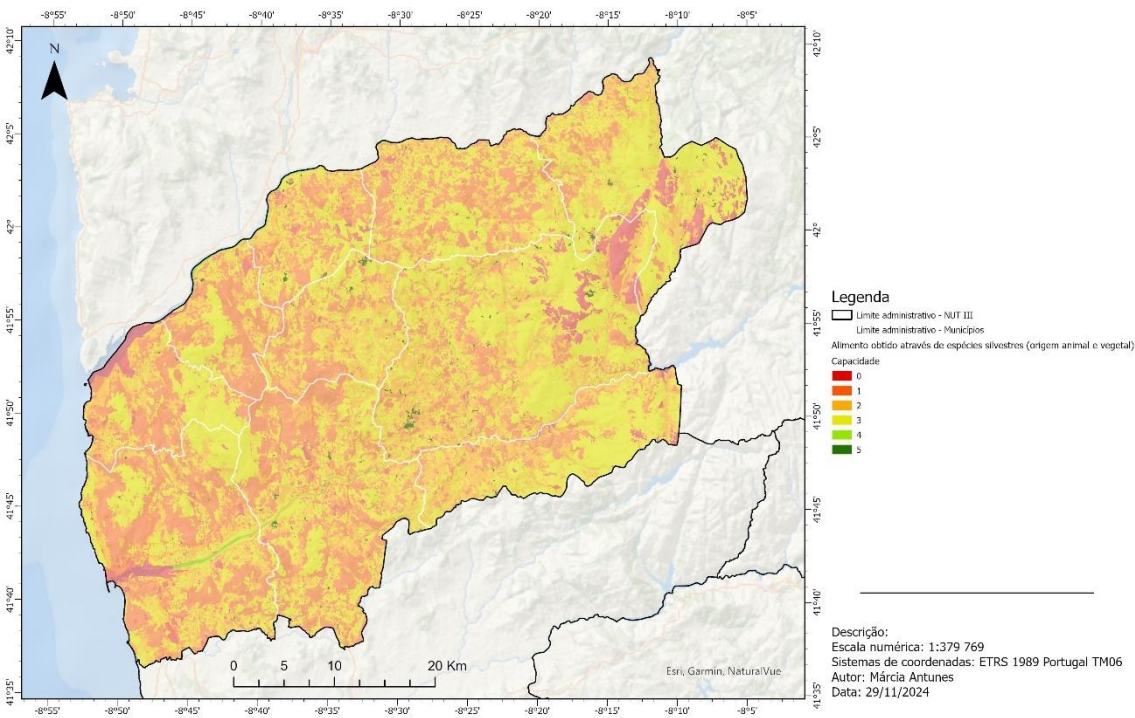


Figura 4.5. Distribuição do SE – Alimento obtido através de espécies silvestres (origem animal e vegetal) (2018).

4.2.1.5. Produção de madeira e produtos relacionados

A produção de madeira no Alto Minho constitui uma das principais atividades de exploração de recursos naturais, sendo significativamente impulsionada pela predominância de plantações de eucalipto (Figura 4.6; Quadro 4.5). Atualmente, a floresta de produção na região é ocupada maioritariamente por eucaliptos, seguidos de algumas áreas com povoamentos de pinheiro. Existe também a produção de madeira proveniente de carvalhos e outras espécies de árvores de folha caduca, embora estas

tenham uma expressão menos significativa em termos de volume produzido. Este SE está, predominantemente, associado às áreas florestais, que concentram a maior parte da capacidade produtiva. Contudo, verifica-se também alguma contribuição de áreas agrícolas e de territórios artificializados, especialmente em espaços verdes, jardins ou pomares, que integram espécies arbóreas com potencial para a produção de madeira, ainda que em menor escala.

Toda a área florestal possui potencial para produção de madeira, mas existem trade-offs que influenciam a sua utilização. A decisão de priorizar a conservação da natureza ou o uso da floresta para recreio e lazer, mantendo-a como refúgio de biodiversidade, pode limitar a exploração produtiva. Nestes casos, a capacidade produtiva teórica pode permanecer elevada, mas a sua utilização efetiva é restringida. Além disso, áreas inacessíveis para corte e recolha de madeira também mantêm a sua capacidade potencial, mas com uma utilidade prática limitada devido a restrições logísticas e operacionais.

Quadro 4.5. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Produção de Madeira e Produtos Relacionados, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	16926	27133	843	0	58527	5845	457	2827
1	1228	4606	0	0	0	0	0	0
2	171	4087	0	0	0	0	0	0
3	0	5155	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	94044	0	0	0	0

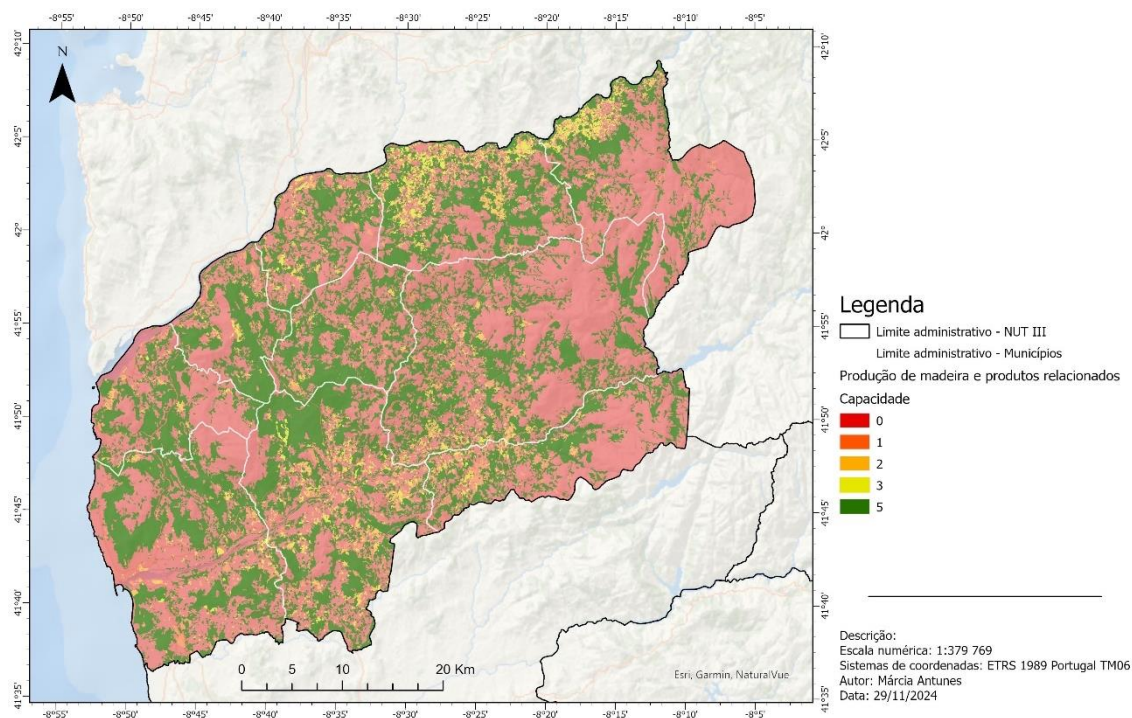


Figura 4.6. Distribuição do SE – Produção de Madeira e Produtos Relacionados (2018).

4.2.2 Serviços de Regulação e Manutenção

4.2.2.1. Regulação da qualidade do ar

O território do Alto Minho caracteriza-se por uma predominância de áreas florestais, as quais desempenham um papel fundamental na regulação da qualidade do ar, ao captarem dióxido de carbono e libertarem oxigénio através do processo de fotossíntese (Figura 4.7; Quadro 4.6). Estas áreas florestais, além de contribuírem para a mitigação das alterações climáticas, funcionam como sumidouros de carbono e filtros naturais que reduzem a poluição atmosférica. A biodiversidade associada às florestas da região é outro fator relevante, uma vez que promove a estabilidade dos ecossistemas e reforça a resiliência ambiental.

No entanto, as áreas agrícolas, embora ocupem uma menor proporção do território, também desempenham um papel significativo na qualidade do ar e nos SE. Em particular, os campos agrícolas, sobretudo os de cultivo extensivo e práticas biológicas, podem contribuir para a fixação de carbono no solo e reduzir a emissão de gases de efeito estufa, principalmente se forem adotadas técnicas de agricultura sustentável. Adicionalmente, as áreas agrícolas de pastagem e cultivo no Alto Minho complementam a função das

florestas ao fornecerem mosaicos paisagísticos que promovem a conectividade ecológica e a circulação de ar puro.

Quadro 4.6. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Regulação da qualidade do ar, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	18112	0	0	0	0	574	457	1555
1	54	0	843	0	0	5271	0	1272
2	42	8862	0	0	58527	0	0	0
3	117	31508	0	0	0	0	0	0
4	0	611	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	94044	0	0	0	0

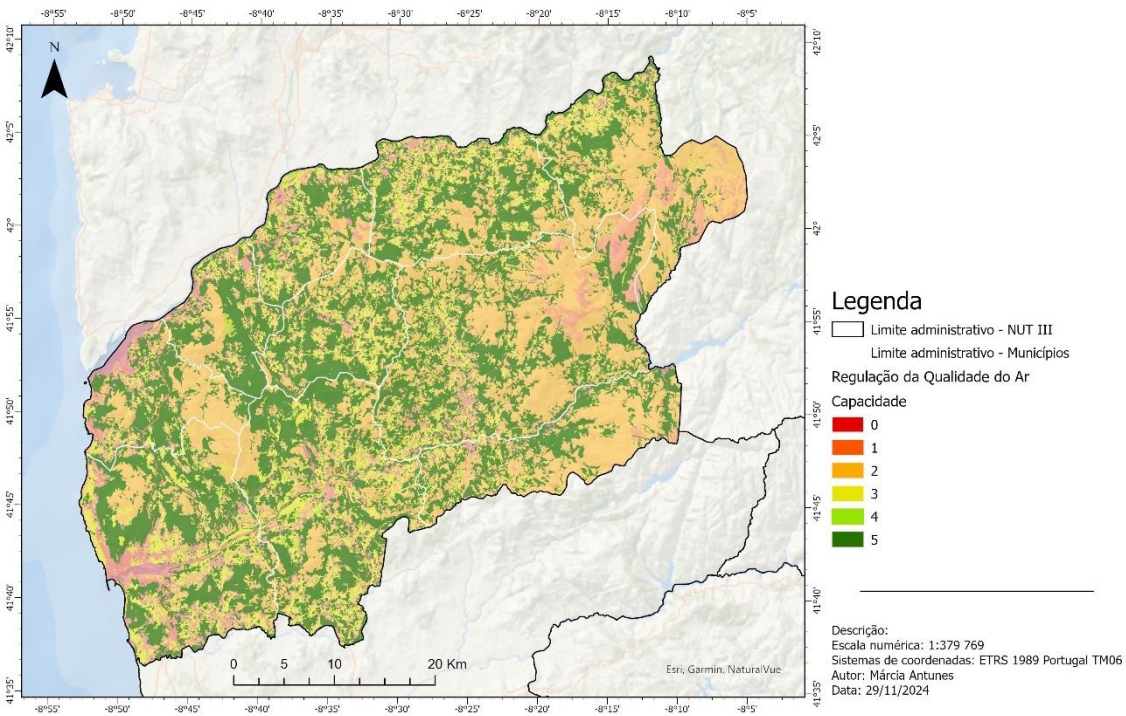


Figura 4.7. Distribuição do SE – Regulação da qualidade do ar (2018).

4.2.2.2. Proteção contra a erosão do solo

O SE de controlo da erosão do solo no Alto Minho está ligado às áreas florestais e aos matos, que desempenham um papel central na estabilização do solo (Figura 4.8; Quadro 4.7). As florestas, devido à sua cobertura vegetal densa e à presença de raízes profundas,

oferecem uma barreira física que reduz a ação erosiva da chuva e do vento, limitando a perda de solo e prevenindo deslizamentos de terras, especialmente em áreas montanhosas e com grande declive. As espécies arbóreas predominantes, como o eucalipto e o pinheiro, contribuem para este efeito, embora as florestas autóctones de carvalhos e outras espécies de folha caduca proporcionem uma proteção mais eficaz e sustentável a longo prazo, devido à sua capacidade de preservar a estrutura e a fertilidade do solo.

Os matos, por sua vez, também desempenham um papel relevante no controlo da erosão, especialmente em áreas onde a floresta está ausente ou degradada. A vegetação arbustiva cobre o solo, diminuindo a exposição direta à chuva e ao escoamento superficial, enquanto as raízes ajudam a consolidar a camada superficial do terreno. Estas áreas de matos são particularmente importantes em zonas de transição ou em territórios de menor densidade florestal, onde atuam como protetores naturais contra a perda de solo.

Em contraste, as áreas agrícolas, dependendo do tipo de práticas adotadas, podem tanto mitigar quanto agravar os processos de erosão. Práticas agrícolas convencionais, que envolvem a remoção da vegetação ou a exposição contínua do solo, tendem a aumentar o risco de erosão, especialmente em terrenos inclinados. Contudo, a implementação de técnicas como a sementeira direta, as coberturas vegetais e os sistemas agroflorestais pode reduzir significativamente a vulnerabilidade do solo à erosão, promovendo um uso mais sustentável do território agrícola.

Quadro 4.7. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Proteção contra a erosão do solo, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	1148	26708	0	0	0	5660	0	2827
1	12809	0	0	0	0	0	457	0
2	4289	9242	843	0	0	0	0	0
3	79	5031	0	0	0	185	0	0
4	0	0	0	94044	0	0	0	0
5	0	0	0	0	58527	0	0	0

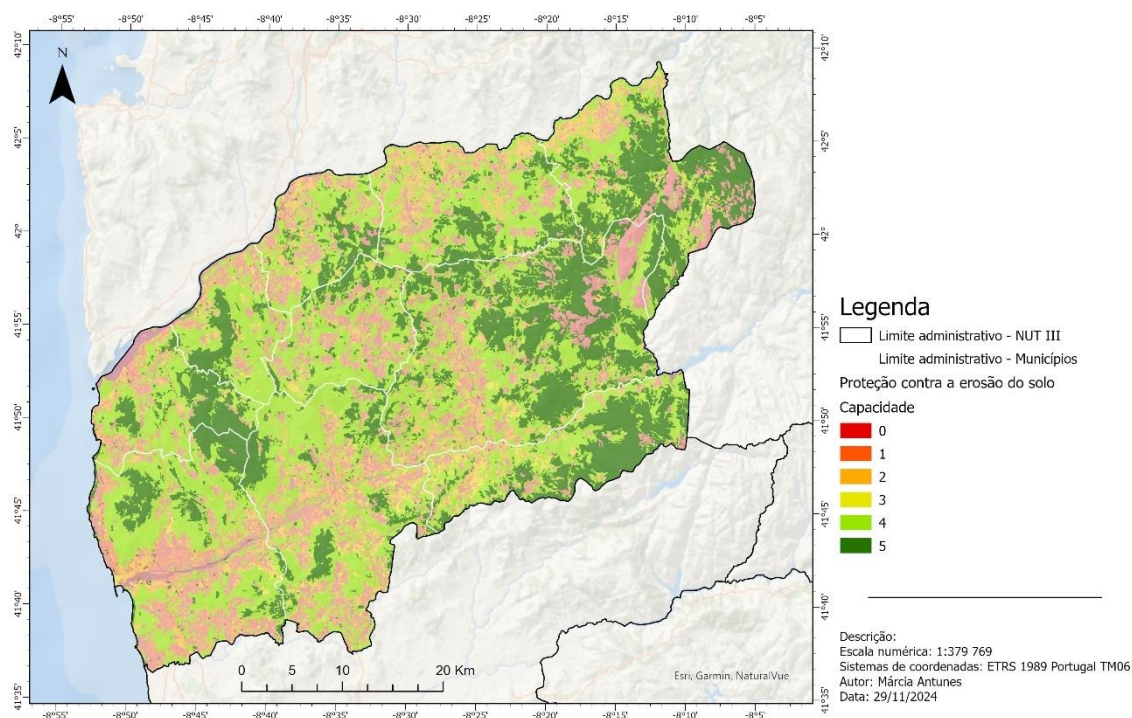


Figura 4.8. Distribuição do SE – Proteção contra a erosão do solo (2018).

