



Gonçalo Filipe Gonçalves Serras Ribeiro
Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Integração de SIG para Padronização de Informação de Uso do Solo à Escala Mundial

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, Perfil de Sistemas de
Ambiente

Orientador: Eng.º António Galvão
Coorientador: Prof. Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo, Professor
Auxiliar Com Agregação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa

Júri:
Presidente: Prof. Nuno Videira Costa
Arguente: Profª Teresa Calvão Rodrigues
Vogal: Engº António Galvão

Integração de SIG para Padronização de Informação de Uso do Solo à Escala Mundial

Copyright © Gonçalo Filipe Gonçalves Serras Ribeiro, FCT/UNL e UNL, 2019

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

*“We don’t have to sacrifice a strong economy for a healthy environment.”
(Dennis Weaver)*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de deixar um enorme agradecimento ao meu orientador, Eng.^o António Galvão, por ter aceite este desafio, pela disponibilidade e apoio incansável demonstrado, incitando-me a dar o meu melhor. Ao meu coorientador, Prof. Doutor João Joanaz de Melo pela possibilidade de abordar a temática em questão e pelas lições que me deu ao longo do processo de escrita da dissertação.

Um especial obrigado à Eng.^a Maria Sousa e à Eng.^a Filipa Fernandes, por todas as contribuições dadas na revisão da dissertação, tendo sido incansáveis na sua disponibilidade. Quero agradecer também à Conservadora Restauradora Susana Pimentel, sendo uma pessoa alheia ao tema e ao departamento, pode contribuir de uma forma corretiva diferente para a minha dissertação.

Por último e igualmente importante, quero agradecer à minha família, em especial aos meus pais por me darem a oportunidade de tirar um curso superior de 5 anos, e aos meus amigos por todas as palavras de apoio e me terem acompanhado ao longo desta jornada académica.

RESUMO

A análise de ciclo de vida (ACV) é hoje reconhecida como uma ferramenta fundamental para a avaliação da sustentabilidade de bens e serviços. No entanto, os métodos existentes estão principalmente focados nos efeitos da poluição na saúde humana, ecossistemas e alterações climáticas. Os indicadores de uso do solo (LU – Land Use) em ACV estão tradicionalmente centrados num único aspeto ambiental. Os métodos de ACV mais comuns procuram reconhecer alterações no ciclo de carbono e no seu armazenamento, existindo ainda indicadores de LU que se focam na qualidade do solo, na produtividade deste, nas práticas de utilização, nas mudanças de uso do solo e na perda de biodiversidade. A falta de informação global de LU tem limitado a aplicabilidade desses indicadores, influenciando a qualidade da análise em ACV. Com o fenómeno da globalização, uma parte significativa da cadeia de valor de um produto encontra-se frequentemente em lugares distintos, muitas das vezes em continentes diferentes. O conhecimento do uso do solo a nível global aliado à compreensão dos impactos nas funções do solo e das implicações culturais e sociais de cada uso, permitem-nos avaliar na ACV as implicações ambientais associadas aos diversos usos. Nos dias de hoje, devido ao progresso tanto científico como técnico, atingido nas últimas décadas, é muito mais fácil compilar e avaliar informação ambiental a um nível global. Em particular, os avanços na deteção remota e nos sistemas de informação geográfica (SIG) permitem-nos estudar toda a superfície terrestre, aumentando assim, a nossa capacidade de compreender, analisar e prever impactos ambientais em escalas globais e regionais de uma forma sem precedentes. Este estudo apresenta uma compilação de dados de LU à escala regional e a um nível global, que pode facilitar a sua integração e avaliação em ACV. A maioria das fontes de informação são bases de dados abertas disponibilizadas por várias agências. A metodologia da dissertação contém os seguintes tópicos: Pesquisa de informação geográfica relevante para o indicador de uso do solo a nível global e de metodologias de avaliação dos serviços dos ecossistemas; Comparação e análise crítica para selecionar os mapas de LU mais relevantes em relação aos objetivos; Uniformização de diferentes classes de uso do solo, com a função de criar cartografia de LU em todo o mundo para uso em ACV; Revisão das metodologias de uso do solo em ACV e das metodologias de avaliação de serviços dos ecossistemas; Criação de factores de LU para as classes do mapa global e desenvolvimento de um indicador de uso do solo; Teste do novo indicador. Os factores e indicadores de LU partem da abordagem do método EcoBlock (que dá especial ênfase ao LU), porém as classes criadas podem ser facilmente adaptáveis a outros métodos de ACV. Esta abordagem deve permitir simplificar a consideração de indicadores do uso do solo em ACV e dar robustez a análises de cadeias de valor multinacionais.

Palavras-chave: Uso do Solo; Sistemas de Informação Geográfica; ACV Regionalizada; Serviço dos Ecossistemas;

ABSTRACT

Life-cycle analysis (LCA) is a fundamental tool for evaluating the sustainability of goods and services. However, existing methods are mainly focused on the effects of pollution on human health, ecosystems and climate change. Land use indicators (LU - Land Use) in LCA are traditionally centered on a single environmental aspect. The most common LCA methods try to recognize changes in the carbon cycle and their storage. Other LU indicators focus on soil quality, soil productivity, utilization practices, land use change and loss of biodiversity. The lack of global LU information has limited the applicability of these indicators and influenced the quality of the LCA analysis. With the phenomenon of globalization, a significant part of a product's value chain is often found in distinct places, often on different continents. Knowledge on global land use together with the understanding of the impacts on soil functions and the cultural and social implications of each use, allow us to incorporate the environmental implications associated with the various uses in LCA. Nowadays, due to both scientific and technical progress achieved in the last decades, it is much easier to compile and assess environmental information on a global level. In particular, advances in remote sensing and geographic information systems (GIS) allow us to study the entire land surface, thereby increasing our ability to understand, analyze and predict environmental impacts at global and regional scales in an unprecedented way. This study presents a compilation of LU data on a regional scale and at a global level, which may facilitate its integration and evaluation in LCA. Most information sources are open databases made available by various agencies. The methodology of the dissertation contains the following topics: Research on global land use geographic information ; Comparison and critical analysis to select the most relevant LU maps relative to the objectives; Uniformization of the different regional land use classes, with the goal of creating global LU cartography for use in LCA; Review of land use methodologies in LCA and methodologies for evaluating ecosystem services; Creation of LU factors for global LU classes and development of a LU indicator; Test of the new indicator. The LU factors and indicators are based on the approach of the EcoBlock method (which emphasizes LU), but the created classes can be easily adapted to other methods of LCA. This approach should make it possible to simplify the consideration of soil use indicators in LCAs and give robustness to analyze of multinational value chains.

Keywords: Land Use; Geographic Information System; Regionalized LCA; Ecosystem Services;

ÍNDICE DE MATÉRIAS

AGRADECIMENTOS	7
RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
ÍNDICE DE MATÉRIAS.....	13
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE TABELAS.....	17
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	19
1. INTRODUÇÃO	21
1.1. ENQUADRAMENTO.....	21
1.2. OBJECTIVOS E ÂMBITO	21
1.3. ESTRUTURA INTERNA DA DISSERTAÇÃO	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1. FUNDAMENTOS DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA	23
2.2. ACV REGIONALIZADA.....	24
2.3. USO DO SOLO	24
2.4. INDICADOR USO DO SOLO NO ECOBLOK.....	26
2.5. PROJETOS DE MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO A NÍVEL GLOBAL.....	28
2.6. SERVIÇOS DE ECOSSISTEMAS	29
3. METODOLOGIA	31
3.1. METODOLOGIA GERAL	31
3.2. PESQUISA DE CARTOGRAFIA SOBRE USO DO SOLO.....	32
3.3. NORMALIZAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO.....	35
3.4. TRANSFORMAÇÕES NA CARTOGRAFIA DE USO DO SOLO	38
3.5. INDICADOR <i>USO DO SOLO</i>	40
4. INTEGRAÇÃO DA CARTOGRAFIA BASE.....	41
4.1. PORTUGAL	41
4.2. EUROPA	42
4.3. AMÉRICA DO NORTE	44

4.4. JAPÃO	50
4.5. VIETNAME	55
4.6. AUSTRÁLIA	63
4.8. NOVA ZELÂNDIA	67
4.9. CARTOGRAFIA BASE MUNDIAL	69
5. EXPLORAÇÃO CONCRETUAL DO INDICADOR-CHAVE “USO DO SOLO” PARA APLICAÇÃO EM SIG	77
5.1. PARÂMETRO “PATRIMÓNIO NATURAL E CULTURAL”	77
5.2. PARÂMETRO “STOCK DE CARBONO”	77
5.3. PARÂMETRO “OUTROS SERVIÇOS DOS ECOSISTEMAS”	80
6. CASO DE ESTUDO: PORTUGAL	85
6.1. CARTOGRAFIA	85
6.2. APLICAÇÃO DO INDICADOR PROPOSTO	89
7. CONCLUSÕES	91
7.1. CONCLUSÕES FINAIS	91
7.2. LIMITAÇÕES GERAIS DO ESTUDO	91
7.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXO 1 – Correspondência das classes de uso do solo.....	99
ANEXO 2 - Lista dos indicadores e componentes dos serviços dos ecossistemas, justificações e possíveis indicadores.....	106
ANEXO 3 – Valores base para o cálculo do stock de carbono.	107
ANEXO 4 – Valores Final Base, zonas em estudo (Portugal e Espanha), sem quantificação do património.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia de Análise Ciclo de Vida.....	24
Figura 2 - Exemplo para integrar o SIG na ACV para a avaliação dos impactes ambientais da produção de biocombustíveis.....	26
Figura 3 - Esquema da metodologia geral utilizada.....	31
Figura 4 - Cartografia das regiões consideradas no estudo.	38
Figura 5 - Raster "COSraster", cartografia de uso do solo para Portugal.	41
Figura 6 – Excertos da cartografia do uso do solo referente a Portugal, com as diferentes classes do uso do solo.....	42
Figura 7 - <i>Raster</i> "g100_clc", cartografia referente ao uso do solo da Europa (Corine Land Cover).....	43
Figura 8 - <i>Raster</i> "CLCfinal", cartografia final da Europa para os cortes efectuados.	43
Figura 9 - Excertos da cartografia do uso do solo referente à Europa, com as diferentes classes de uso do solo.....	44
Figura 10 - <i>Raster</i> "na_nalcm", cartografia referente ao uso do solo da América do Norte.	45
Figura 11 - <i>Raster</i> "nasemagua", cartografia da América do Norte sem a classe water.	45
Figura 12 - <i>Raster</i> "ne_10m_ocean", cartografia representativa dos oceanos e mares de todo o mundo.....	46
Figura 13 - <i>Raster</i> "marna", cartografia representativa da classe oceanos e mar, para a América do Norte e zonas envolventes.....	46
Figura 14 - <i>Raster</i> "northamerica", cartografia representativa da América do Norte sem oceano e mares.	47
Figura 15 - <i>Raster</i> "NAfinal", cartografia final da América do Norte, para os cortes efectuados.....	48
Figura 16 - Representação da grelha utilizada no corte do SIG final para a América do Norte.....	48
Figura 17 - Exemplo dos cortes, através da grelha, realizados para a América do Norte.	49
Figura 18 - Excertos da cartografia do uso do solo referente à América do Norte, com as diferentes classes do uso do solo.	49
Figura 19 - <i>Raster</i> "japanmergeWGS84", cartografia correspondente ao uso do solo para o Japão.....	50
Figura 20- <i>Raster</i> "jpsemagua", cartografia representativa do uso do solo do Japão sem a classe "water".....	51
Figura 21 - <i>Raster</i> "marjp", cartografia correspondete ao oceano e mar do Japão e áreas circundantes.	52
Figura 22 - <i>Raster</i> "Japaosemar", cartografia do Japão com as transformações efectuadas.	53
Figura 23 - <i>Raster</i> "Japan2", cartografia do Japão correspondente à segunda parte gerada.	53
Figura 24 - <i>Raster</i> "Japan1", cartografia do Japão correspondente à primeira parte gerada.	54
Figura 25 - Excertos da cartografia do uso do solo referente ao Japão, com as diferentes classes de uso do solo.....	54
Figura 26 - <i>Raster</i> "vietnam", cartografia do Vietnam para o uso do solo.....	55
Figura 27 - <i>Raster</i> "vietnamsem", cartografia do Vietname, sem a classe "No Data", para o uso do solo.	56
Figura 28 - <i>Raster</i> "vietsemfloresta", cartografia do Vietnam sem a classe de uso do solo "Forest".....	56
Figura 29 - <i>Raster</i> "vietnamsemagua", cartografia do Vietnam com todas as alterações feitas até esta representação e sem a classe de uso do solo "water".....	57
Figura 30 - <i>Raster</i> "vietnamar", cartografia correspondente ao oceano e mar do Vietnam e sua envolvente.....	58
Figura 31 - <i>Raster</i> "vietnam1", cartografia do Vietname que demonstra as transformações	

realizadas em relação às classes “forest” e “water” .	59
Figura 32 - <i>Raster</i> "VietnamMask", layer correspondente à classe de uso do solo "Forest" do Vietname.	60
Figura 33 - <i>Raster</i> "Vietnam2", cartografia correspondente às classes de uso do solo de Florestas proveniente da cartografia base mundial para a zona do Vietname.	60
Figura 34 - Cartografia "VietnamFinal", cartografia do Vietname para o uso do solo, após transformações.	61
Figura 35- Excertos da cartografia do uso do solo referente ao Vietname, com as diferentes classes de classificação do uso do solo.	62
Figura 36 - <i>Raster</i> "AustraliaOriginal", cartografia original da Austrália para o uso do solo.	63
Figura 37 - <i>Raster</i> "AustraliaMask", layer correspondente à classe de uso do solo "nature conservation" para a cartografia da Austrália.	63
Figura 38 - <i>Raster</i> "Australia1", cartografia respeitante à remoção da classe "nature conservation" para a Austrália.	64
Figura 39 - <i>Raster</i> "Australia2", cartografia correspondente à extracção de informação para a Austrália proveniente do mundial.	64
Figura 40 - Cartografia "AustraliaFinal", correspondete ao <i>shapefile</i> final para o uso do solo da Austrália.	65
Figura 41 - Excertos da cartografia do uso do solo referente à Austrália, com as diferentes classes de classificação do uso do solo.	66
Figura 42 - <i>Raster</i> "NZfinal", cartografia da Nova Zelândia para o uso do solo.	67
Figura 43- Excertos da cartografia do uso do solo referente à Nova Zelândia, com as diferentes classes de uso do solo.	68
Figura 44 - <i>Raster</i> "MapaBase", cartografia correspondente ao uso do solo para o mundo inteiro.	69
Figura 45 - <i>Raster</i> "MapaSemContinentes", cartografia correspondetes às eliminações realizadas ao mapa base mundial.	71
Figura 46 - <i>Raster</i> "ContinenteSemar", cartografia correspondente à eliminação dos oceanos e mares no mapa base mundial.	72
Figura 47 - <i>Raster</i> "OceanoBase", cartografia correspondente às transformações realizadas para os oceanos e mares no mundo.	74
Figura 48 - <i>Raster</i> "Mundo1"	74
Figura 49 - <i>Raster</i> "Mundo2"	74
Figura 50 - <i>Raster</i> "Mundo3",	74
Figura 51 - <i>Raster</i> "Mundo4",	74
Figura 52 - Excertos da cartografia do uso do solo referente ao mapa mundo base, com as diferentes classes de classificação do uso do solo.	75
Figura 53 - Cartografia do Património Cultural e Natural do Mundo.	77
Figura 54 - Stock de Carbono, para as diferentes regiões climáticas do mundo, segundo o IPCC.	78
Figura 55 - Factores multiplicativos das regiões climáticas para o cálculo do <i>stock</i> de carbono.	79
Figura 56 - Matriz de avaliação da capacidade dos diferentes tipos de uso do solo para fornecer os serviços de ecossistemas considerados.	81
Figura 57 – Factores multiplicativos relativos ao stock de carbono para Portugal.	85
Figura 58 – Transformações gráficas $[0, 10] \rightarrow [0, 1]$.	86
Figura 59 - Transformações gráficas $[0, 1] \rightarrow [0, 10]$.	86
Figura 60 - Cartografia representativa do factor do património natural e cultural para Portugal.	87
Figura 61 - Cartografia representativa do factor de impacto do uso do solo para Portugal.	88
Figura 62 - Anamorfose geográfica - Fator de uso do solo para Portugal Continental.	89