4.2.2.3. Regulação do ciclo da água

O SE de regulação do ciclo da água no território do Alto Minho desempenha um papel crucial para a sustentabilidade ambiental e a resiliência das comunidades locais (Figura 4.9; Quadro 4.8). Este serviço é fortemente influenciado pela presença de massas de água, zonas húmidas e áreas florestais, que atuam como elementos-chave na gestão dos fluxos hídricos e na manutenção da qualidade e disponibilidade da água.

As massas de água, como rios, riachos e lagoas, desempenham uma função central na redistribuição da água no território, assegurando a continuidade do ciclo hidrológico. No Alto Minho, rios como o Lima e o Minho constituem corredores ecológicos que não só armazenam e transportam água, mas também promovem a infiltração para os aquíferos subterrâneos, contribuindo para a recarga hídrica. Estas massas de água, muitas vezes associadas a zonas ripícolas, são fundamentais para regular o fluxo das águas, prevenindo cheias em períodos de precipitação intensa e garantindo o abastecimento durante períodos de menor pluviosidade.

As zonas húmidas desempenham um papel complementar e vital. Estas áreas atuam como esponjas naturais, absorvendo e armazenando grandes volumes de água durante os períodos de chuvas intensas, libertando-a gradualmente ao longo do tempo. Esta

capacidade de retenção ajuda a reduzir o risco de inundações e erosão, enquanto contribui para a manutenção da humidade no solo, essencial para a biodiversidade e para os sistemas agrícolas adjacentes. Além disso, as zonas húmidas têm um impacto direto na qualidade da água, funcionando como filtros naturais que removem sedimentos, nutrientes em excesso e poluentes.

As florestas são igualmente fundamentais na regulação do ciclo da água. A cobertura florestal no Alto Minho, dominada por eucaliptos, pinheiros e carvalhos, influencia diretamente os processos de infiltração, evapotranspiração e retenção de água. As árvores, através do seu sistema radicular, facilitam a infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial e promovendo a recarga dos lençóis freáticos. A evapotranspiração desempenhada pelas florestas também contribui para o equilíbrio climático regional, devolvendo uma parte da água à atmosfera e influenciando os padrões de precipitação.

Quadro 4.8. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Regulação do Ciclo da água, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	18112	4843	843	0	0	0	0	6
1	54	568	0	0	0	5660	0	0
2	159	35570	0	79824	0	185	0	22
3	0	0	0	0	58527	0	457	0
4	0	0	0	14220	0	0	0	1233
5	0	0	0	0	0	0	0	1566

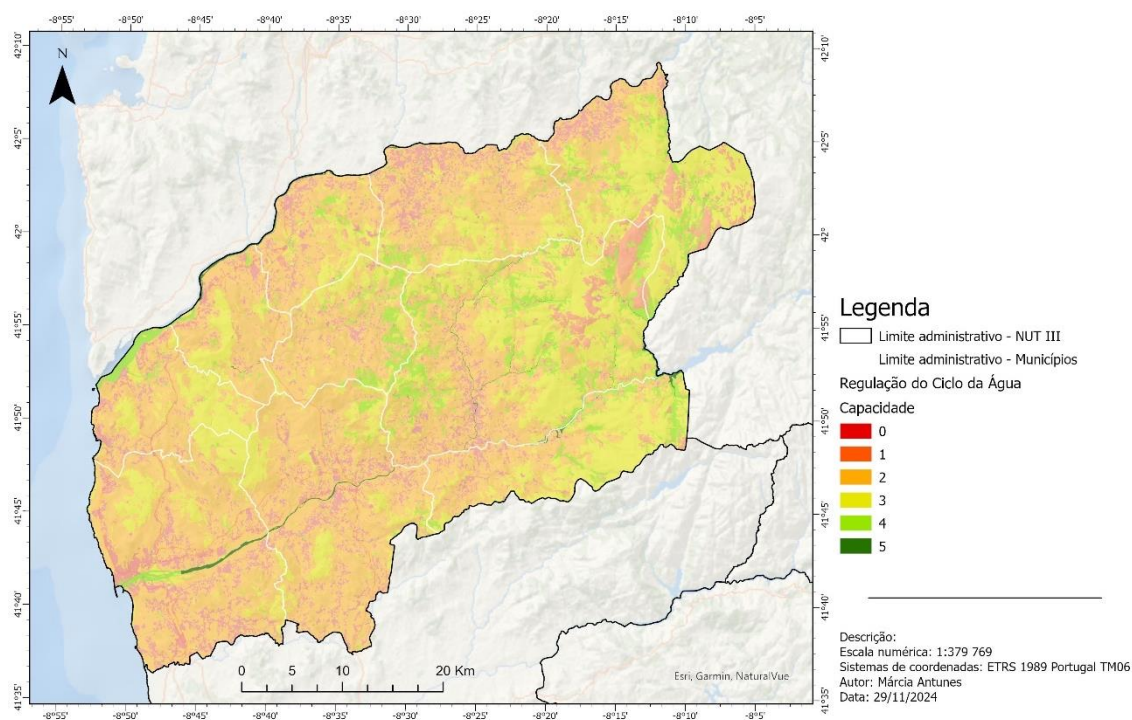


Figura 4.9. Distribuição do SE – Regulação do Ciclo da água (2018).

4.2.2.4. Proteção contra incêndios

O SE de proteção contra incêndios no Alto Minho está diretamente relacionado com a gestão das áreas florestais, a estrutura do território e as práticas de ordenamento do solo (Figura 4.10; Quadro 4.9). Dada a elevada cobertura florestal da região, este serviço assume um papel central na redução do risco de incêndios florestais, cuja frequência e intensidade têm vindo a aumentar devido a fatores como as alterações climáticas, o abandono das práticas agrícolas e florestais tradicionais e a proliferação de monoculturas, como o eucalipto.

A gestão florestal sustentável desempenha um papel crucial na mitigação dos incêndios, pois permite criar paisagens mais resilientes e menos suscetíveis à propagação do fogo.

No Alto Minho, onde a densidade florestal é significativa, a implementação de uma gestão florestal sustentável é ainda mais relevante devido à crescente pressão exercida pelas alterações climáticas, que resultam em verões mais quentes e secos, condições que aumentam a vulnerabilidade da região aos incêndios florestais.

Este SE está diretamente relacionado com as ocupações do solo, influenciando tanto a probabilidade de ocorrência como a propagação dos incêndios. Determinados tipos de

ocupação, como florestas densas ou monoculturas, podem aumentar o risco de incêndio devido à elevada acumulação de material combustível. Em contrapartida, mosaicos paisagísticos diversificados, compostos por áreas agrícolas, pastagens e zonas florestais bem geridas, podem funcionar como barreiras naturais, reduzindo a continuidade do combustível e, consequentemente, a intensidade e a propagação dos incêndios. Adicionalmente, a manutenção de zonas de vegetação autóctone, frequentemente mais resilientes ao fogo, contribui para uma menor vulnerabilidade da paisagem. Desta forma, a gestão cuidada das ocupações do solo é importante para potenciar este serviço, minimizando o risco de incêndios e protegendo ecossistemas e comunidades.

Quadro 4.9. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Proteção contra incêndios, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	17400	0	843	0	0	5845	0	6
1	0	0	0	28271	0	0	0	1233
2	925	26877	0	35396	0	0	457	0
3	0	14104	0	0	58527	0	0	0
4	0	0	0	30377	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	1588

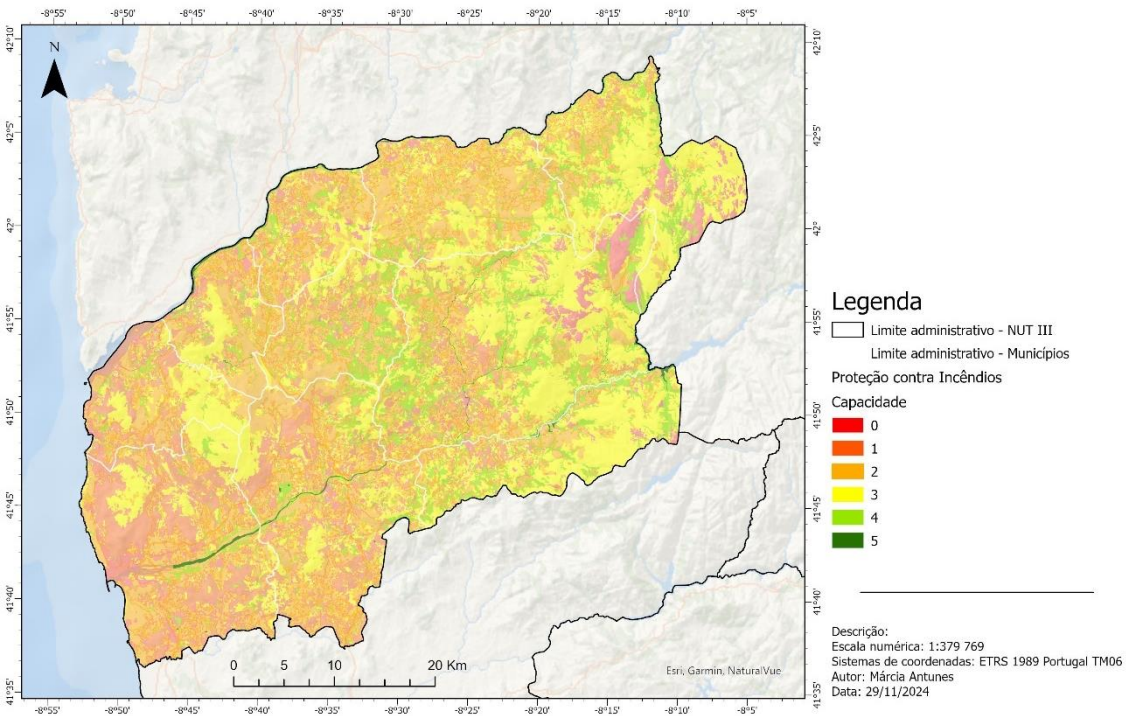


Figura 4.10. Distribuição do SE – Proteção contra incêndios (2018).

4.2.2.5. Proteção de habitat para espécies (incluindo polinização)

No Alto Minho, a proteção de habitat para espécies, incluindo a polinização, é um dos SE mais relevantes, essencial para a manutenção da biodiversidade e para o equilíbrio dos ecossistemas (Figura 4.11; Quadro 4.10). As ocupações do solo com maior capacidade para fornecer este serviço incluem os matos, a agricultura e as florestas, que, em conjunto, oferecem refúgio e alimento para inúmeras espécies. Os matos, ao manterem uma vegetação densa e diversa, constituem habitats importantes para pequenos mamíferos, aves e insetos polinizadores. As áreas agrícolas, quando geridas de forma sustentável, proporcionam recursos, como flores silvestres para os polinizadores, enquanto as florestas criam espaços de abrigo e reprodução para uma grande variedade de fauna. A interação destas ocupações não só sustenta as redes ecológicas locais, mas também assegura a polinização de culturas agrícolas e a continuidade de processos ecológicos fundamentais, reforçando a importância de estratégias integradas de conservação e ordenamento do território.

Quadro 4.10. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Proteção de habitat para espécies (incluindo polinização), por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	2263	0	0	0	0	389	0	1555
1	4137	4893	0	23	0	5271	0	22
2	11925	31313	843	1430	0	0	457	0
3	0	169	0	34011	0	185	0	1250
4	0	4606	0	28271	0	0	0	0
5	0	0	0	16155	58527	0	0	0

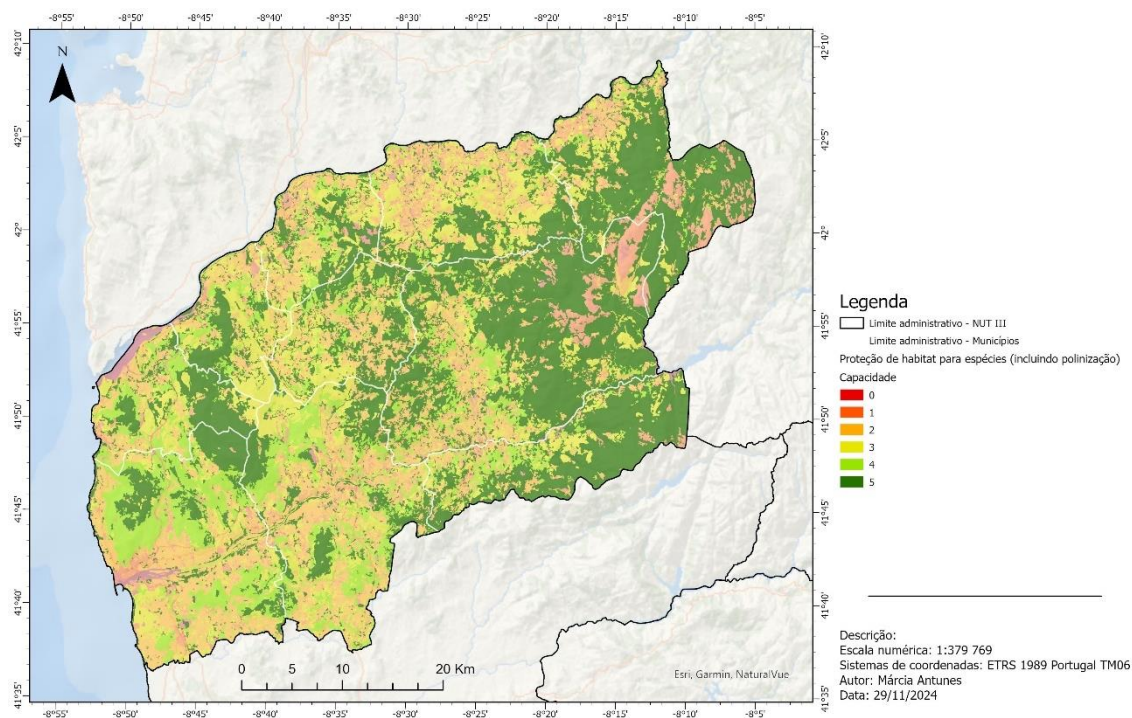


Figura 4.11. Distribuição do SE – Proteção de habitat para espécies (incluindo polinização) (2018).

4.2.2.6. Controlo de pragas e doenças

O controlo de pragas e doenças no Alto Minho é essencial para proteger os ecossistemas agrícolas e florestais, afetados por espécies invasoras e alterações climáticas (Figura 4.12; Quadro 4.11). Na agricultura, práticas como rotação de culturas, uso de espécies auxiliares e monitorização ajudam a mitigar os impactos. Nas florestas, a gestão sustentável e a diversificação de espécies reduzem a vulnerabilidade a pragas e doenças como o nemátodo do pinheiro. A prevenção e erradicação de espécies invasoras, aliadas a políticas de controlo, sensibilização e inovação tecnológica, são cruciais para a sustentabilidade económica e ambiental da região.