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios e unidades do indicador uso do solo (LU) do método EcoBlok.....	27
Tabela 2 - Fatores de equivalência do indicadore-chave LU e respetivos critérios.....	28
Tabela 3 - Descrição dos SIG obtidos.	33
Tabela 4 - Informação complementar acerca dos SIG obtidos.	34
Tabela 5 - Caracterização da classe de uso do solo Vegetação.	36
Tabela 6 - Caracterização da classe de uso do solo Agricultura.	36
Tabela 7 - Caracterização da classe de uso do solo Áreas Descobertas.	37
Tabela 8 - Demonstração da classe de uso do solo Água (Water).	37
Tabela 9 – Caracterização da classe de uso do solo Zonas Artificializadas.	37
Tabela 10 - Tabela para o factor do parâmetro <i>stock</i> de carbono, exemplo para os valores base de stock de carbono (Portugal e Espanha).....	79
Tabela 11 - Cálculo do fator para os outros serviços dos ecossistemas.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACV – Análise de Ciclo de Vida;
FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations;
GEE – Gases de Efeito de Estufa;
GH – Emissões de GEE;
IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change;
LCA – Life Cycle Assessment;
LCCS - *Land Cover Classification System*;
LU – *Land Use* (Uso do Solo);
LC – *Land Cover* (Ocupação do solo);
LULUC – Land use and Land use changes;
PA – Emissões de Poluentes para o Ar;
PW – Emissões de Poluentes para a Água;
PL – Emissões para o Solo;
RE – Extração de Recursos;
SIG – Sistemas de Informação Geográfico;
TIF - Tagged Image File Format;
UNEP-WCMC - United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre;
vat – *Vala Content Management*;
WA – Captação de Água;

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A análise de ciclo de vida (ACV) é uma ferramenta que permite quantificar os impactos e potenciais efeitos ambientais de um bem ou serviço ao longo da sua existência. Muitas categorias de impacto em ACV, em especial o uso do solo, são fortemente influenciadas por factores locais. Certas pressões ambientais geram efeitos a diferentes escalas espaciais e ocorrem espacialmente dispersas devido à distribuição das matérias-primas, tendo os atuais métodos de ACV dificuldades em avaliar espacialmente os impactos gerados. Para colmatar este problema, nos últimos anos têm vindo a ser desenvolvidas diversas metodologias de ACV regionalizada, com introdução de factores de caracterização regionais, aumentando o grau de pormenor e de eficácia das análises (Humbert, 2009; Yang, 2016). Contudo, estas metodologias ainda se encontram numa fase precoce do seu desenvolvimento e aplicabilidade. Embora o objetivo elementar deste tipo de abordagem seja alcançar a escala mundial, a sua utilização encontra-se atualmente restrita a casos pontuais (Geyer et al., 2010) e a um grupo restrito de países (Saner et al., 2014; Mutel & Hellweg, 2009).

A integração de sistemas de informação geográfica (SIG) em ACV, considerando os impactos em unidades espaciais (Bengtsson et al., 1998; Geyer et al., 2010a; Gasol et al., 2011; Gorniak-Zimroz e Pactwa, 2015), permite uma integração de factores locais no cálculo dos impactos ambientais, contribuindo para uma menor incerteza nos resultados obtidos.

Os inventários em ACV cruzam informação de natureza muito distinta com diferentes escalas temporais e físicas, dificultando a sua análise comparativa à escala mundial, continental ou regional. As bases de dados abertas, integrando diferentes dados provenientes de diferentes fontes e em constante atualização, utilizadas em conjunto com sistemas de informação geográfica poderão colmatar o tipo de falhas referidas e permitir obter uma boa discriminação espacial, sistematização e tratamento de dados. A aplicação de SIG em ACV regionalizada pode ajudar a aliviar os desafios enfrentados por projetos ambiciosos, abordando tanto objetivos económicos como ambientais (Hiloidhari, 2017).

Devido ao crescimento da utilização dos três grandes domínios referidos (ACV regionalizada, SIG e outra informação livre/*open sources*) será de ponderar uma abordagem de relacionamento entre os três. Esta dissertação procura estabelecer essa abordagem por forma a melhorar o desempenho dos indicadores de uso do solo em ACV.

1.2. OBJECTIVOS E ÂMBITO

Esta dissertação tem dois objetivos principais:

1. Construção de uma base de dados de informação geográfica e de mapas representativos de toda a superfície terrestre, compilando informação atualizada de alta resolução sobre uso do solo;
2. Prova de conceito para um conjunto de indicadores, com base nos serviços dos ecossistemas, uniformizados para as classes globais de uso do solo desenvolvidas, com o objetivo de estudar a sua aplicabilidade em ACV, integrando informações da base de dados de informação geográfica.

Para atingir os objetivos apresentados foram desenvolvidas as seguintes tarefas principais:

- Pesquisa de informação geográfica relevante para o indicador de uso do solo a nível global;
- Comparação da diferente informação geográfica e análise crítica para selecionar os mapas de uso do solo (LU) mais relevantes, com a melhor resolução espacial possível para cada região e representativos do menor período temporal possível desde 2010;
- Uniformização das diferentes classes de uso do solo, com a função de criar cartografia de dados de LU para todo o mundo para uso em ACV;
- Pesquisa sobre metodologias de avaliação de uso do solo em ACV, incluindo o algoritmo

usado na metodologia EcoBlok e de metodologias de avaliação dos serviços dos ecossistemas;

- Criação de factores de avaliação do LU para as classes globais criadas, englobando, sempre que possível, considerações regionais, e desenvolvimento de uma metodologia para o cálculo de um indicador de uso do solo para possível aplicação em ACV, compatível com o EcoBlok;
- Produção de cartografia vetorial mundial integrando os factores de uso do solo desenvolvidos;
- Teste de aplicação de conceito da metodologia criada.

1.3. ESTRUTURA INTERNA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está organizada nos seguintes sete capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução - apresenta o enquadramento e os objetivos da dissertação;
- Capítulo 2 – Revisão bibliográfica - aborda os fundamentos teóricos da análise de ciclo de vida e do indicador *uso do solo* na metodologia Ecoblok. Enquadra a temática de uso do solo nos sistemas de informação geográfica e análise de ciclo de vida regionalizada. Aborda outros projetos que integram sistemas de informação geográfica e o uso do solo. Por último apresenta a revisão do tema serviços dos ecossistemas, onde se apresenta os fundamentos para decisões tomadas no indicador de uso do solo proposto para avaliação o desempenho ambiental dos diversos usos.
- Capítulo 3 – Metodologia - explica as diferentes etapas seguidas para a construção da base de dados de informação geográfica proposta. Inclui um breve resumo gráfico das etapas.
- Capítulo 4 – Integração da Cartografia Base - apresenta e explica todas os passos efetuados nas transformações referentes à construção de cartografia sobre o uso do solo. Inclui a normalização dos mapas e das suas classes com objetivo de se integrar no indicador de uso do solo.
- Capítulo 5 – Exploração Conceptual do Indicador-Chave “Uso do Solo” para aplicação em ACV - apresenta e explica todas as etapas efetuadas para a construção de um indicador de uso do solo. Apresenta os serviços dos ecossistemas considerados na construção do indicador, os procedimentos realizados na formação dos diferentes fatores e do indicador final proposto.
- Capítulo 6 – Caso de Estudo: Portugal - Exemplifica a construção da cartografia com o indicador de uso do solo e faz a demonstração da aplicação da metodologia a Portugal.
- Capítulo 7 – Conclusões - apresenta as conclusões finais do estudo, as limitações da dissertação e possíveis desenvolvimentos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FUNDAMENTOS DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

À medida que a consciência ambiental aumenta, as indústrias e serviços têm avaliado de que forma as suas atividades afetam o ambiente. A sociedade mostra-se cada vez mais preocupada com as questões relacionadas com a depleção de recursos naturais e com a degradação ambiental. Como resposta, muitas empresas começaram por fornecer produtos "mais verdes", utilizando processos "mais ecológicos" (EPA, 2006).

Desta forma surgiram métodos e ferramentas que auxiliam a perceção desses impactes e como podem ser reduzidos, sendo uma delas a análise de ciclo de vida.

A ACV é uma ferramenta que tem como objetivo avaliar vários aspetos relacionados com o desenvolvimento de um bem ou serviço e o seu potencial impacte ambiental ao longo do seu ciclo de vida.

Esta ferramenta engloba e analisa as diversas entradas (*inputs*) e saídas (*output*) e impactes ambientais de um sistema associado a um bem ou serviço de forma a identificar e promover medidas de melhoria efetivas permitindo uma produção e consumo mais sustentáveis (ISO 14040).

É extremamente importante em matéria de tomada de decisão, permitindo aos produtores, consumidores, organizações, instituições públicas e indústrias, selecionar produtos com base nos seus desempenho ambiental, identificar oportunidades de melhoria, escolher produtos alternativos e melhorar o seu planeamento estratégico (Lopes, 2014).

A ACV encontra-se regulamentada, atualmente, pelas normas ISO 14040 e 14044 Estas são normas internacionais que apresentam as diretrizes e o quadro regulamentar para a realização desta análise. Atualmente, após várias melhorias e alterações destas normas, estão em vigor as normas ISO 14040:2015, que define os princípios e o enquadramento da ACV, e ISO 14044:2010, que define os requisitos e linhas de orientação para realizar a ACV (APA, 2018).

De acordo com a norma ISO 14040, a metodologia da ACV engloba quatro fases principais (figura 1): definição do objetivo e âmbito da análise; elaboração e análise de um inventário dos processos envolvidos e respetivos fluxos de materiais, energia e emissões para o ambiente; avaliação dos impactes ambientais; interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação.

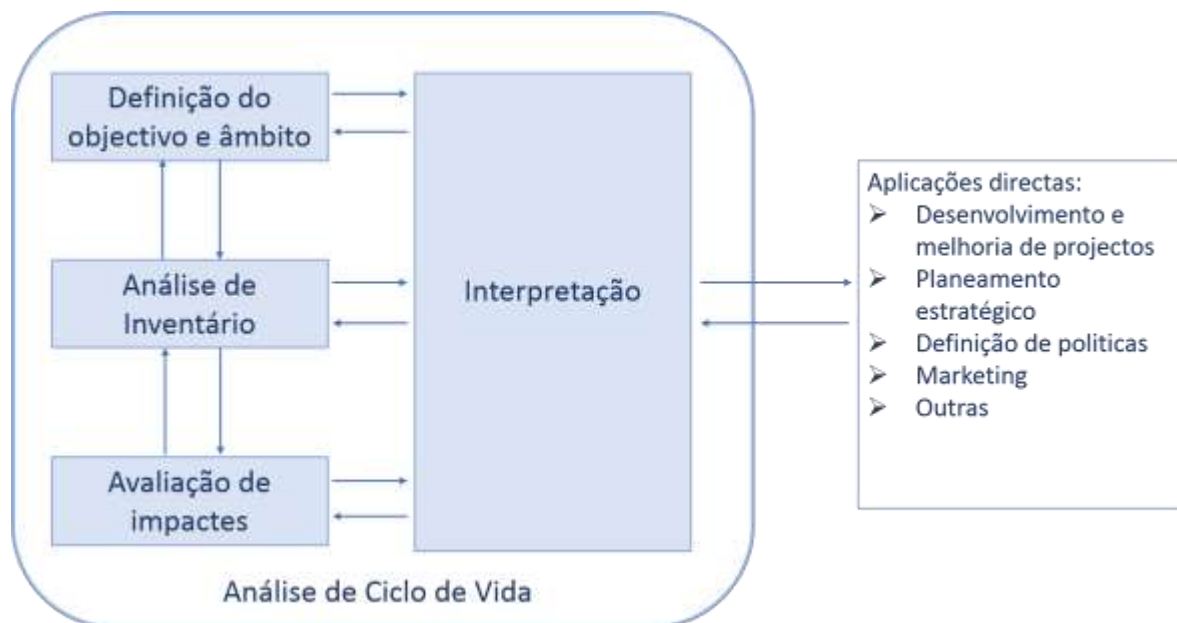


Figura 1 - Metodologia de Análise Ciclo de Vida (ISO 14040:2006).

2.2. ACV REGIONALIZADA

A regionalização, no contexto da ACV, é o reconhecimento de que as características da produção industrial e os efeitos dos fluxos ambientais variam ao longo do espaço (Mutel, 2011).

As ACV tradicionais não têm capacidade de reconhecer a dimensão espacial dos impactes ambientais, mas tal poderá ser resolvido se a ACV for integrada com uma plataforma de SIG (Geyer et al., 2010a). O facto da ACV regionalizada usar plataformas que incorporam SIG aumenta a precisão da avaliação devido às condições específicas dos locais de produção, juntamente com as diferenças no transporte e na sensibilidade dos ecossistemas (Hellweg e Canals, 2014), sendo que o suporte prestado pelo uso da tecnologia de informação permite analisar e visualizar fluxos de materiais, processos ou produtos e o cálculo de *eco-balances* em escalas espaciais (Dresen e Jandewerth, 2012). A aplicação de modelos espaço-tempo pode melhorar a análise das características espaciais e temporais em ACV (Arodudu et al., 2017). Os modelos de avaliação de impacte contêm mecanismos e parâmetros com variabilidade espacial, daí a necessidade de diferenciação espacial. Com o avanço das tecnologias de SIG, a nova tendência será aumentar a resolução espacial dos modelos até ao nível das células representadas pelos SIG. O resultado é então um mapa do mundo, com milhares ou até milhões de pixéis representando uma grande definição com as classes pretendidas de representação (Heijungs, 2012).

2.3. USO DO SOLO

De forma a satisfazer as necessidades da população, o recurso solo é cada vez mais utilizado. O seu uso excessivo leva a problemas ambientais, tais como perda de habitats e biodiversidade (Souza et al, 2015), poluição do ar e água, erosão, desertificação (Wu, 2008), entre outros. A transformação de terrenos não artificializados em terras agrícolas e a fragmentação de ecossistemas com a construção de infraestruturas ou produção de energia, por exemplo, são atualmente as causas dominantes na destruição dos habitats e na perda de biodiversidade (Thorne et al. 2009).

O uso do solo é um descritor crítico da superfície terrestre, as informações da cobertura vegetal espacialmente explícitas são um requisito para uma série de decisões de gestão de recursos naturais em escala local, nacional e internacional (Wulder et al., 2018). A análise da superfície terrestre informa a relação funcional entre o terreno, o clima e os solos, fornecendo *insights* biofísicos sobre o meio ambiente e impulsionadores da mudança (Townshend et al., 2012; Andrew et al., 2014).