Quadro 4.11. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Controlo de pragas e doenças, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	3180	0	0	3000	0	5845	457	2827
1	12405	40812	0	0	0	0	0	0
2	2740	0	843	26635	58527	0	0	0
3	0	169	0	50253	0	0	0	0
4	0	0	0	14156	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0

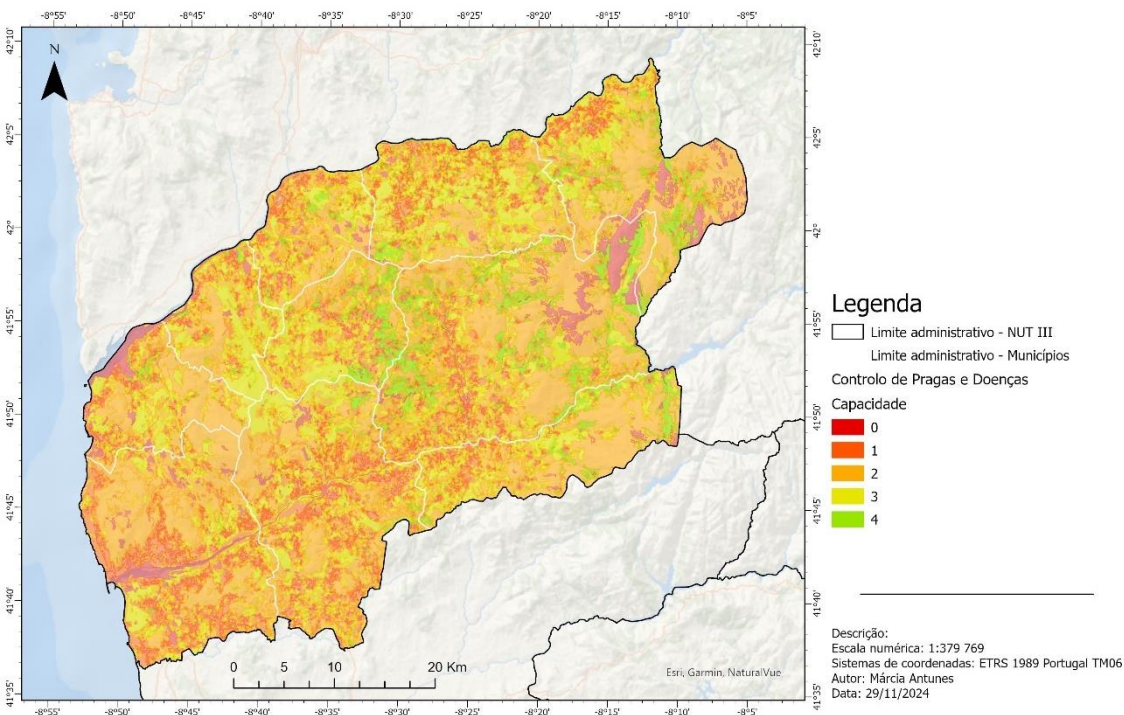


Figura 4.12. Distribuição do SE – Controlo de pragas e doenças (2018).

4.2.2.7. Regulação do clima

A regulação do clima no Alto Minho é fortemente influenciada pelas florestas, matos, áreas agrícolas, pastagens e massas de água, que desempenham um papel crucial no sequestro de carbono e na estabilização climática (Figura 4.13; Quadro 4.12). As florestas e matos destacam-se pela sua elevada capacidade de absorção de CO₂, enquanto as pastagens e áreas agrícolas contribuem, embora em menor escala, para a retenção de carbono no solo. As massas de água, além de regularem a temperatura local, ajudam na

manutenção da humidade. A gestão sustentável destes recursos é essencial para fortalecer o papel do território na mitigação das alterações climáticas.

Quadro 4.12. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Regulação do clima, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	18112	0	0	0	0	0	0	6
1	54	0	0	0	0	0	0	0
2	42	26708	0	0	0	5845	0	0
3	0	169	0	0	0	0	0	1588
4	117	14104	843	94044	58527	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	457	1233

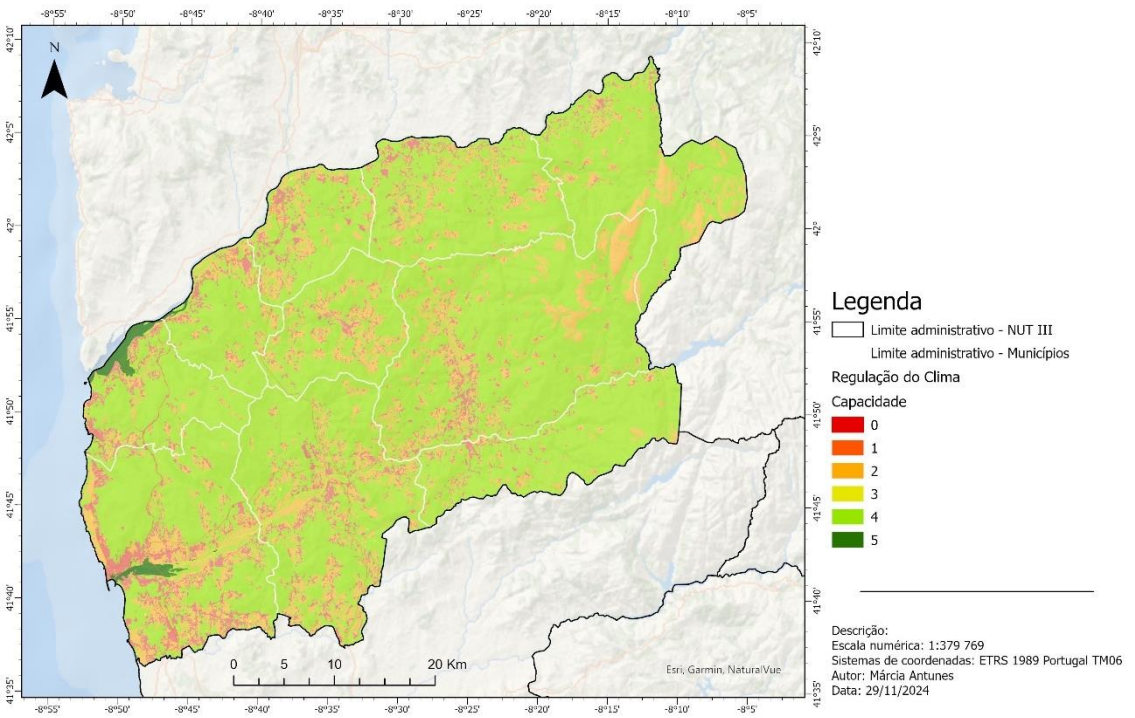


Figura 4.13. Distribuição do SE – Regulação do clima (2018)

4.2.3 Serviços Culturais

4.2.3.1. Recreio, lazer e turismo

O Alto Minho tem no turismo um dos pilares da sua economia, com o recreio, lazer e turismo a serem impulsionados pelas suas paisagens naturais (Figura 4.14; Quadro 4.13). A floresta, em particular nas áreas protegidas, é um recurso essencial, oferecendo espaços para atividades ao ar livre, como caminhadas, observação de fauna e flora, e contacto com a natureza. As massas de água, como rios e lagoas, também atraem turistas, proporcionando atividades como passeios de barco, pesca e lazer aquático. Este setor tem grande importância na região, estimulando a economia local e promovendo a conservação ambiental, dado o interesse turístico pelas paisagens naturais do Alto Minho.

Quadro 4.13. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Recreio, lazer e turismo, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	2563	0	0	0	0	0	0	6
1	11	26708	0	28271	0	5660	0	0
2	11778	14273	843	0	58527	0	0	10
3	3682	0	0	1430	0	0	0	316
4	291	0	0	50187	0	0	0	1233
5	0	0	0	14156	0	185	457	1262

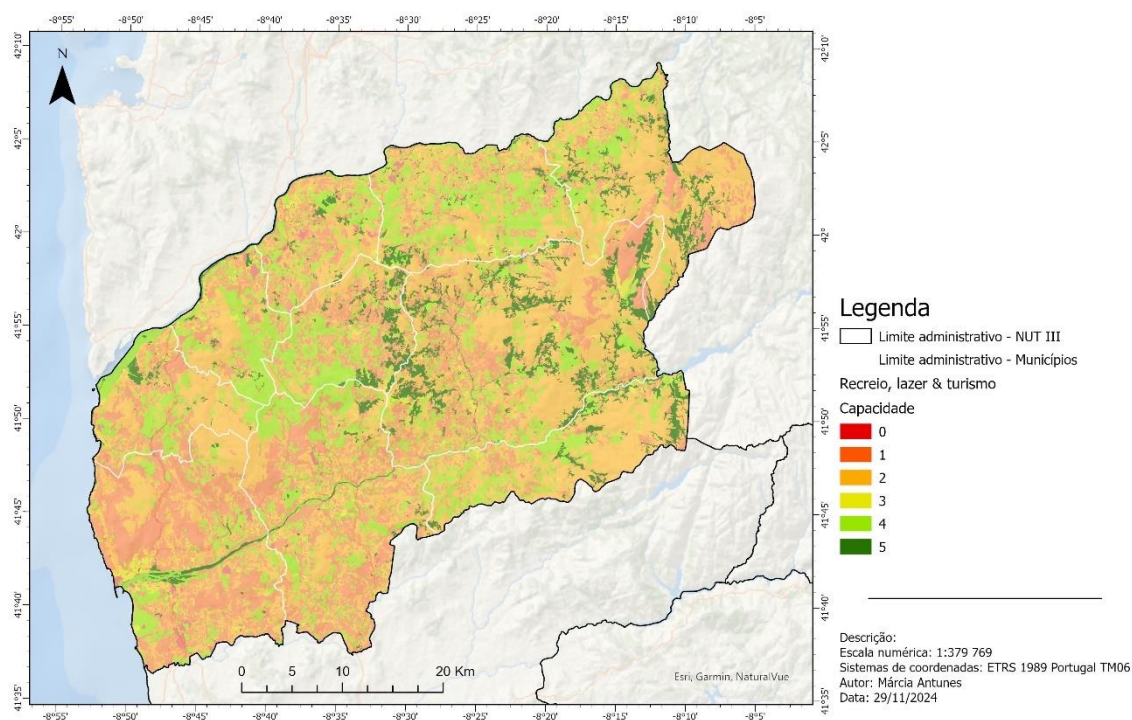


Figura 4.14. Distribuição do SE – Recreio, lazer e turismo (2018)

4.2.3.2. Educação e conhecimento científico

O serviço de Educação e Conhecimento Científico no Alto Minho é amplamente influenciado pelas diversas ocupações do solo presentes na região (Figura 4.15; Quadro 4.14). Seja através da agricultura, das florestas, das áreas urbanas ou das massas de água, cada uma destas utilizações do território contribui para o desenvolvimento e difusão de conhecimento, seja por meio de estudos científicos, atividades educativas ou iniciativas de sensibilização ambiental. As universidades, centros de pesquisa e programas educativos ligados ao meio ambiente desempenham um papel importante na promoção do entendimento e da preservação dos ecossistemas locais. Assim, o Alto Minho integra, de forma holística, várias dimensões do saber, em estreita relação com a gestão sustentável do território.

Quadro 4.14. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Educação e conhecimento científico, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	49	0	0	0	0	0	0	0
1	2311	0	0	0	0	0	0	0
2	3578	0	0	1636	0	5660	0	0
3	12196	32288	843	62031	58527	4	0	6
4	117	8693	0	30377	0	181	457	1559
5	74	0	0	0	0	0	0	1262

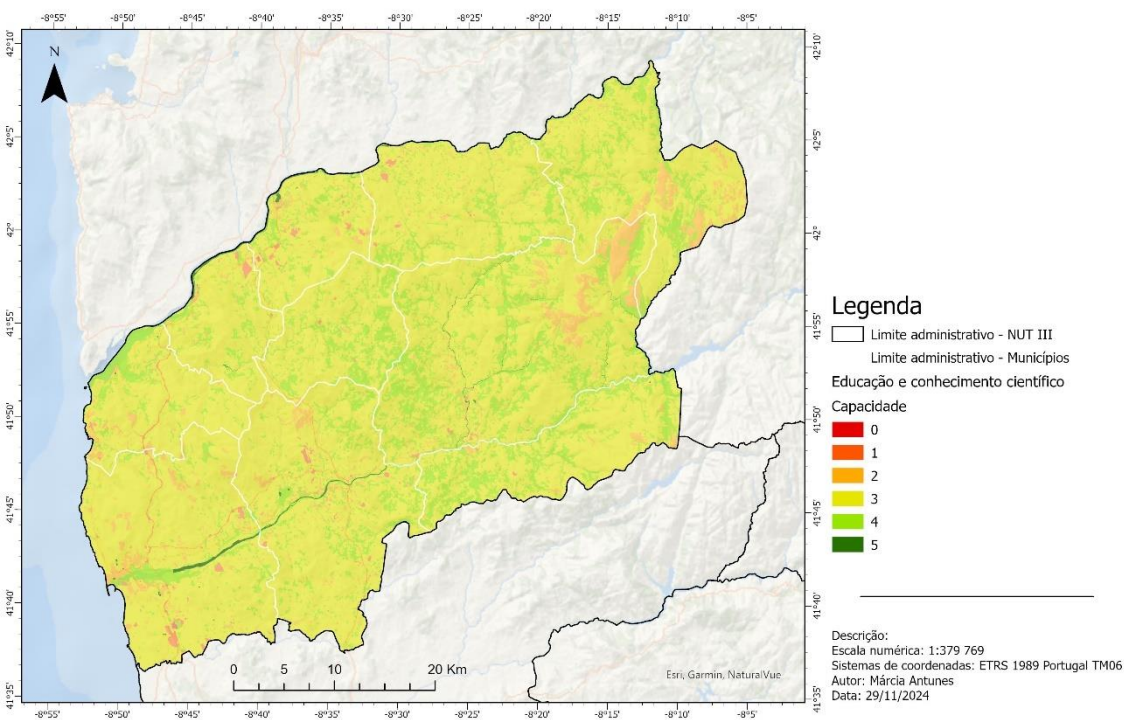


Figura 4.15. Distribuição do SE – Educação e conhecimento científico (2018).

4.2.3.3. Valor estético

O valor estético do Alto Minho é intrinsecamente ligado à diversidade dos seus ecossistemas e à coexistência entre as atividades humanas e a natureza (Figura 4.16; Quadro 4.15). As áreas protegidas preservam paisagens de grande beleza, localizadas desde as zonas montanhosas até às zonas costeiras, proporcionando um panorama único e de grande valor visual. A agricultura familiar, ainda muito praticada nesta região, contribui para manter uma paisagem culturalmente enriquecida, caracterizada por campos

agrícolas, pomares e vinhas, que embelezam o território, enquanto promovem a sustentabilidade local.

A transição dos habitats da montanha ao mar é um dos aspetos mais diferenciadores do Alto Minho, com uma variedade de ambientes naturais que incluem florestas, matos, campos agrícolas e zonas húmidas. Esta diversidade de paisagens é um dos principais atrativos estéticos da região, sendo valorizada tanto pela população local como pelos turistas. Assim, o Alto Minho não só preserva um património natural de inestimável valor estético, mas também reforça a identidade cultural e ambiental da região.