O uso do solo é tipicamente descrito como um conjunto de classes hierárquicas, cada uma denotando as agregações bióticas e abióticas dominantes que ocupam a superfície da Terra (Grekousis et al., 2015). Dados de cobertura territorial espaciais explícitos são importantes para caracterizar a atividade antrópica e a diversidade biogeográfica e climática (Loveland et al. 2000; Turner et al., 2007).

O uso/ocupação do solo são duas terminologias separadas, que são frequentemente utilizadas com o mesmo significado (Dimiyati et al., 1996). A ocupação do solo refere-se às características físicas da superfície da terra, como a distribuição da vegetação, água, e outras características fisionômicas do solo, incluindo aquelas criadas exclusivamente por atividades humanas, por exemplo, zonas urbanas. Enquanto o uso do solo refere-se à maneira como o solo tem sido usado pelos seres humanos, geralmente com ênfase no papel funcional do solo para atividades econômicas. O padrão de uso/ocupação do solo de uma região é não só o resultado de fatores naturais, como também, da utilização pelo homem no tempo e no espaço (Rawat & Kumar, 2015).

Como as características fisionômicas dos objetos da paisagem são identificadas com sucesso em imagens de satélite (e algumas características fisiológicas podem ser estimadas através destas), estas tornam-se uma fonte de informação valiosa sobre uso/ocupação do solo para diferentes programas de monitorização, sendo usados para gerar *data layers* com dados de áreas significativas (Feranec, 2010; Buttner et al., 2004; Feranec et al., 2007; Heymann et al., 1994; Nunes de Lima, 2005). Os objetos naturais, modificados (cultivados) e artificiais integrados na paisagem também possuem uma fisionomia específica identificável (Feranec, 2010; Feranec & Otahel, 2001; Snacken & Antrop, 1983). Assim, é refletido o estado biofísico da paisagem (incluindo os efeitos da atividade humana nas unidades biofísicas), sendo esta a principal razão pela qual estes dados são cada vez mais utilizados para a derivação de vários atributos de paisagem, como mudanças, diversidade, previsão e na modelação de diferentes propriedades (Feranec, 2010).

Uma das aplicações mais úteis de SIG para o planeamento e ordenamento é o mapeamento e análise da adequação do uso do solo para uma certa utilização (McHarg, 1969; Hopkins, 1977; Brail e Klosterman, 2001; Collins et al., 2001; Malczewski, J., 2004). A análise de adequação do uso do solo, amplamente definida, visa identificar o padrão espacial mais apropriado para usos futuros do solo de acordo com requisitos específicos, preferências ou previsão de alguma atividade (Hopkins, 1977; Collins et al., 2001; Malczewski, J., 2004). Esta análise de adequação do uso do solo baseada em SIG tem sido aplicada numa ampla variedade de situações, incluindo abordagens ecológicas para definir a adequação do solo/habitat para espécies animais e vegetais, adequação para atividades agrícolas, avaliação e planeamento paisagístico, avaliação de impacte ambiental, seleção do melhor local para as instalações públicas e privadas e planeamento regional (Moreno e Seigel, 1988; Janssen e Rietveld, 1990; Cambell et al., 1992; Eastman et al., 1993; Pereira e Duckstein, 1993; Bonham-Carter, 1994; Miller et al., 1998; Store e Kangas, 2001; Church, 2002; Kalogirou, 2002; Malczewski, J., 2004).

O uso do solo, incluindo os seus impactes resultantes na biodiversidade, é considerado uma categoria de impacte prioritário na ACV (Jolliet et al., 2014). Nos últimos anos, contribuições substanciais foram feitas neste tópico, com a proposta de novos modelos (eg Geyer et al., 2010b; Souza et al., 2013; Mueller et al., 2014) e discussões (Curran et al., 2011; Souza et al., 2015; Koellner et al., 2013). Apesar de décadas de esforços, ainda não existe uma metodologia amplamente reconhecida para avaliação dos impactes na biodiversidade

decorrentes das mudanças no uso e ocupação do solo (LULUC) na análise do ciclo de vida (Lillesund et al, 2017). A comunidade científica concorda que, para todos os propósitos da ACV, algum nível de validação de resultados é crucial. A validação usando evidências de campo diretas ou indiretas é complexa na ACV, a qual lida principalmente com impactos potenciais. Os modelos de ACV que existem disponíveis são suficientes para a detecção de *hotspots* de dano nas cadeias de fornecimento. Sendo uma ferramenta de pegada ambiental quantitativa, os modelos de ACV devem ser usados em combinação com um conjunto de outras ferramentas mais apropriadas (Teixeira et al., 2016). O uso integrado de SIG e ACV regionalizada poderia fornecer informações importantes sobre como a mudança no uso do solo poderia ter impacto na biodiversidade. Geyer et al. (2010a) apresentaram o conceito como demonstra a figura 2 ao integrar SIG e ACV juntos para a avaliação do impacto na produção de etanol em termos de uso do solo e biodiversidade na Califórnia. O estudo constatou que a modelação do uso do solo baseada em SIG permite um refinamento importante na ACV, podendo o uso do solo ser modelado como uma função geoespacial e não linear.

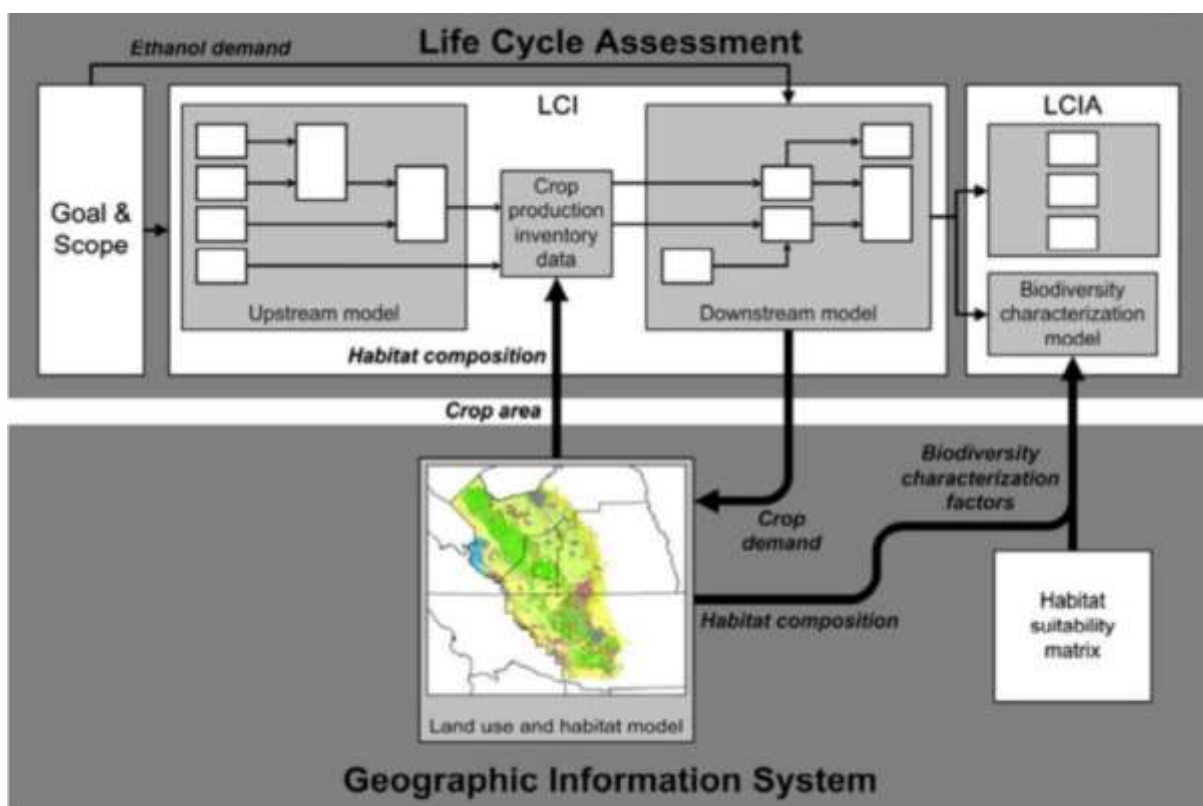


Figura 2 - Exemplo para integrar o SIG na ACV para a avaliação dos impactos ambientais da produção de biocombustíveis (Geyer et al., 2010).

2.4. INDICADOR USO DO SOLO NO ECOBLOK

Apesar da crescente consciencialização, empresas e organizações desenvolvem indicadores de avaliação do desempenho ambiental adaptados à sua realidade, criando lacunas na componente metodológica que não possibilitam um *benchmarking* entre diferentes instituições (Pegado et al., 2001).

Uma forma de colmatar este tipo de problemas passaria pelo desenvolvimento de uma forma padronizada de identificar o impacto do bem ou serviço no ambiente. A metodologia EcoBlok, inicialmente proposta por Melo e Pegado (2002), é uma etiqueta ecológica baseada em

indicadores-chave, com informação sobre o desempenho ambiental, que acompanha todo o ciclo de vida, juntamente com a etiqueta do preço, possibilitando aos consumidores uma tomada de decisão mais seletiva e informada.

Com o objetivo de fazer com que a preocupação ambiental seja transferida ao longo da cadeia do produto, contabilizando as pressões ambientais entre organizações e comunidades, o método EcoBlok foi desenhado respeitando uma série de princípios básicos, entre eles:

- A facilidade de aquisição de dados;
- A utilização de informação quantitativa, expressa em unidades físicas comuns;
- A representatividade da informação garantindo que cobre todo o ciclo de vida do bem ou serviço;
- A compreensibilidade da informação ambiental gerada, expressa num pequeno número de indicadores independentes;
- A coerência na metodologia, de forma que a informação ambiental possa ser transferida ao longo da cadeia;

Apesar da vasta informação que o EcoBlok exige, os resultados podem ser expressos num único valor numérico, de fácil compreensão para o consumidor, e que representa o maior número de problemas ambientais possíveis. Além dos indicadores-chave estarem correlacionados com os problemas ambientais mais relevantes, resultantes da atividade humana, estes devem ser adicionáveis entre diferentes atividades, isto é, a soma do valor de um determinado indicador para duas atividades diferentes deve ser igual ao valor do indicador para as duas atividades a funcionar em simultâneo, assegurando fiabilidade nos valores de diferentes atividades e nos mesmos limites geográficos.

Sendo uma etiqueta ecológica, este método foi desenhado para ser compatível com os objetivos e princípios da norma ISO 14020, seguindo as regras gerais do ACV da norma ISO 14040, embora não procure quantificar impactes ambientais, mas sim potenciais pressões geradas.

O EcoBlok foca-se sobretudo nos indicadores ambientais de pressão, fazendo uma correlação com os efeitos que daí advêm, sendo mais fáceis de medir e de estabelecer modelos *standard* em relação a outros tipos de indicadores (Melo et al., 2012). Assim sendo, a etiqueta ecológica resultando deste método é baseada em seis indicadores-chave, três relacionados com o uso de recursos naturais (captação da água, extração de recursos e uso do solo) e outros três com a poluição (emissões de gases de efeito de estufa (GEE); emissões de outros poluentes atmosféricos, denominada como emissões para o ar; e emissões para água e solo).

Um dos aspetos ambientais chave considerados pelo Ecoblok é o uso do solo, representado pelo indicador-chave LU que integra os seguintes factores:

- Quantidade (área de solo ocupada por atividades humanas durante um período de tempo);
- Equivalência (relacionado com a intensidade de uso do solo, de acordo com os serviços ambientais, ecológicos e valores sociais) (Melo et al, 2012).

A tabela 1 apresenta os critérios principais usados para definir os fatores de equivalência para o indicador LU e as unidades de medida típicas aplicadas ao produto e a organizações.

Tabela 1 - Critérios e unidades do indicador uso do solo (LU) do método EcoBlok.

Indicador-chave	Critérios para fatores de equivalência	Unidades de medida aplicadas a:	
		Produtos	Organizações
Uso do solo (LU)	Valor ecológico e social do solo, papel no ciclo da água e práticas agrícolas	m ² .ano/unidade de produto	ha/ano ha/€

Na tabela 2 apresentam-se as gamas dos fatores de equivalência e os critérios considerados:

Tabela 2 - Fatores de equivalência do indicadore-chave LU e respetivos critérios.

Fator de equivalência	Critérios
]0 – 1[Solos que contribuem com serviços ambientais e sociais, estão definidos como áreas protegidas
1	Solo com ocupação humana sustentável
]1 – 4[Solo cultivado com práticas insustentáveis
4	Solo destruído antes de 1972, ou de qualidade muito pobre.
]4 – 10[Solo destruído depois de 1972, dependente da capacidade do mesmo e da data de quando foi destruído

O índice EcoBlok agrega os seis indicadores-chave num único valor, expresso em unidades de área global. Este valor, inspirado no conceito da Pegada Ecológica (Wackernagel, 1994), representa a superfície terrestre total que seria necessária para produzir uma unidade do produto em estudo.

2.5. PROJETOS DE MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO A NÍVEL GLOBAL

Desde o começo deste século têm surgido diversos projetos de mapeamento da ocupação do solo a nível global assentes em análise de imagens de deteção remota. Em seguida apresentam-se as principais ferramentas que têm contribuído para o desenvolvimento destes mapas, bem como os principais projetos nesta área. A disponibilização pública tanto de informação tratada como de dados “brutos” de observação da Terra sistematicamente recolhidos e arquivados por agências espaciais permitiu o rápido desenvolvimento de diversos produtos públicos e privados que nos permitem hoje em dia estudar e compreender diversas dinâmicas globais como ocupação do solo, concentração de poluentes atmosféricos ou clima. Como fontes destacam-se a série *Sentinel* da Agência Espacial Europeia (ESA), o radiómetro de alta resolução avançado (AVHRR) da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) dos EUA, o Espectro radiómetro de Imagem de Resolução Moderada da Administração Nacional de Ciência Aeroespacial (NASA) e a série *Landsat* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Na última década, os rápidos aumentos no poder de computação (e uma redução significativa nos custos associados), combinados com dados de satélite provenientes de fontes abertas, levaram a uma democratização de programas que facilitam o mapeamento do uso do solo (Wulder et al., 2018).

Nas últimas décadas têm proliferado projetos de disponibilização de informação de uso do solo, entre eles *GlobCover*, *Adopt a Pixel* (projeto da USGS), *The Global Land Cover by National Mapping Organizations* (GLCNMO).

Recentemente, projetos como o *Google Earth Engine* contribuíram para a democratização do uso desta informação ao facilitar o *download* de secções de imagens compiladas, georreferenciadas para uso em SIG, e ao permitir o tratamento remoto de dados que de outra forma exigiriam capacidades de processamento que vão para além das capacidades dos computadores pessoais. O *Google Earth Engine* combina um catálogo de múltiplas imagens de diversos satélites e um conjunto de dados geoespaciais com recursos para análises à escala planetária, disponibilizando-o para cientistas, investigadores e desenvolvedores por forma a detetar mudanças, mapear tendências e quantificar diferenças na superfície da Terra. O *GlobCover* é uma iniciativa da ESA que começou em 2005 em parceria com outras agências. O objetivo do projeto era desenvolver um serviço capaz de fornecer cartografias do mundo sobre o uso do solo utilizando dados do sensor *MERIS* a bordo da missão de satélite *ENVISAT*.