Quadro 4.15. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Valor estético, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	464	0	0	0	0	0	0	0
1	2352	0	0	1636	0	389	0	0
2	12062	169	0	0	58527	0	0	6
3	2946	26964	843	27999	0	0	0	326
4	384	13848	0	50187	0	0	457	0
5	117	0	0	14222	0	5456	0	2495

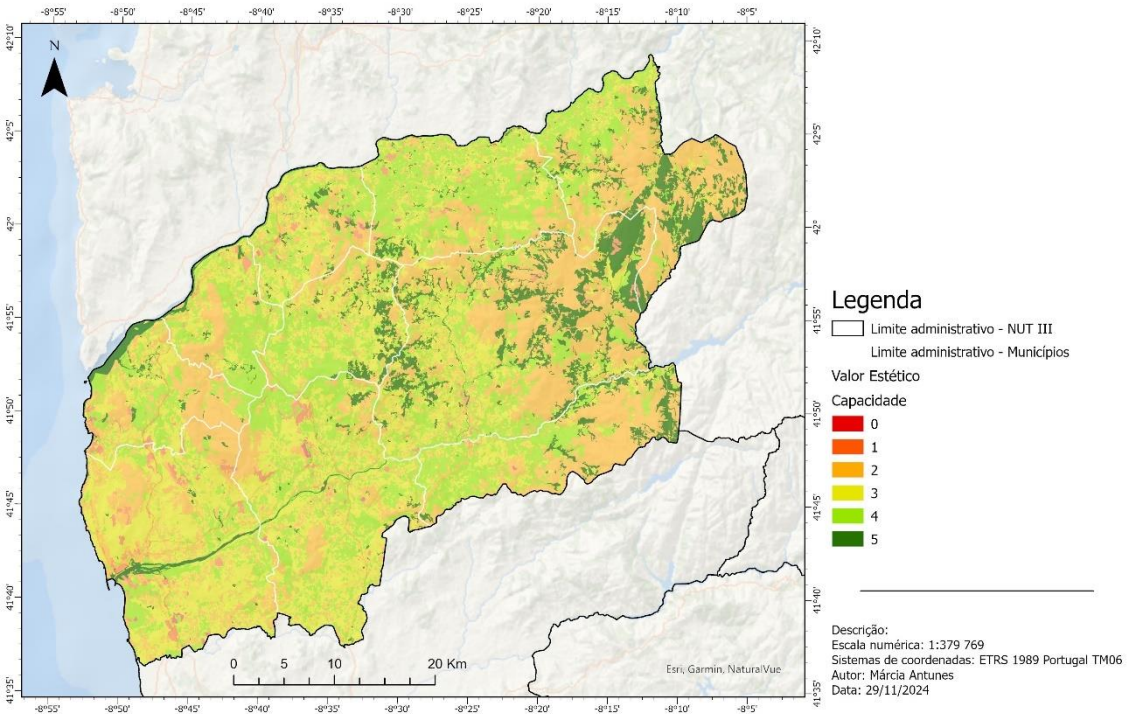


Figura 4.16. Distribuição do SE – Valor estético (2018).

4.2.3.4. Valores espirituais, religiosos, herança cultural ou simbólicos

Os valores espirituais, religiosos, culturais e simbólicos do Alto Minho são profundamente enraizados no território e refletem uma estreita ligação entre a natureza e a identidade local (Figura 4.17; Quadro 4.18). Embora estes valores sejam, em grande parte, associados a territórios artificializados, como aldeias históricas, igrejas, santuários e espaços religiosos, também se manifestam nas paisagens naturais da região, incluindo as florestas e massas de água.

A floresta é muitas vezes vista como um local de reflexão e conexão espiritual. Vários santuários e capelas localizados em zonas florestais ou montanhosas são exemplos de como a natureza e a religião se relacionam, sendo estas áreas de grande significado para as práticas de reza e peregrinação. As massas de água, como rios, lagos e zonas húmidas, também têm um valor simbólico significativo, representando pureza, vida e renovação em muitas tradições locais.

Quadro 4.16. Área total da capacidade de fornecimento do SE – Valores espirituais, religiosos, herança cultural ou simbólicos, por classe nível 1 da COS 2018

Capacidade	Ocupações do Solo (área em ha)							
	Territórios artificializados	Agricultura	Pastagens	Floresta	Matos	Espaços descobertos	Zonas húmidas	Massas de água
0	1525	0	0	0	0	0	0	0
1	589	169	832	1636	0	5660	0	6
2	15710	26964	11	27999	58527	0	0	0
3	299	13848	0	50187	0	4	452	326
4	191	0	0	14222	0	181	5	1245
5	11	0	0	0	0	0	0	1250

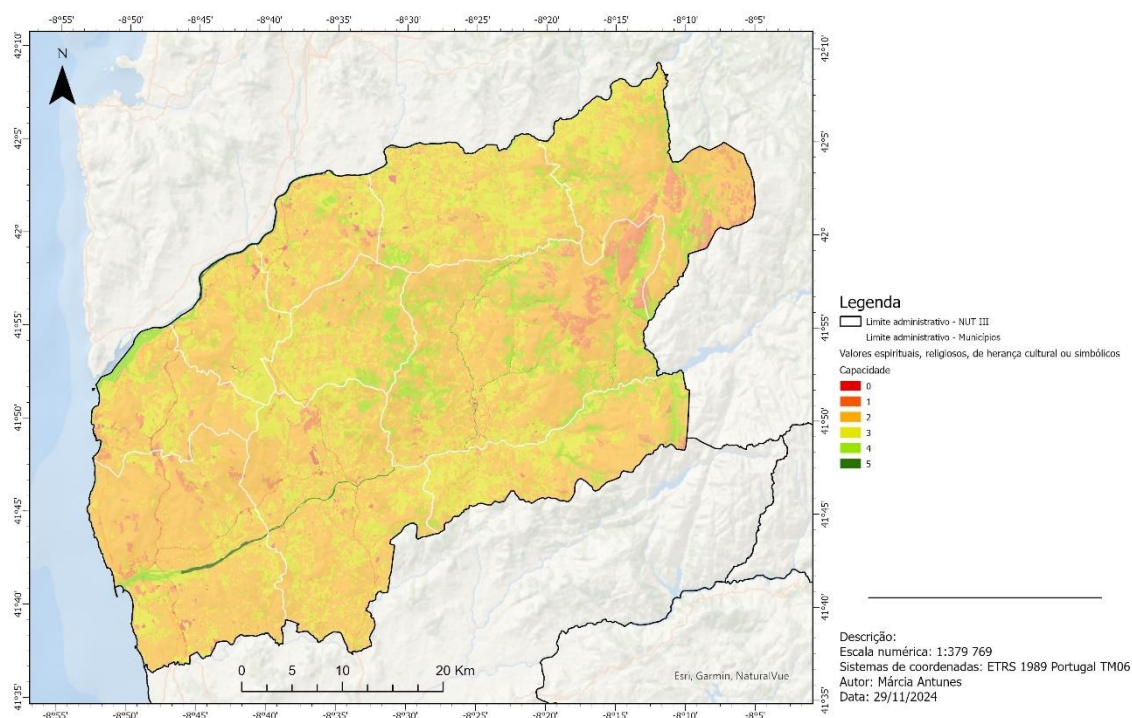


Figura 4.17. Distribuição do SE – Valores espirituais, religiosos, herança cultural ou simbólicos (2018).

4.3. Discussão geral dos resultados

A cartografia dos SE no Alto Minho baseia-se numa abordagem integrada que visa compreender a capacidade de fornecimento de diferentes SE pelos ecossistemas da região. O pressuposto central deste estudo inclina-se sobre interações entre os diferentes usos do solo — como áreas agrícolas, florestais, zonas de pastagem e massas de água — na medida em que influenciam de forma significativa os serviços prestados à população. Além disso, considera-se que as florestas, os matos e as massas de água, como elementos centrais da paisagem, desempenham um papel crucial na regulação de vários SE mapeados.

Este trabalho assume que a gestão sustentável e o uso apropriado do território são fundamentais para garantir a continuidade desses serviços a longo prazo. Outro pressuposto importante é que, embora as práticas humanas, como a agricultura, a pecuária e o turismo, estejam diretamente ligadas à geração de benefícios dos SE, é essencial considerar também os impactos negativos das práticas não sustentáveis, como a monocultura de eucalipto, a invasão de espécies exóticas e a urbanização descontrolada.

A análise revelou que as florestas desempenham um papel central em vários SE, como a regulação do clima, a proteção contra incêndios e a regulação do ciclo da água. A crescente monocultura de eucalipto na região exige uma gestão florestal mais diversificada e sustentável, capaz de mitigar os impactos negativos da homogeneização da paisagem. A promoção de práticas de silvicultura sustentável, como o uso de espécies autóctones e a regeneração natural das florestas, seria uma estratégia eficaz para garantir a resiliência ecológica e a continuidade dos serviços prestados.

As áreas agrícolas e as pastagens desempenham um papel fundamental na aprovisionamento de serviços como a produção de alimentos e o controlo da erosão do solo. Contudo, a modernização e a intensificação da agricultura, associadas ao envelhecimento da população rural e ao abandono de terrenos, podem comprometer a capacidade de fornecimento desses serviços. A implementação de práticas agrícolas e pastorais sustentáveis, como a agroecologia, a rotação de culturas e a gestão integrada da pastagem, contribuiria para a manutenção da biodiversidade e a qualidade do solo, além de melhorar a capacidade de resiliência do ecossistema.

O turismo é uma atividade de grande relevância para a economia do Alto Minho, especialmente devido à sua ligação com os recursos naturais, como as florestas e as massas de água. A crescente pressão do turismo, se não for bem gerida, pode representar um risco para os ecossistemas locais e para a qualidade dos SE. A promoção de um turismo sustentável, que respeite as áreas protegidas e as zonas de elevado valor ecológico, é essencial para garantir que o sector continue a beneficiar da rica biodiversidade da região sem comprometer a sua capacidade de fornecer serviços.

As zonas húmidas e as massas de água do Alto Minho apresentam um papel importante na regulação do ciclo da água, na prevenção de inundações e no suporte à biodiversidade. A proteção dessas áreas, muitas vezes negligenciadas em termos de gestão, deve ser uma prioridade, não apenas pela sua importância ecológica, mas também pelo seu valor cultural e paisagístico. A reabilitação de zonas húmidas degradadas e a conservação de rios e lagos podem ser essenciais para o aumento da resiliência da região a eventos climáticos extremos.

As zonas mais montanhosas e interiores do território do Alto Minho destacam-se por apresentarem uma maior capacidade de fornecimento global de SE, abrangendo aprovisionamento, regulação e manutenção. Este facto deve-se, em grande parte, à

predominância das florestas nestas áreas, uma ocupação do solo que se revela a mais contributiva para a oferta de SE no território (Figura 4.19).

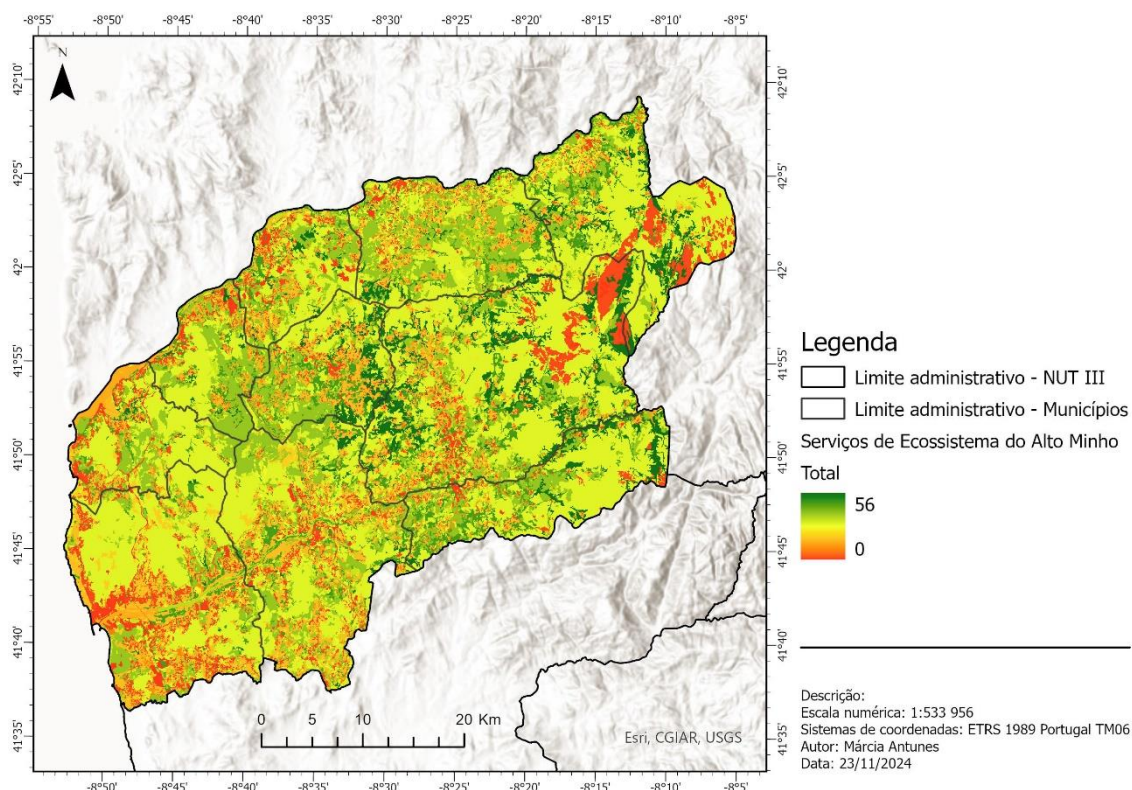


Figura 4.18. Distribuição dos SE no Alto Minho (2018).

4.3.1. Serviços de Aprovisionamento

Os resultados obtidos no presente estudo evidenciam uma maior capacidade de fornecimento de serviços de aprovisionamento nos vales do Alto Minho, destacando-se as áreas agrícolas como os principais fornecedores. Estas áreas, caracterizadas por campos agrícolas situados em áreas de topografia menos acidentada e solos mais férteis, apresentam condições agroecológicas favoráveis para a produção de alimentos. Este cenário é potenciado por um clima temperado e pela disponibilidade de recursos hídricos, que em conjunto criam um ambiente ideal para atividades agrícolas de elevada produtividade.

Para além das áreas agrícolas, os resultados demonstram a importância das florestas para o fornecimento de serviços de aprovisionamento, ainda que de forma complementar. Estas áreas, predominantemente constituídas por florestas autóctones e plantações de espécies exóticas, desempenham um papel relevante na produção de alimentos silvestres,

como cogumelos, frutos do bosque e mel, bem como na produção de madeira. Este último é um recurso de valor económico significativo para o Alto Minho. Assim, as florestas, embora menos destacadas em comparação com os campos agrícolas, contribuem para diversificar a oferta de bens que sustentam as economias locais e regionais.

Este padrão espacial reflete também a interação entre os usos do solo e as características biofísicas do território. Por um lado, as áreas agrícolas são favorecidas pela ocupação tradicional do solo, onde práticas agrícolas intensivas ou semi-intensivas têm sido historicamente adaptadas às condições ambientais específicas dos vales. Por outro lado, a contribuição das florestas, embora menos homogénea, reforça a importância de áreas menos intervencionadas e com maior biodiversidade no aprovisionamento de SE.