O *Adopt a Pixel* é um programa que envolve o público na recolha de dados, neste caso

específico, fotografias de paisagens, para pesquisas científicas. O objetivo é adquirir fotografias em terra para melhorar a interpretação de dados de satélite para ciência operacional e de pesquisa. Essas imagens são geoespacialmente referenciadas.

O *Global Land Cover by National Mapping Organizations* (GLCNMO) trata-se de um projeto com informação geoespacial em formato raster, que classifica o *status* da cobertura do solo de todo o planeta em 20 categorias. A classificação é baseada no sistema de classificação de ocupação do solo (LCCS - *Land Cover Classification System*) desenvolvido pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). Portanto, é possível comparar e integrar o GLCNMO e outros produtos de dados de cobertura do solo baseados no LCCS. O GLCNMO foi desenvolvido pelo secretariado do Comitê Internacional para o Mapeamento Global (ISCGM) em colaboração com a Autoridade de Informação Geoespacial do Japão (GSI), Universidade de Chiba e diversas organizações dos países e regiões participantes.

2.6. SERVIÇOS DE ECOSISTEMAS

O conceito de serviços de ecossistemas tornou-se fundamental para compreender a forma como o ser humano interage com o meio natural (Thorsen et al, 2014). Este conceito tem origem na economia ecológica e ambiental que consideram a economia “humana” inserida no sistema natural e reconhecem o valor dos serviços por ele prestados (Azevedo, 2012). Entre esses constam, por exemplo, serviços de provisão (matérias-primas, alimentos e água), serviços ecológicos (regulação do ciclo da água, ciclo de carbono, regulação climática, prevenção da erosão), ou ainda serviços sociais e culturais, como o recreio e o turismo.

A avaliação e quantificação dos serviços dos ecossistemas é uma temática complexa que tem vindo a ganhar cada vez mais importância. Por exemplo, um país pode aumentar a produção de alimentos através da conversão de uma floresta em área agrícola, mas ao fazê-lo pode diminuir o fornecimento de outros serviços de importância igual ou superior, como o fornecimento de água potável, a regulação de cheias ou o controlo de secas e eventos extremos (Alcamo 2003).

Os serviços de ecossistemas podem ser avaliados a diferentes escalas temporais e espaciais quanto ao seu potencial de produção, procura e consumo. Para tal podem usar-se matrizes de indicadores ou métricas, que geralmente envolvem três abordagens (usadas separadamente ou de forma combinada): avaliação qualitativa, avaliação quantitativa e valoração económica (Cowling et al. 2008, Baral et al. 2014).

Um dos serviços mais estudados na última década, devido ao reconhecimento global dos efeitos das alterações climáticas antropogénicas, é a regulação do ciclo de carbono, que consiste na transferência do dióxido de carbono (CO₂), via combustão, respiração ou reações químicas para a atmosfera ou para o mar e a sua reintegração na matéria orgânica, via assimilação fotossintética (Correia, 2013). A dinâmica do ciclo de carbono é muito variável, quer no espaço quer no tempo, sendo controlada fundamentalmente pelos sistemas que têm capacidade de o trocar ativamente com a atmosfera, como é o caso da vegetação e do solo. Estima-se que cerca de 2 100 Gt de carbono se encontrem armazenados nos ecossistemas terrestres, valor quase três vezes superior ao que existe atualmente na atmosfera (Trummer et al., 2009).

Há que distinguir o conceito de reservatório do de sequestro de carbono. O reservatório de carbono corresponde à quantidade de biomassa (em carbono) que uma floresta armazena, quer nas suas componentes perenes (tronco, raízes, ramos), quer no solo, e traduz-se numa quantidade de carbono por unidade de área. O sequestro de carbono é uma variável dinâmica e corresponde a um armazenamento líquido por unidade de tempo. Com efeito, uma floresta pode ser um grande reservatório de carbono, mas contribuir pouco enquanto sequestradora de carbono (Correia, 2013).

3. METODOLOGIA

3.1. METODOLOGIA GERAL

De seguida apresentam-se, de uma forma resumida, a metodologia aplicadas na dissertação. A seguinte figura ilustra a metodologia geral adotada:

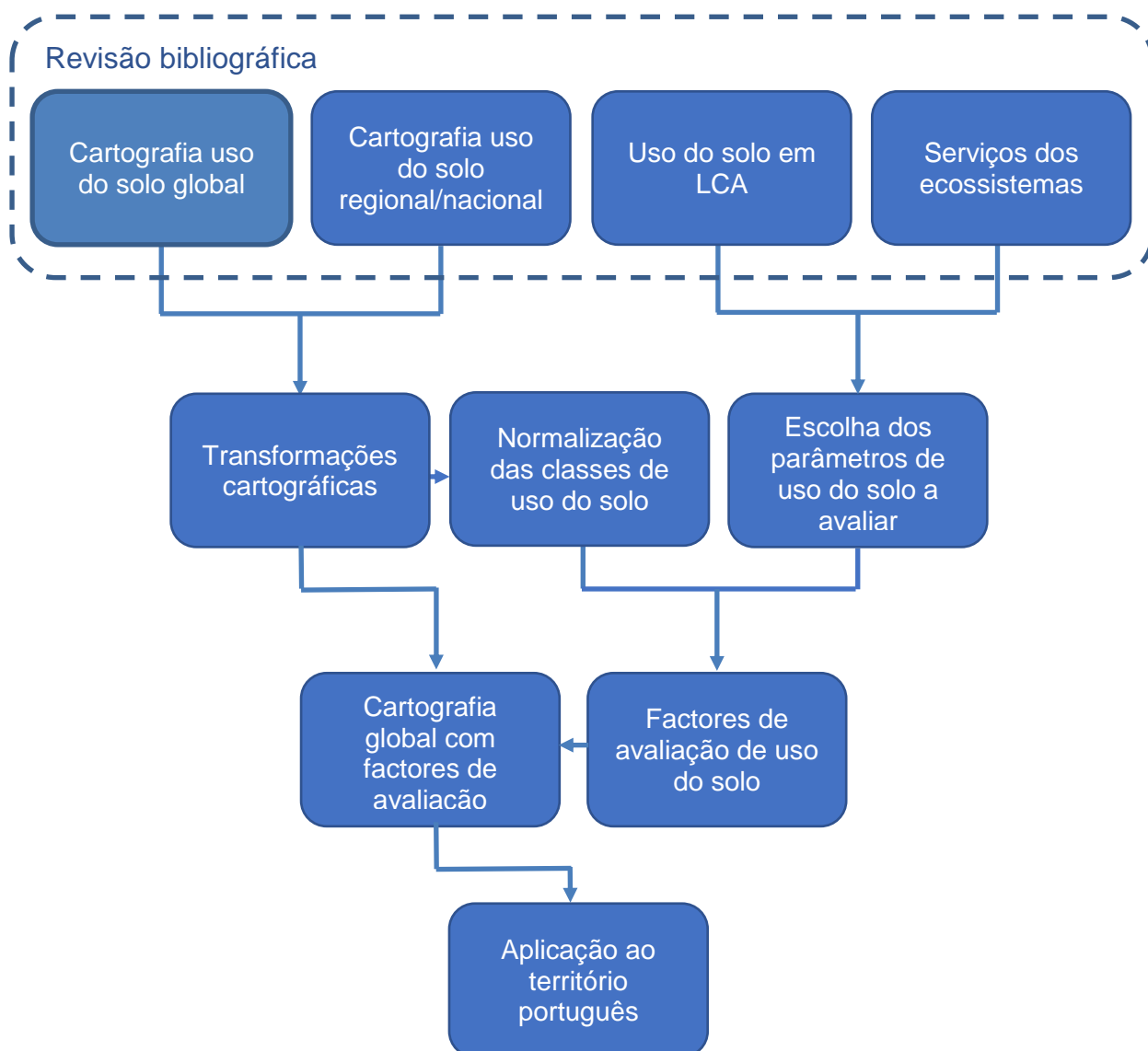


Figura 3 - Esquema da metodologia geral utilizada.