Estes resultados sublinham ainda a necessidade de gestão integrada e sustentável destes serviços de aprovisionamento. O equilíbrio entre a expansão agrícola, a preservação das florestas e a manutenção dos ecossistemas naturais será crucial para assegurar a continuidade e a resiliência destes serviços perante desafios futuros, como as alterações climáticas e a pressão demográfica.

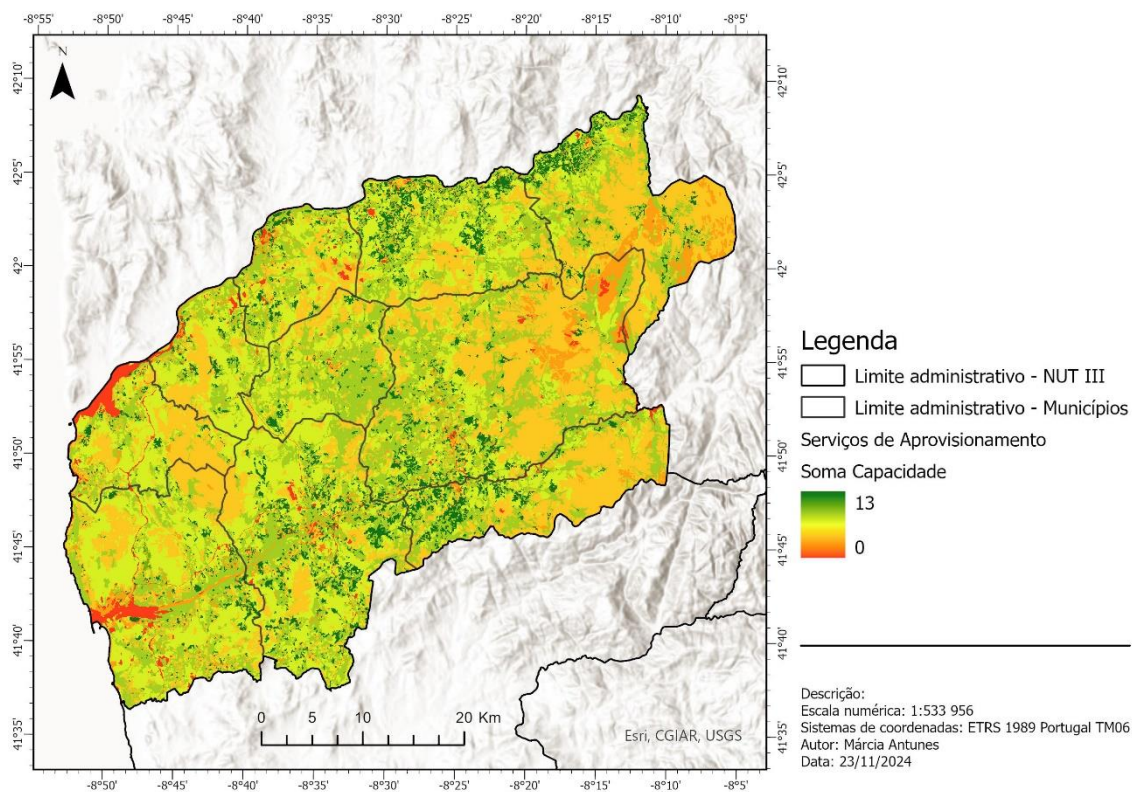


Figura 4.19. Distribuição dos SE de Aprovisionamento no Alto Minho (2018).

4.3.2. Serviços de Regulação e Manutenção

Relativamente aos SE de regulação e manutenção, estes indicam uma maior capacidade de fornecimento nas cabeceiras dos rios, zonas de montanha e áreas protegidas, evidenciando o papel central destas áreas na sustentabilidade do Alto Minho. Estas áreas caracterizam-se por ecossistemas mais naturais e menos alterados, onde a presença de florestas autóctones, turfeiras e vegetação de altitude (ex. matos) contribuem significativamente para a regulação do ciclo da água, controlo da erosão e manutenção da qualidade da água. A elevada capacidade de retenção de carbono e a conservação da biodiversidade são também fatores-chave associados a estas áreas, reforçando a sua importância enquanto pilares para a resiliência ambiental.

Por outro lado, os territórios artificializados, como zonas urbanas e áreas industrializadas, revelam uma capacidade substancialmente reduzida de fornecer serviços de regulação e manutenção. A impermeabilização dos solos, a fragmentação de habitats e a poluição associadas a estas áreas comprometem a funcionalidade ecológica, agravando problemas como as cheias urbanas, a perda de biodiversidade e a degradação da qualidade ambiental. Este contraste evidencia a importância de promover uma gestão territorial que minimize os impactos da artificialização e valorize soluções baseadas na natureza para mitigar os efeitos negativos da expansão urbana.

Apesar do destaque das áreas de montanha e protegidas, os resultados sugerem que a Peneda-Gerês, enquanto território emblemático do Alto Minho, enfrenta desafios significativos na sua capacidade de fornecer serviços de regulação. Este facto deve-se, em parte, à predominância de formações rochosas que limitam a capacidade do solo para desempenhar funções de retenção de água e nutrientes. Adicionalmente, a frequência elevada de incêndios florestais nesta região constitui um fator crítico que compromete a aprovisionamento de serviços de regulação, especialmente no que diz respeito à estabilização dos solos e à prevenção da erosão. Os incêndios não só afetam diretamente a cobertura vegetal necessária para a regulação, como também promovem alterações nos processos ecológicos que podem ter efeitos duradouros sobre os ecossistemas locais.

Estes padrões destacam a dualidade das dinâmicas territoriais no Alto Minho: enquanto as zonas menos intervencionadas continuam a desempenhar um papel importante no fornecimento de serviços de regulação e manutenção, a artificialização e as perturbações

como os incêndios representam ameaças para a resiliência e sustentabilidade destes serviços.

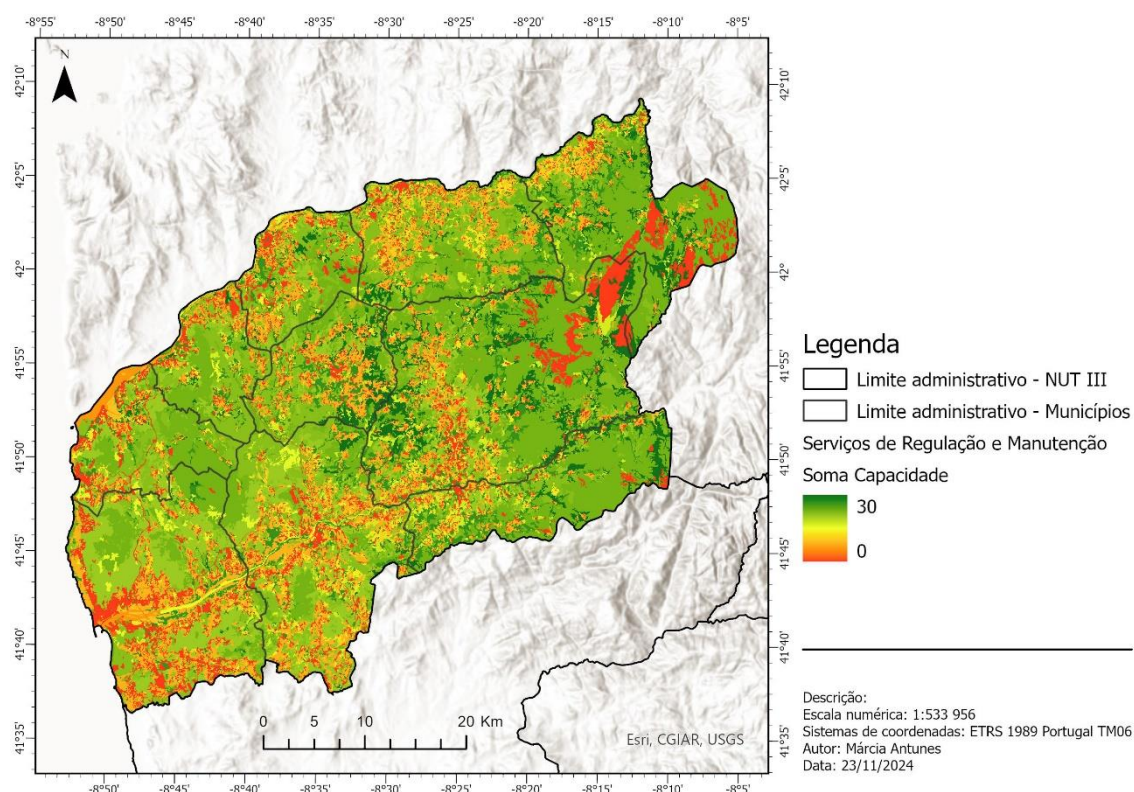


Figura 4.20. Distribuição dos SE de Regulação e Manutenção no Alto Minho (2018).

4.3.3. Serviços Culturais

Os SE culturais apresentam uma distribuição mais uniforme ao longo do território do Alto Minho, refletindo a diversidade de valores culturais, paisagísticos e recreativos associados às diferentes paisagens da região. Esta homogeneidade resulta da presença generalizada de elementos de interesse cultural, histórico e natural em várias escalas, desde áreas urbanas e rurais até zonas de montanha e vales fluviais, contribuindo para a valorização do território como um todo.

A uniformidade no fornecimento de serviços culturais pode ser atribuída à herança cultural e histórica do Alto Minho, bem como à sua variedade paisagística, que inclui aldeias tradicionais, monumentos históricos, santuários religiosos, e áreas naturais de elevado valor estético. Estas características tornam o território atrativo tanto para residentes quanto para visitantes, proporcionando oportunidades de turismo, recreação ao ar livre, e atividades espirituais e educacionais. Por exemplo, a rede de trilhos e percursos

pedestres, presente em grande parte da região, facilita o acesso a paisagens de elevada beleza e ao contacto com a natureza, contribuindo significativamente para a oferta de serviços culturais.

Adicionalmente, a identidade cultural do Alto Minho, marcada por práticas agrícolas tradicionais, festividades locais e pela sua gastronomia, reforça a conexão entre as comunidades e o território, criando um valor imaterial que é amplamente reconhecido. Este vínculo cultural promove um sentimento de pertença e valorização do ambiente local, aumentando a capacidade de fornecimento de serviços culturais independentemente da localização geográfica.

No entanto, é importante reconhecer que, apesar da uniformidade global, podem existir diferenças pontuais na intensidade e tipo de serviços culturais fornecidos em diferentes áreas. Por exemplo, zonas protegidas como o Parque Nacional da Peneda-Gerês são particularmente reconhecidas pela oferta de experiências recreativas e educativas ligadas à natureza e biodiversidade. Já os centros urbanos, como Viana do Castelo, destacam-se por oferecer uma dimensão cultural mais associada ao património arquitetónico e histórico.

Por outro lado, as áreas marcadas pela artificialização excessiva, embora contribuam para a aprovisionamento de serviços culturais relacionados com o património urbano, podem apresentar limitações na oferta de experiências ligadas à natureza ou à tranquilidade.

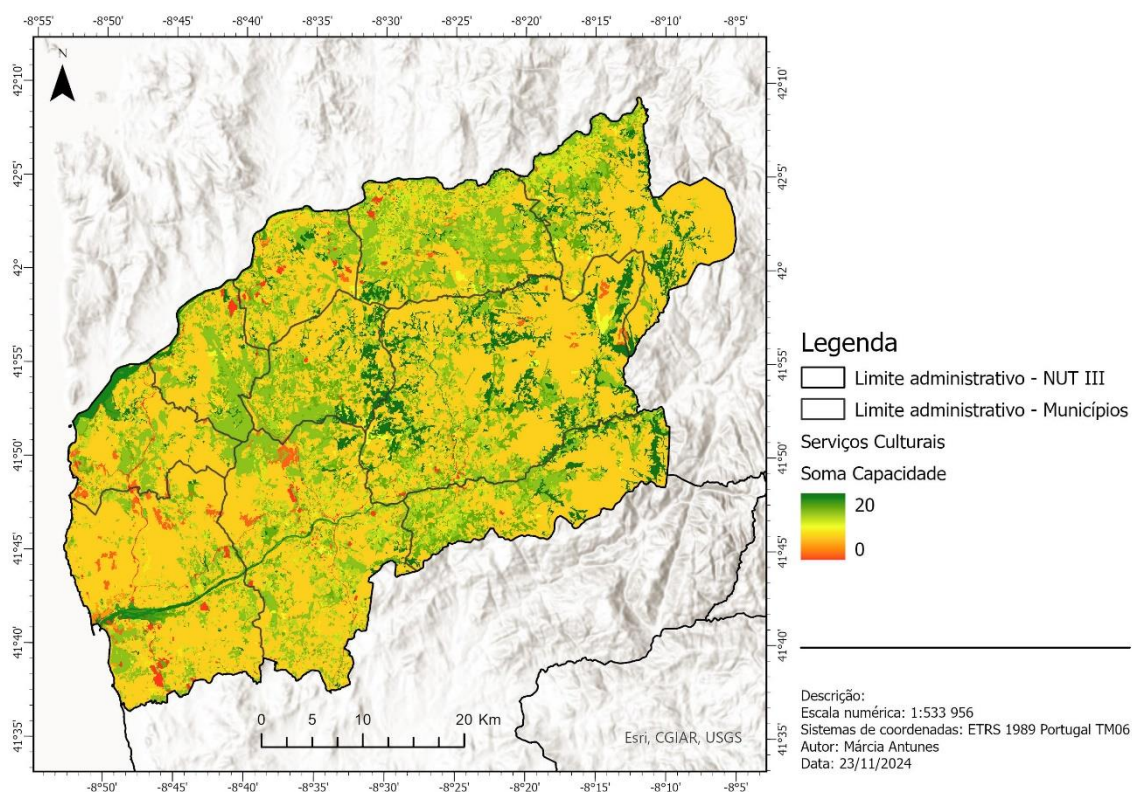


Figura 4.21. Distribuição dos SE Culturais no Alto Minho (2018).

4.3.4. Limitações e pressupostos

Reconhecendo as limitações metodológicas associadas ao uso da Matriz, é necessário destacar a possibilidade de subjetividade na atribuição de pontuações, mesmo com a inclusão de especialistas no processo. Essa subjetividade decorre do fato de que o conhecimento científico e local é traduzido em valores numéricos, o que pode levar a interpretações divergentes entre os especialistas. A atribuição de valores pode ser influenciada por fatores como a formação académica, a experiência profissional e até mesmo a perspetiva pessoal de cada perito. Por exemplo, indivíduos com formações em áreas como paisagismo ou turismo podem atribuir maior valor a determinadas espécies, como a *Acacia dealbata* (nome comum: mimosa), devido à sua atratividade visual. Em contraste, especialistas em ambiente ou florestas consideram essas mesmas espécies como invasoras, atribuindo-lhes menor relevância ou mesmo impacto negativo, especialmente em SE relacionados à biodiversidade e à resiliência dos ecossistemas. Desta forma, a seleção dos especialistas pode influenciar significativamente os resultados, podendo gerar possíveis variações nas classificações atribuídas.

Um aspeto importante a referir é a pequena dimensão da amostra de peritos escolhidos para contribuir na classificação da matriz adaptada à realidade do Alto Minho. Esta limitação pode condicionar a representatividade das avaliações, sobretudo no que diz respeito à atividade e às diferenças de perspetiva entre os diferentes grupos sociais. Peritos oriundos de contextos sociais e profissionais distintos podem apresentar perceções divergentes sobre a capacidade de fornecimento de cada SE. Estas diferenças refletem a diversidade de experiências, conhecimentos e prioridades de cada grupo, destacando a importância de adotar uma abordagem inclusiva e abrangente na construção da matriz, de modo a captar a complexidade e as múltiplas dimensões da realidade local.

Esta variabilidade reflete a natureza intrínseca da Matriz de SE, que se baseia em pressupostos subjetivos, ainda que fundamentados em evidências científicas e no conhecimento empírico local. O primeiro pressuposto é que a pontuação atribuída reflete a perceção dos especialistas em relação aos SE classificados. O segundo pressuposto é que, ao combinar as pontuações de diferentes peritos, as variações individuais serão mitigadas, resultando numa média representativa e equilibrada. Por fim, parte-se do princípio de que a validação por um painel diversificado de especialistas permite ajustar possíveis variações, proporcionando uma análise mais fiel à realidade. No entanto, é importante reconhecer que esses pressupostos não eliminam completamente a subjetividade, mas procura, minimizá-la, tornando a metodologia adequada para o contexto regional do Alto Minho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos SE no Alto Minho revelou-se importante para compreender as dinâmicas entre os sistemas naturais e as atividades humanas. Esta investigação permitiu identificar os principais SE presentes na região.

Os vales agrícolas destacam-se como áreas com maior capacidade no fornecimento de serviços de aprovisionamento, beneficiando de condições biofísicas favoráveis para a produção de alimentos. A complementaridade das florestas, pela sua contribuição para a produção de alimentos silvestres e madeira, reforça a importância de uma gestão equilibrada dos usos do solo que assegure a sustentabilidade destes recursos. Paralelamente, os serviços de regulação e manutenção concentram-se principalmente nas zonas de montanha e áreas protegidas, onde ecossistemas menos alterados desempenham um papel importante na conservação da natureza. Contudo, desafios significativos, como os incêndios florestais e as limitações impostas pelas áreas predominantemente rochosas da Peneda-Gerês, comprometem parcialmente a eficiência destes serviços, evidenciando a necessidade de estratégias de mitigação e recuperação ecológica.

A análise revelou que os serviços culturais, como os relacionados com a apreciação estética da paisagem e o turismo de natureza, continuam a desempenhar um papel importante no Alto Minho. No entanto, estes dependem fortemente da integridade ecológica e da preservação das tradições locais. As áreas que mantêm características naturais continuam a oferecer maior diversidade de SE.

Este trabalho contribuiu para um conhecimento da relação entre a ocupação do solo e os SE no Alto Minho, fornecendo uma base para a gestão do território e para a estruturação de estratégias que valorizem a conservação da natureza, a sustentabilidade e a promoção dos serviços baseados na natureza. Contudo, destaca-se a necessidade de um acompanhamento contínuo das mudanças no território, de forma a mitigar os impactos negativos e a preservar os SE essenciais à qualidade de vida das populações.

A manutenção e valorização dos SE no Alto Minho dependerá de um planeamento estratégico que integre os diferentes valores e potencialidades do território. O equilíbrio entre proteção ambiental, gestão sustentável dos recursos e valorização do património cultural e natural será fundamental para garantir a resiliência ecológica e o bem-estar das comunidades locais, assegurando a sustentabilidade deste território.

Destaca-se que a intenção deste estudo não se limita à documentação teórica, mas almeja a divulgação ampla entre as diversas entidades, públicas e privadas, considerando as necessidades territoriais, sociais, económicas e ambientais, específicas do território.

Este trabalho poderá servir como uma base para a continuidade do estudo dos SE no território do Alto Minho. Em investigações futuras, poderá ser possível focar a cartografia em áreas de menor dimensão e suportados em outros métodos suportadas em análise de os processos, permitindo uma análise detalhada e à escala adequada de todos os SE presentes numa determinada parcela do território. A produção e acesso a uma cartografia funcional de maior detalhe das cartas de ocupação e uso do solos associados aos processos hidrológicos, de formação e conservação do solo, das dinâmicas de vegetação associadas às dinâmicas populacionais e económicas podem melhorar o avanço na qualidade e aplicação dos serviços estimados relativamente ao seu potencial no quadro de uma ocupação ótima. Esta abordagem específica poderá fornecer informações precisas sobre a interação local entre os diferentes usos do solo e o fornecimento de SE, contribuindo para uma gestão territorial mais eficiente e informada.

Outro caminho promissor para investigações futuras poderá ser o aprofundamento da metodologia, com destaque para a inclusão de outras tecnologias, como os dados LiDAR, no processo de mapeamento. A utilização de dados LiDAR oferece a possibilidade de identificar com maior resolução de todas as camadas do território, proporcionando um nível de detalhe que pode transformar significativamente os resultados obtidos. Por exemplo, uma floresta de carvalhos com 5 anos apresenta uma capacidade de fornecimento de SE bastante distinta de uma floresta de carvalhos com 60 anos, devido às diferenças na sua estrutura, biomassa e maturidade ecológica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adem Esmail, B., Cortinovis, C., Wang, J. (2023) Mapping and assessing ecosystem services for sustainable policy and decision-making in Eritrea. *Ambio* 52, 1022–1039. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01841-4>
- Almeida T., Pina C., Ramos IL., Pereira LI., Pedro M., Alvarenga M., Almeida A., Lima J., Gomes MR., Partidário MR., Monteiro M., Rego T., (2021). Os Serviços de ecossistemas da RLVT – Contributo para mapeamento, valorização e integração no Sistema de Planeamento Territorial. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo. ISBN: 978-972-8872-70-0
- Andrade D.C. & Romeiro A.R. (2009). Serviços ecossistémicos e sua importância para o sistema económico e o bem-estar humano. Texto para Discussão. N.º 15. IE/Unicamp, Campinas, 45 pp.
- André Tiemann, I. R. (2022). Towards ecosystem service assessment: Developing biophysical indicators for forest ecosystem services. *Ecological Indicators*, Volume 137. doi:108704
- Archer, E., L.E. Dziba, K.J. Mulongoy, M.A. Maoela, M. Walters, R. Biggs, M.-C.C. Salem, F. DeClerck, et al. (2021). Biodiversity and ecosystem services on the African continent—What is changing, and what are our options? *Environmental Development* 37: 558. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100558>.
- Arias-Arévalo, P., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Pérez-Rincón, M., (2017). Widening the evaluative space for ecosystem services: A taxonomy of plural values and valuation methods. *Forthcoming Environ. Values*
- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., & Windhorst, W. (2009). Landscapes' capacities to provide ecosystem services - A concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, 15. <https://doi.org/10.3097/LO.200915>
- Banko, G., Weiss, M., Moser, D., Ubach, R., Abdul Malak, D., Halada, L., Roerink, G.J., Hazeu, G.W., Mucher, C.A., Hennekens, S.M., Schaminee, J.H.J., Brodsky, L. (2013) – Developing conceptual Framework for Ecosystem Mapping. Copenhagen, EEA - European Environment Agency.
- Baral H., Keenan R.J., Stork N.E. & Kasel S. (2014). Measuring and managing ecosystem goods and services in changing landscapes: a south-east Australian perspective. *Journal of Environmental Planning and Management* 57 (7): 961-983.
- Barredo, J.I., Bastrup-birk, A., Teller, A., Onaindia, M., Fernández de Manuel, B., Madariaga, I., Rodríguez-Loinaz, G., Pinho, P., Nunes, A., Ramos, A., Batista, M., Mimos, S., Cordovil, C., Branquinho, C., Grêtregamey, A., Bebi, P., Brunner, S.H., Weibel, B., Kopperoinen, L., Itkonen, P., Viinikka, A., Chirici, G., Bottalico, B., Pesola, L., Vizzarri, M., Garfi, V., Antonello, L., Barbati, A., Corona, P., Cullotta, S., Giannico, V., Laforteza, R., Lombardi, F., Marchetti, M., Nocentini, S., Riccioli, F., Travaglini, D., Sallustio, L., Rosário, I., Von Essen, M., Nicholas, K.A., Máguas, C., Rebelo, R., Santos-Reis, M., Santos-Martín, F., Zorrilla-Miras, P., Montes, C., Benayas, J., Martín-López, B., Snäll, T., Berglund, H., Bengtsson, J., Moen, J., Busetto, L., San- Miguel-Ayanz, J., Thurner, M., Beer, C., Santoro, M., Carvalhais, N., Wutzler, T., Schepaschenko, D., Shvidenko, A., Kompter, E.,

- Ahrens, B., Levick, S.R., Schmulilius, C. (2015) – Mapping and assessment of forest ecosystems and their services – Applications and guidance for decision making in the framework of MAES. EUR 27751 EN; doi:10.2788/720519.
- Bell, J.D., Johnson, J.E., Hobday, A.J. (Eds.), (2011). Vulnerability of tropical Pacific fisheries and aquaculture to climate change. SPC FAME Digital Library. Noumea: Secretariat of the Pacific Community.
- Bouwma, I., Schleyer, C., Primmer, E., Winkler, K. J., Berry, P., Young, J., Carmen, E., Spylerova, J., Bezák, P., Preda, E., Vadineanu, A. (2018). Adoption of the ecosystem services concept in EU policies. *Ecosystem Services*, 29, pp. 213–222. doi: 10.1016/j.ecoser.2017.02.014.
- Boyd J. & Banzhaf S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63: 616-626.
- Brouwer, R., et al. (2013). The Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) across different ecosystems and scales: Implications for decision making. *Environmental Science & Policy*, 29, 19-31.
- Burkhard B, Kandziora M, Hou Y, Müller F (2014) Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands - Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape Online* 34: 1-32
- Burkhard B, Maes J (Eds.) (2017). Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp
- Burkhard, B., Kroll, F., (2010). Maps of ecosystem services, supply and demand. In: Cleveland, C.J. (Ed.), *Encyclopedia of Earth*, Environmental Information Coalition. National Council for Science and the Environment, Washington, D.C (accessed February 2011) http://www.eoearth.org/article/Maps_of_ecosystem_services_supply_and_demand.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Cowling R.M., Egoh B., Knight A.T., O'Farrell P.J., Reyers B., Rouget M., Roux D.J., Welz A. & Wilhelm-Rechman A. (2008). An operational model for mainstreaming ecosystem services for implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105 (28): 9483-9488.
- Czúcz, B., Arany, I., Potschin-Young, M., Bereczki, K., Kertész, M., Kiss, M., Aszalós, R., Haines-Young, R. (2018), Where concepts meet the real world: A systematic review of ecosystem service indicators and their classification using CICES, *Ecosystem Services*, Volume 29, Part A, Pages 145-157, ISSN 2212-0416, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.018>.
- Daily G.C., Söderqvist T., Aniyar S., Arrow K. et al. (2000). The value of nature and the nature of value. *Science* 289 (5478): 395-396.
- Daily, G.C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Mooney, H.A., Pejchar, L., Ricketts, T.H., Salzman, J., Shallenberger, R., (2009). Ecosystem services in decision-making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7 (1), 21–28.

- De Groot R.S., Fisher B. & Christie M. [et al.] (2010). Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation (Chapter 1). In: *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. Earthscan, London.
- De Groot R.S., Wilson M.A. & Boumans R.M.J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- Dobbs, C., Hernández-Moreno, Á., Reyes-paecke, S., Miranda, M. D. (2018). Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in Latin America: The case of Bogota (Colombia) and Santiago (Chile). *Ecological Indicators*, 85, pp. 1068–1080. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.11.062.
- European Commission. (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, EU Biodiversity Strategy for 2030, European Commission. Vol. 53.
- Everard, M. (2017). *Ecosystem Services: Key Issues*. 1ª edição, Routledge, New York, 188 pp
- Fisher B., Bateman I. & Turner R.K. (2011). Valuing ecosystem services: benefits, values, space and time. *Ecosystem Services Economics*. Working Paper Series n. ° 3. Division of Environmental Policy Implementation, The United Nations Environment Programme.
- Folkersen, M.V (2018) Ecosystem valuation: Changing discourse in a time of climate change, *Ecosystem Services*, Volume 29, Part A, Pages 1-12, ISSN 2212-0416, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.008>.
- Gonzalez, R., Ram-Bidesi, V., Pascal, N., Brander, L., Fernandes, L., Salcone, J., Seidl, A. (2017). Economic assessment and valuation of marine ecosystem services: Fiji. A publication to the MACBIO project. SPREP/IUCN/GIZ, Suva, Fiji. 102 pp.
- Guerra C., Metzger M.J., Honrado J. & Alonso J. (2013). A spatially explicit method for a priori estimation of field survey effort in environmental observation networks. *International Journal of Geographical Information Science* 27: 2077-2098.
- Guerra C., Pinto-Correia M.T. & Metzger M.J. (2014). Mapping soil erosion prevention using an ecosystem service modelling framework for integrated land management and policy. *Ecosystems* 17: 264-273
- Haines-Young R. & Potschin M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract n. ° EEA/IEA/09/003.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2013). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. *European Environment Agency*.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. *Fabis Consulting Ltd*.
- Haines-Young, R., e Potschin-Young, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem service and human well-being. In *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. pp. 110–139. doi: 10.1017/CBO9780511750458.007.

- Häyhä T. & Franzese P.P. (2014). Ecosystem services assessment: A review under an ecological-economic and systems perspective. *Ecological Modelling* 289: 124–132.
- He, Z., Shang, X., Zhang, T., Yun, J. (2022). Coupled regulatory mechanisms and synergy/trade-off strategies of human activity and climate change on ecosystem service value in the loess hilly fragile region of northern Shaanxi, China. *Ecol Indic* 143. Doi: 10.1016/j.ecolind.2022.109325.
- Hermes, J., C. von Haaren, D. Schmücker, and C. Albert. (2021). Nature-based recreation in Germany: Insights into volume and economic significance. *Ecological Economics* 188: 107136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107136>.
- Jacobs, S., Dendoncker, N., Martín-Lopez, ´ B., Barton, D.N.D.N., Gomez-Baggethun, E., Boeraeve, F., McGrath, F.L.F.L., Vierikko, K., Geneletti, D., Sevecke, K.J.K.J., Pipart, N., Primmer, E., Mederly, P., Schmidt, S., Aragão, A., Baral, H., Bark, R.H.R. H., Briceno, T., Brogna, D., Cabral, P., De Vreese, R., Liqueste, C., Mueller, H., Peh, K. S.-H.K.S.-H., Phelan, A., Rincon, ´ A.R.A.R., Rogers, S.H.S.H., Turkelboom, F., Van Reeth, W., van Zanten, B.T.B.T., Wam, H.K.H.K., Washbourn, C.-L.C.-L., (2016). A new valuation school: integrating diverse values of nature in resource and land use decisions. *Ecosyst. Serv.* 22, 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.007>
- Jacobs, S., Dendoncker, N., Martín-López, B., Barton, D.N., Gomez-Baggethun, E., Boeraeve, F., Pipart, N., (2016). A new valuation school: Integrating diverse values of nature in resource and land use decisions. *Ecosyst. Services* 22, 213–220.
- Jenkins, M., Schaap, B., (2018). Background Analytical Study 1: Forest Ecosystem Services. Global Forests Goals; United Nations Forum on Forests. URL [https://www.un.org/es](https://www.un.org/es/content/uploads/2018/05/UNFF13_BkgdStudy_ForestsEcoServices.pdf) a/forests/wp-content/uploads/2018/05/UNFF13_BkgdStudy_ForestsEcoServices.pdf f (accessed 7.17.21).
- Kenter, J.O., O'Brien, L., Hockley, N., Ravenscroft, N., Fazey, I., Irvine, K.N., Church, A. (2015). What are shared and social values of ecosystems? *Ecol. Econ.* 111, 86–99.
- Khaiter P.A. & Erechtkhoukova M.G. (2010). A model-based quantitative assessment of ecosystem services in the scenarios of environmental management. *Proceedings of International Congress on Environmental Modelling and Software 2010*, Ottawa, Canada.
- Lamarque, P., Quétier, F., & Lavorel, S. (2011). The diversity of the ecosystem services concept and its implications for their assessment and management. *Comptes Rendus Biologies*, 334(5-6), pp. 441–449. doi: 10.1016/j.crv.2010.11.007
- Lambin, E.F., Geist, H.J., Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annu. Rev. Env. Resour.* 28, 205–241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>.
- Lebreton, B., Rivaud, A., Picot, L., Prévost, B., Barillé, L., Sauzeau, T., Pollack, J., Lavaud, J. (2019). From ecological relevance of the ecosystem services concept to its socio-political use. The case study of intertidal bare mudflats in the Marennes-Oléron Bay, France. *Ocean & Coastal Management*, 172, pp. 41–54. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.01.024.

- Li, B., Wang, W. (2018). Trade-offs and synergies in ecosystem services for the Yinchuan Basin in China. *Ecol. Ind.* 84, 837–846. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.001>.
- Li, C., Wu, Y., Gao, B., Zheng, K., Wu, Y., Li, C. (2021). Multi-scenario simulation of ecosystem service value for optimization of land use in the Sichuan-Yunnan ecological barrier, China. *Ecol. Ind.* 132 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108328>.
- Liu, S., Costanza, R., Farber, S., Troy, A. (2010). Valuing ecosystem services – theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1185, 54-78.
- Lopes, R., e Videira, N. (2017). Modelling feedback processes underpinning management of ecosystem services: The role of participatory systems mapping. *Ecosystem Services*, 28, pp. 28–42. Doi 10.1016/j.ecoser.2017.09.012.
- MA. (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. A report of the Millenium Ecosystem Assessement. Washington, DC: Island Press.
- Madureira L., Magalhães P., Silva P.G., Marinho C. & Oliveira R. (2013). Economia dos serviços de ecossistema – Um guia para conhecer e valorizar serviços de agroecossistemas em áreas protegidas de montanha. Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza, Lisboa.
- Maes J., Teller A., Erhard M. (2013). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Maes, J., B. Egoh, L. Willemen, C. Liqueste, P. Vihervaara, J.P. Schägner, B. Grizzetti, E.G. Drakou (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services* 1: 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004>.
- Maes, J., C. Liqueste, A. Teller, M. Erhard, M.L. Paracchini, J.I. Barredo, B. Grizzetti, A. Cardoso, et al. (2016). An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. *Ecosystem Services* 17: 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.023>.
- Maes, J., et al. (2016). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 12, 89-96.
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Conde, S., Vallecillo Rodriguez, S., Barredo Cano, J.I., Paracchini, M., Abdul Malak, D., Trombetti, M., Vigiak, O., Zulian, G., Addamo, A., Grizzetti, B., Somma, F., Hagyo, A., Vogt, P., Polce, C., Jones, A., Marin, A., Ivits, E., Mauri, A., Rega, C., Czucz, B., Ceccherini, G., Pisoni, E., Ceglar, A., De Palma, P., Cerrani, I., Meroni, M., Caudullo, G., Lugato, E., Vogt, J., Spinoni, J., Cammalleri, C., Bastrup-Birk, A., San-Miguel-Ayanz, J., San Román, S., Kristensen, P., Christiansen, T., Zal, N., De Roo, A., De Jesus Cardoso, A., Pistocchi, A., Del Barrio Alvarcellos, I., Tsiamis, K., Gervasini, E., Deriu, I., La Notte, A., Abad Viñas, R., Vizzarri, M., Camia, A., Robert, N., Kakoulaki, G., Garcia Bendito, E., Panagos, P., Ballabio, C., Scarpa, S., Montanarella, L., Orgiazzi, A., Fernandez Ugalde, O. and Santos-Martín, F. (2020) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An EU ecosystem assessment,

EUR 30161 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-17833-0, doi:10.2760/757183, JRC120383.

- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liqueste, C., Braat, L., Berry, P., Egoh, B., Puydarrieux [et al.] (2013) – Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications office of the European Union, Luxembourg.
- Marta-Pedroso, C. & Domingos, T. (eds.), Mesquita S., Capelo J., Gama, I., Laporta L., Alves, M., Proença, V., Canaveira, P., Reis, M. (2014) – Mapeamento e Avaliação dos Serviços de Ecossistema em Portugal. Relatório Final. Estudo encomendado pela Instituto da Conservação da Natureza e Florestas, I.P. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Metzger M.J., Schröter D., Leemans R. & Cramer W. (2008) A spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of environmental change in Europe. *Regional Environmental Change* 8: 91-107.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. *Island Press*.
- Neugarten, R.A., Langhammer, P.F., Osipova, E., Bagstad, K.J., Bhagabati, N., Butchart, S.H.M., Dudley, N., Elliott, V., Gerber, L.R., Gutierrez Arrellano, C., Ivanić, K.-Z., Kettunen, M., Mandle, L., Merriman, J.C., Mulligan, M., Peh, K.S.-H., Raudsepp-Hearne, C., Semmens, D.J., Stolton, S., Willcock, S. (2018). Tools for measuring, modelling, and valuing ecosystem services: Guidance for Key Biodiversity Areas, natural World Heritage Sites, and protected areas. IUCN, Gland, 82 pp.
- Olschewski, R., Sandstrom, C., Kasymov, U., Johansson, J., Fürst, C., Ring, I. (2018). Policy forum: challenges and opportunities in developing new forest governance systems: Insights from the IPBES assessment for Europe and Central Asia. *For. Policy Econ.* 97, 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.10.007>.
- Pascual, U., Muradian, R., Brander, L., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Verma, M. (2010). The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. *TEEB–Ecol. Econ. Foundation*.
- Potschin, M. B., & Haines-Young, R. H. (2011). Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 35(5), 575-594.
- Potschin, M. B., Haines-Young, R. H. (2011). Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography*, 35(5), pp. 575–594. doi: 10.1177/0309133311423172.
- Potschin-young, M., Haines-young, R., Görg, C., Heink, U., Jax, K., Schleyer, C. (2018). Understanding the role of conceptual frameworks: Reading the ecosystem service cascade. *Ecosystem Services*, 29, pp. 428–440. doi: 10.1016/j.ecoser.2017.05.015.
- Rodrigues, A (2015) - Quantificação, valoração e mapeamento de serviços de ecossistema na bacia superior do Rio Sabor (concelho de Bragança), Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais, Escola

Superior Agrária de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/12770>

- Salles JM (2011) Valuing biodiversity and ecosystem services: Why put economic values on nature? *Comptes Rendus – Biologies* 334(5–6): 469–482
- Santos, R., Antunes, P., Carvalho, C. e Aragão, A. (2019). Nova Política para a Aprovisionamento e Remuneração de Serviços dos Ecossistemas em Espaços Rurais – o Problema, a Política e a Implementação. CENSE – Centro de Investigação em Ambiente e Sustentabilidade, FCTUniversidade NOVA de Lisboa e Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. Fundo Ambiental, Ministério do Ambiente e Transição Energética. Lisboa. 45 pp. ISBN 978-972-8893-81-1.
- Santos-martin, F., Viinikka, A., Mononen, L., Brander, L. M., Vihervaara, P. (2018). Creating an operational database for Ecosystems Services Mapping and Assessment Methods. *One Ecosystem*, 3, e26719. doi: 10.3897/oneeco.3. e26719.
- Schleyer, C., Görg, C., Hauck, J., Winkler, K. J. (2015). Opportunities and challenges for mainstreaming the ecosystem services concept in the multi-level policymaking within the EU. *Ecosystem Services*, 16, pp. 174–181. doi: 10.1016/j.ecoser.2015.10.014.
- Schröter, M., C. Albert, A. Marques, W. Tobon, S. Lavorel, J. Maes, C. Brown, S. Klotz, et al. (2016). National ecosystem assessments in Europe: A review. *BioScience* 66: 813–828. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw101>.
- Schröter, M., et al. (2014). Ecosystem services as a contested concept: a synthesis of critique and counter-arguments. *Conservation Letters*, 7(6), 514–523.
- Song, X.P., Hansen, M.C., Stehman, S.V., Potapov, P.V., Tyukavina, A., Vermote, E.F., Townshend, J.R. (2018). Global land change from 1982 to 2016 (vol 560, pg 639, 2018). *Nature* 563, E26–E. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0573-5>.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations. *Earthscan*.
- Turner R.K., Paavola J., Cooper P., Farber S., Jessamy V. & Georgiou S. (2003). Valuing nature: lessons learned and future research directions. *Ecological Economics* 46: 493–510.
- Vihervaara, P., Viinikka, A., Brandes, L., Santos-Martín, F., Poikoleinen, L., Nedkov, S. (2019). Methodological interlinkages for mapping ecosystem services – from data to analysis and decision-suport. *One Ecosystem*, 4, e26368. doi: 10.3897/oneeco.4. e26368.
- Walter [Microsoft Word - General synthesis SDM - Portuguese.doc \(millenniumassessment.org\)](https://millenniumassessment.org/)
- Zhang, P., Liu, L., Yang, L., Zhao, J., Li, Y., Qi, Y., Ma, X., Cao, L. (2023). Exploring the response of ecosystem service value to land use changes under multiple scenarios coupling a mixed-cell cellular automata model and system dynamics model in Xian, China. *Ecol. Ind.* 147 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110009>.
- Zhang, X., Xie, H., Shi, J., Lv, T., Zhou, C., Liu, W. (2020). Assessing Changes in Ecosystem Service Values in Response to Land Cover Dynamics in Jiangxi

Province, China. Int. J. Environ. Res. Public Health 17.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17093018>.

ANEXOS

Anexo I – Serviços de Ecossistemas selecionados para o exercício e mapeamento no Alto Minho

Secção CICES	Classe	Nomenclatura adotada na tese
Culturais	Elementos de sistemas vivos que permitem atividades que promovem saúde, recuperação ou fruição através de interações ativas ou envolventes.	Recreio, lazer e turismo
	Elementos de sistemas vivos que possibilitam atividades que promovem saúde, recuperação ou satisfação através de interações passivas ou observacionais.	
	Elementos de sistemas vivos que possibilitam investigação científica ou a criação de conhecimento ecológico tradicional.	Educação e conhecimento científico
	Elementos de sistemas vivos que possibilitam educação e capacitação.	
	Elementos de sistemas vivos que possibilitam experiências estéticas.	Valor estético
	Elementos de sistemas vivos que têm significado simbólico, captam a singularidade dos ambientes ou o seu sentido de lugar.	Valores espirituais, religiosos, herança cultural ou simbólicos
	Elementos de sistemas vivos que têm significado espiritual ou religioso.	
	Elementos ou características de sistemas vivos cuja existência ou conservação contemporânea é importante para as pessoas.	
	Elementos ou características de sistemas vivos cuja existência ou conservação interjuncional é importante para as pessoas.	
Aprovisionamento	Plantas terrestres cultivadas (incluindo fungos, algas) para fins medicinais	Alimento proveniente de culturas agrícolas
	Fibras e outros materiais provenientes de plantas cultivadas, fungos, algas e bactérias para uso direto ou processamento (excluindo materiais genéticos)	Produção de forragens
	Animais selvagens (terrestres e aquáticos) utilizados para fins nutricionais	Alimento de origem animal para nutrição humana
	Animais criados para fins nutricionais	
	Plantas selvagens (terrestres e aquáticas, incluindo fungos, algas) utilizadas na nutrição	Alimento obtido através de espécies silvestres (origem animal e vegetal)

Regulação e Manutenção	Fibras e outras matérias de plantas selvagens para utilização ou transformação diretas (excluindo material genético)	Produção de madeira e produtos relacionados
	Plantas selvagens (terrestres e aquáticas, incluindo fungos, algas) utilizadas como fonte de energia	
	Filtração/sequestro/armazenamento/acumulação por microrganismos, algas, plantas e animais	Regulação da qualidade do ar
	Controlo das taxas de erosão provocadas pela água	Proteção contra a erosão do solo
	Controlo das taxas de erosão provocadas pelo vento	
	Regulação de escoamentos superficiais e fluxos de base.	Regulação do ciclo da água
	Regulação dos caudais de pico	
	Diminuição do risco de movimento de vertentes	Proteção contra a erosão do solo
	Diminuição da perigosidade de incêndios	Proteção contra incêndios
	Polinização (ou dispersão de «gâmetas» em contexto marinho)	Proteção de habitat para espécies (incluindo polinização)
	Dispersão de sementes	
	Controlo de pragas (incluindo espécies invasoras)	Controlo de pragas e doenças
	Controlo de doenças	
	Regulação da composição química da atmosfera e dos oceanos	Regulação do clima
	Regulação da temperatura e humidade, incluindo ventilação e transpiração	

Anexo II – Matriz intermédia para a classificação do fornecimento de SE para o Alto Minho

	Serviços de aprovisionamento						Serviços culturais						Serviços de regulação e manutenção					
	Alimento proveniente de culturas agrícolas						Recreio, lazer & turismo						Regulação da qualidade do ar					
	Produção de forragens						Educação e conhecimento científico						Proteção contra a erosão do solo					
	Alimento de origem animal para nutrição humana						Valor estético						Regulação do ciclo da água					
	Alimento obtido através de espécies silvestres (origem animal e vegetal)						Valores espirituais, religiosos, herança cultural ou simbólicos						Proteção contra incêndios					
	Produção de madeira e produtos relacionados						Proteção de habitat para espécies (incluindo polinização)						Controlo de pragas e doenças					
							Regulação do clima											
1.1.1.1 Tecido edificado contínuo predominantemente vertical	1	1	1	1	0		3	2	1	1		0	2	0	0	1	1	0
1.1.1.2 Tecido edificado contínuo predominantemente horizontal	1	1	1	1	0		3	2	2	2		0	2	0	0	1	1	0
1.1.2.1 Tecido edificado descontínuo	1	1	1	2	0		2	3	2	2		0	1	0	0	2	1	0
1.1.2.2 Tecido edificado descontínuo esperso	2	2	2	2	0		2	3	3	2		0	1	0	0	2	2	0
1.1.3.1 Áreas de estacionamento e logradouros	0	0	0	1	0		0	1	2	2		0	0	0	0	1	0	0
1.1.3.2 Espaços vazios sem construção	0	0	0	1	0		0	2	2	2		0	1	0	0	1	0	0
1.2.1.1 Indústria	1	5	0	0	1		0	1	2	2		0	2	0	0	1	0	0
1.2.2.1 Comércio	0	0	0	0	0		0	2	1	1		0	2	0	0	1	0	0
1.2.3.1 Instalações agrícolas	0	0	5	0	0		0	3	2	2		0	0	0	0	0	0	0
1.3.1.1 Infraestruturas de produção de energia renovável	0	0	0	0	0		2	1	1	1		0	1	0	2	0	0	0
1.3.1.2 Infraestruturas de produção de energia não renovável	0	0	0	0	0		0	1	0	0		0	0	0	2	0	0	0
1.3.2.1 Infraestruturas para captação, tratamento e abastecimento de águas para consumo	0	0	0	0	0		0	2	1	0		0	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2 Infraestruturas de tratamento de resíduos e águas residuais	0	0	0	0	0		0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0
1.4.1.1 Rede viária e espaços associados	0	0	0	1	0		0	1	1	0		0	1	0	2	0	0	0
1.4.1.2 Rede ferroviária e espaços associados	0	0	0	1	0		0	1	1	0		0	1	0	2	0	0	0
1.4.2.1 Terminais portuários de mar e de rio	0	0	0	0	0		0	2	2	2		0	3	0	0	0	1	0

1.4.2.3 Marinas e docas pesca	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
1.4.3.2 Aeródromos	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0
1.5.1.2 Pedreiras	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5.2.1 Aterros	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5.2.2 Lixeiras e Sucatas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5.3.1 Áreas em construção	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6.1.1 Campos de golfe	0	2	0	0	1	3	3	4	1	2	2	2	0	2	2	2	2	2
1.6.1.2 Instalações desportivas	0	0	0	0	0	4	2	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1.6.2.1 Parques de campismo	0	3	0	0	2	4	3	4	2	1	2	1	2	0	0	0	1	1
1.6.2.2 Equipamentos de lazer	0	0	0	0	0	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6.3.1 Equipamentos culturais	0	0	0	0	0	4	5	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6.4.1 Cemitérios	0	0	0	0	0	0	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6.5.1 Outros equipamentos e instalações turísticas	0	0	0	0	0	3	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.7.1.1 Parques e jardins	0	0	0	0	2	3	4	5	4	3	2	2	0	2	0	4	0	4
2.1.1.1 Culturas temporárias de sequeiro e regadio	5	0	0	3	3	1	3	3	2	3	0	2	2	2	1	2	2	2
2.2.1.1 Vinhas	5	0	0	3	3	2	3	4	3	3	2	0	3	1	1	4	4	4
2.2.2.1 Pomares	5	0	0	3	3	2	3	4	3	4	2	1	3	2	1	4	4	4
2.2.3.1 Olivais	5	0	0	3	3	2	3	4	3	4	2	1	3	1	1	4	4	4
2.3.1.1 Culturas temporárias e/ou pastagens melhoradas associadas a vinha	4	3	0	2	0	2	3	3	2	3	3	0	3	1	1	4	4	4
2.3.1.2 Culturas temporárias e/ou pastagens melhoradas associadas a pomar	4	3	0	2	0	2	3	3	2	4	3	0	3	1	1	4	4	4
2.3.1.3 Culturas temporárias e/ou pastagens melhoradas associadas a olival	4	3	0	2	0	2	3	3	2	2	2	2	3	2	1	4	4	4
2.3.2.1 Mosaicos culturais e parcelares complexos	4	3	0	2	2	2	4	4	3	2	3	2	3	4	1	4	4	4
2.3.3.1 Agricultura com espaços naturais e seminaturais	5	3	1	2	1	2	4	4	3	2	3	2	3	4	1	4	4	4
2.4.1.1 Agricultura protegida e viveiros	5	0	0	0	0	2	3	2	1	2	3	2	2	3	3	3	3	3
3.1.1.1 Pastagens melhoradas	0	4	4	5	0	2	3	3	1	1	2	0	0	2	2	4	4	4
3.1.2.1 Pastagens espontâneas	0	4	4	5	0	2	3	3	2	1	2	0	0	2	2	4	4	4
5.1.1.2 Florestas de azinheira	0	1	0	2	5	5	4	5	4	5	4	2	4	1	4	4	4	4
5.1.1.3 Florestas de outros carvalhos	0	1	0	2	5	5	4	5	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4
5.1.1.4 Florestas de castanheiro	4	1	0	3	5	3	4	5	4	5	4	4	4	2	3	4	4	4
5.1.1.5 Florestas de eucalipto	0	1	0	1	5	1	3	3	2	3	4	2	1	4	2	4	4	4
5.1.1.6 Florestas de espécies invasoras	0	1	0	2	5	1	2	1	1	3	4	2	1	4	0	4	4	4
5.1.1.7 Florestas de outras folhosas	0	1	0	2	5	4	4	4	3	5	4	2	4	5	3	4	4	4
5.1.2.1 Florestas de pinheiro bravo	0	1	0	1	5	4	3	4	3	5	4	2	2	3	3	4	4	4
5.1.2.2 Florestas de pinheiro manso	2	1	0	3	5	4	3	4	3	5	4	2	2	1	3	4	4	4
5.1.2.3 Florestas de outras resinosas	0	1	0	1	5	3	3	3	2	5	4	2	2	2	0	4	4	4
6.1.1.1 Matos	0	0	2	3	0	2	3	2	2	2	5	3	3	5	2	4	4	4
7.1.1.1 Praias, dunas e areais interiores	0	0	0	0	0	5	3	5	3	0	3	2	0	3	0	2	2	2
7.1.1.2 Praias, dunas e areais costeiros	0	0	0	0	0	5	4	5	4	0	3	2	0	3	0	2	2	2
7.1.2.1 Rocha nua	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1	0	0	0	2	2	2
7.1.3.1 Vegetação esparsa	0	2	2	0	0	1	2	5	1	1	0	1	0	1	0	2	2	2

8.1.1.1 Pauis		0	0	0	0	0		5	4	4	4		0	1	3	2	2	0	5
8.1.2.1 Sapais		0	0	0	0	0		5	4	4	3		0	1	3	2	2	0	5
9.1.1.1 Cursos de água naturais		0	0	0	4	0		5	5	5	5		1	0	5	5	3	0	3
9.1.2.1 Lagos e lagoas interiores artificiais		0	0	0	2	0		2	4	3	3		1	0	2	5	1	0	3
9.1.2.2 Lagos e lagoas interiores naturais		0	0	0	3	0		5	5	5	4		1	0	2	5	1	0	3
9.1.2.3 Albufeiras de barragens		0	0	0	0	0		3	4	3	3		0	0	5	5	0	0	3
9.1.2.4 Albufeiras de represas ou de açudes		0	0	0	0	0		3	4	3	3		0	0	5	5	0	0	3
9.2.1.1 Aquicultura		0	0	5	0	0		0	3	2	1		0	0	0	0	0	0	0
9.3.3.1 Desembocaduras fluviais		0	0	0	0	0		4	4	5	4		0	0	4	1	0	0	5

Legenda

0	Sem capacidade relevante
1	Capacidade de baixa relevância
2	Capacidade relevante
3	Capacidade mediamente relevante
4	Capacidade muito relevante
5	Capacidade altamente relevante

Anexo III – Matriz final para a classificação do fornecimento de SE o Alto Minho

	Serviços de aprovisionamento																		
	Alimento proveniente de culturas agrícolas						Alimento proveniente de recursos marinhos						Alimento proveniente de outros recursos						
	Produção de forragens						Alimento de origem animal para nutrição humana						Alimento obtido através de espécies silvestres (origem animal e vegetal)						
	Produção de madeira e produtos relacionados						Serviços culturais						Serviços de regulação e manutenção						
	Recreio, lazer & turismo						Educação e conhecimento científico						Valores espirituais, religiosos, herança cultural ou simbólicos						
	Valor estético						Serviços de regulação e manutenção						Regulação da qualidade do ar						
	Proteção contra a erosão do solo						Regulação do ciclo da água						Proteção contra incêndios						
	Polinização?						Controlo de pragas e doenças						Regulação do clima						
1.1.1.1 Tecido edificado contínuo predominantemente vertical	4	1	1	1	1	0	7	3	2	1	1	4	0	2	0	0	1	1	0
1.1.1.2 Tecido edificado contínuo predominantemente horizontal	4	1	1	1	1	0	9	3	2	2	2	4	0	2	0	0	1	1	0
1.1.2.1 Tecido edificado descontínuo	5	1	1	1	2	0	9	2	3	2	2	4	0	1	0	0	2	1	0
1.1.2.2 Tecido edificado descontínuo esperso	8	2	2	2	2	0	10	2	3	3	2	5	0	1	0	0	2	2	0
1.1.3.1 Áreas de estacionamento e logradouros	1	0	0	0	1	0	5	0	1	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0
1.1.3.2 Espaços vazios sem construção	1	0	0	0	1	0	6	0	2	2	2	2	0	1	0	0	1	0	0
1.2.1.1 Indústria	7	1	5	0	0	1	4	0	1	1	2	3	0	2	0	0	1	0	0
1.2.2.1 Comércio	0	0	0	0	0	0	4	0	2	1	1	3	0	2	0	0	1	0	0
1.2.3.1 Instalações agrícolas	5	0	0	5	0	0	7	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1.3.1.1 Infraestruturas de produção de energia renovável	0	0	0	0	0	0	5	2	1	1	1	3	0	1	0	2	0	0	0
1.3.1.2 Infraestruturas de produção de energia não renovável	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
1.3.2.1 Infraestruturas para captação, tratamento e abastecimento de águas para consumo	0	0	0	0	0	0	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.3.2.2 Infraestruturas de tratamento de resíduos e águas residuais	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4.1.1 Rede viária e espaços associados	1	0	0	0	1	0	2	0	1	1	0	3	0	1	0	2	0	0	0
1.4.1.2 Rede ferroviária e espaços associados	1	0	0	0	1	0	2	0	1	1	0	3	0	1	0	2	0	0	0
1.4.2.1 Terminais portuários de mar e de rio	0	0	0	0	0	0	6	0	2	2	2	4	0	3	0	0	0	1	0

1.4.2.3 Marinas e docas pesca	0	0	0	0	0	0	10	1	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4.3.2 Aeródromos	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	1	2	0	1	0	0	0	1	0
1.5.1.2 Pedreiras	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5.2.1 Aterros	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5.2.2 Lixeiras e Sucatas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5.3.1 Áreas em construção	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6.1.1 Campos de golfe	3	0	2	0	0	1	11	3	3	4	1	12	2	2	2	0	2	2	2
1.6.1.2 Instalações desportivas	0	0	0	0	0	0	11	4	2	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0
1.6.2.1 Parques de campismo	2	0	0	0	0	2	13	4	3	4	2	7	1	2	1	2	0	0	1
1.6.2.2 Equipamentos de lazer	0	0	0	0	0	0	12	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6.3.1 Equipamentos culturais	0	0	0	0	0	0	16	4	5	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6.4.1 Cemitérios	0	0	0	0	0	0	9	0	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6.5.1 Outros equipamentos e instalações turísticas	0	0	0	0	0	0	13	3	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1.7.1.1 Parques e jardins	2	0	0	0	0	2	16	3	4	5	4	13	3	2	2	0	2	0	4
2.1.1.1 Culturas temporárias de sequeiro e regadio	8	5	0	0	3	0	9	1	3	3	2	12	3	0	2	2	2	1	2
2.2.1.1 Vinhas	11	5	0	0	3	3	12	2	3	4	3	14	3	2	0	3	1	1	4
2.2.2.1 Pomares	11	5	0	0	3	3	12	2	3	4	3	17	4	2	1	3	2	1	4
2.2.3.1 Olivais	11	5	0	0	3	3	12	2	3	4	3	16	4	2	1	3	1	1	4
2.3.1.1 Culturas temporárias e/ou pastagens melhoradas associadas a vinha	9	4	3	0	2	0	10	2	3	3	2	15	3	3	0	3	1	1	4
2.3.1.2 Culturas temporárias e/ou pastagens melhoradas associadas a pomar	9	4	3	0	2	0	10	2	3	3	2	16	4	3	0	3	1	1	4
2.3.1.3 Culturas temporárias e/ou pastagens melhoradas associadas a olival	9	4	3	0	2	0	10	2	3	3	2	16	4	3	0	3	1	1	4
2.3.2.1 Mosaicos culturais e parcelares complexos	11	4	3	0	2	2	13	2	4	4	3	16	2	2	2	3	2	1	4
2.3.3.1 Agricultura com espaços naturais e seminaturais	12	5	3	1	2	1	13	2	4	4	3	19	2	3	2	3	4	1	4
2.4.1.1 Agricultura protegida e viveiros	5	5	0	0	0	0	8	2	3	2	1	18	2	3	2	2	3	3	3
3.1.1.1 Pastagens melhoradas	13	0	4	4	5	0	9	2	3	3	1	11	1	2	0	0	2	2	4
3.1.2.1 Pastagens espontâneas	13	0	4	4	5	0	10	2	3	3	2	11	1	2	0	0	2	2	4
5.1.1.2 Florestas de azinheira	8	0	1	0	2	5	18	5	4	5	4	24	5	4	2	4	1	4	4
5.1.1.3 Florestas de outros carvalhos	8	0	1	0	2	5	18	5	4	5	4	30	5	4	4	4	5	4	4
5.1.1.4 Florestas de castanheiro	13	4	1	0	3	5	16	3	4	5	4	26	5	4	4	4	2	3	4
5.1.1.5 Florestas de eucalipto	7	0	1	0	1	5	9	1	3	3	2	22	5	4	2	1	4	2	4
5.1.1.6 Florestas de espécies invasoras	8	0	1	0	2	5	5	1	2	1	1	18	3	4	2	1	4	0	4
5.1.1.7 Florestas de outras folhosas	8	0	1	0	2	5	15	4	4	4	3	27	5	4	2	4	5	3	4
5.1.2.1 Florestas de pinheiro-bravo	7	0	1	0	1	5	14	4	3	4	3	23	5	4	2	2	3	3	4
5.1.2.2 Florestas de pinheiro manso	11	2	1	0	3	5	14	4	3	4	3	21	5	4	2	2	1	3	4
5.1.2.3 Florestas de outras resinosas	7	0	1	0	1	5	11	3	3	3	2	19	5	4	2	2	2	0	4
6.1.1.1 Matos	5	0	0	2	3	0	9	2	3	2	2	24	2	5	3	3	5	2	4
7.1.1.1 Praias, dunas e areais interiores	0	0	0	0	0	0	16	5	3	5	3	10	0	3	2	0	3	0	2
7.1.1.2 Praias, dunas e areais costeiros	0	0	0	0	0	0	18	5	4	5	4	10	0	3	2	0	3	0	2
7.1.2.1 Rocha nua	0	0	0	0	0	0	5	1	2	1	1	3	0	0	1	0	0	0	2
7.1.3.1 Vegetação esparsa	4	0	2	2	0	0	9	1	2	5	1	5	1	0	1	0	1	0	2
8.1.1.1 Paús	0	0	0	0	0	0	17	5	4	4	4	13	0	1	3	2	2	0	5

8.1.2.1 Sapais	0	0	0	0	0	0	16	5	4	4	3	13	0	1	3	2	2	0	5
9.1.1.1 Cursos de água naturais	4	0	0	0	4	0	20	5	5	5	5	17	1	0	5	5	3	0	3
9.1.2.1 Lagos e lagoas interiores artificiais	2	0	0	0	2	0	12	2	4	3	3	12	1	0	2	5	1	0	3
9.1.2.2 Lagos e lagoas interiores naturais	3	0	0	0	3	0	19	5	5	5	4	12	1	0	2	5	1	0	3
9.1.2.3 Albufeiras de barragens	0	0	0	0	0	0	13	3	4	3	3	13	0	0	5	5	0	0	3
9.1.2.4 Albufeiras de represas ou de açudes	0	0	0	0	0	0	13	3	4	3	3	13	0	0	5	5	0	0	3
9.2.1.1 Aquicultura	5	0	0	5	0	0	6	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9.3.3.1 Desembocaduras fluviais	0	0	0	0	0	0	17	4	4	5	4	10	0	0	4	1	0	0	5

Legenda

0	Sem capacidade relevante
1	Capacidade de baixa relevância
2	Capacidade relevante
3	Capacidade mediamamente relevante
4	Capacidade muito relevante
5	Capacidade altamente relevante