Numa primeira etapa efetuou-se uma revisão de literatura aprofundada de maneira a compreender os conceitos envolvidos no trabalho desenvolvido na dissertação, conceitos como ACV (incluindo a metodologia EcoBlok), mapeamento e avaliação de uso do solo e serviços dos ecossistemas e SIG.

3.2. PESQUISA DE CARTOGRAFIA SOBRE USO DO SOLO

A etapa seguinte incidu na pesquisa e obtenção de informação geográfica relevante sobre o uso do solo em todo mundo. Fixou-se um limiar temporal apenas considerando fontes com uso do solo igual ou posterior a 2008. A escolha deste ano prendeu-se com a data de produção do segundo mapa que serve de base ao estudo (GLCNMO), de onde são tirados os usos do solo para as regiões onde não foi possível encontrar um maior detalhe quer espacial quer temporal. Como segundo critério temporal escolheram-se sempre os dados de uso do solo mais recentes. Quanto à resolução espacial o limiar mínimo aceitável foi de 500 metros, mais uma vez devido à cartografia global de base. A obtenção de cartografia de uso do solo teve também como critérios de pesquisa: fontes de dados abertos. Os resultados obtidos encontram-se discriminados nas tabelas 3 e 4.

De países como China, Rússia, Brasil, entre outros, com grandes áreas territoriais e muita influência nos mercados internacionais tanto a nível de serviços como de bens, não foi possível obter informação livre, estando estas áreas representadas através da cartografia de base com 500m de resolução. Para as Regiões da Ásia, América Latina e África não foram encontrados resultados que cumprissem os critérios de resolução espacial e temporal do estudo, estando também representadas pela informação da GLCNMO.

Para cada fonte de dados analisada foram estudadas as suas classes de uso do solo de forma a compreender e poder sistematizar a informação que transmitiam.

Tabela 3 - Descrição dos SIG obtidos.

Nome	Descrição	Países / Continentes / Regiões	Entidades Cooperativas	Direitos de Propriedade	Fonte
The Global Land Cover by National Mapping Organizations 2003/2008/2013	Ficheiro com informação geoespacial, classifica o uso do solo em toda a área terrestre. A sua classificação é baseada no LCCS desenvolvido pela FAO.	Mundo	Versão 1	Autoridade de informação geoespacial do Japão, Universidade de Chiba e Organizações cooperativas	(2018, Agosto 2). Retirado de https://globalmaps.github.io/glcnm.html
			Afeganistão, Argentina, Austrália, Áustria, Bangladesh, Bélgica, Botsuana, Brasil, Chile, China, Colômbia, Estónia, Hungria, Indonésia, Irão, Itália, Japão, Jordânia, Quênia, República da Coreia, Lao People's Dem. Rep., Letónia, Malásia, México, Níger, Nigéria, Território Palestino Ocupado, Papua-Nova Guiné, Roménia, Sri Lanka, Ilha de Santa Helena, Suíça, República Árabe da Síria, Tailândia, Filipinas, Uganda, Ucrânia, Reino Unido, Uruguai, Zimbábue		
			Versão 2		
			Botsuana, Chile, Costa do Marfim, El Salvador, Japão, Macau, S.A.R., China, Macedónia, México, Omã, Paquistão, Sérvia, Sri Lanka, Tailândia, Estados Unidos		
			Versão 3		
			Argélia, Austrália, Botsuana, Brasil, Burundi, Chile, Colômbia, Alemanha, Hong Kong, China, Macedónia, Madagáscar, Malásia, México, Nova Zelândia, Roménia, Senegal, Suécia, Tailândia, Vietname		
Corine Land Cover 2012	Especificado para normalizar dados sobre o solo na Europa de maneira a ajudar no seu desenvolvimento das políticas ambientais.	Europa	Albânia, Áustria, Bélgica, Bósnia e Herzegovina, Bulgária, Croácia, República Checa, Dinamarca, Estónia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Kosovo, Letónia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Macedónia, Malta, Montenegro, Holanda, Noruega, Polónia, Portugal, Roménia, Sérvia, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia e Reino Unido	EEA em desenvolvimento com o programa Copernicus	(2018, Setembro 25). Retirado de http://mapas.dgterritorio.pt/DGT-ATOM-download/Copernicus2017/CLC/CLC2012
COS 2015	Carta de uso e ocupação do solo de Portugal Continental.	Portugal	Portugal	DGT	(2018, Setembro 25). Retirado de http://mapas.dgterritorio.pt/inspire/atom/CDG_COS2015v1_Continentes_Atom.xml
NALCMS 2011	<i>North American Land Change Monitoring System</i> é uma iniciativa de colaboração entre vários países que mapeia o uso do solo na superfície terrestre.	América do Norte	Estados Unidos, Canadá e México	USGS, INEGI, CCMEQ, CONABIO, CONAFOR, CEC	(2018, Julho 6). Retirado de https://landcover.usgs.gov/nalcms.php
NZ LUCAS 2012	Representa a classificação do uso do solo a partir de definições em conformidade com o protocolo de Quioto.	Nova Zelândia	Nova Zelândia	Ministério do Ambiente da Nova Zelândia	(2018, Outubro 9). Retirado de https://data.mfe.govt.nz
NLUM Australia 2010-11	<i>The National land use map of Australia</i> é o último mapa classificativo do uso do solo da série de mapas nacionais.	Austrália	Austrália	Ministério Australiano da Agricultura, Economia e Ciências	(2018, Outubro 28). Retirado de http://data.daff.gov.au/anrdl/metadata_files/pb_luav5g9abl20160704.xml
Japan High Resolution Land Use Land Cover Map	Mapa de classificação de uso do solo para todo o Japão excepto algumas ilhas isoladas. Este produto é criado com a finalidade de utilizá-lo como base de informações de várias aplicações como levantamento de vegetação, gestão florestal, investigação de desastres e pesquisa ecológica.	Japão	University of Tsukuba (Associate Professor Norio Nashihara)	Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) Earth Observation Research Center (EORC)	(2018, Outubro 17). Retirado de https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/lulc_jindex_v1803.htm
Vietnam High-Resolution Land Use and Land Cover Map	O rápido desenvolvimento socioeconómico do Vietnam existiu uma mudança dramática nos sistemas de uso do solo. De maneira a perceber essas mudanças criou-se este mapa do uso do solo.	Vietname	University of Tsukuba (Associate Professor Norio Nashihara)	Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) Earth Observation Research Center (EORC)	(2018, Outubro 17). Retirado de https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/lulc/lulc_vnm_v1809.htm

Tabela 4 - Informação complementar acerca dos SIG obtidos.

SIG	Data Source	Formato	Tamanho do Ficheiro	Sistema de Coordenadas	Resolução	Nº de classes	Ano
The Global Land Cover by National Mapping Organizations (GLCNMO)	MODIS data 2003 (Terra); MODIS data 2008 (Terra & Aqua); MODIS data 2013 (Terra & Aqua)	TIF	13.9 GB	WGS84	500 metros	20	2003
							2008
							2013
Corine Land Cover 2012 (CLC 2012)	IRS Resourcesat 1/2, SPOT 4/5, RapidEye constellation	TIF	10.2 GB	ETRS89	100 metros	44	2012
COS 2015	UltraCamXp a 6500 metros de altura de voo	SHP	895 MB	ETRS89	20 metros	48	2015
NALCMS 2010	Satélite Landsat	TIF	3.07 GB	WGS84	30 metros	19	2010
NZ LUCAS 2012	Satélites SPOT 5 e Landsat 7	SHP	1.01 GB	WGS84	10 metros	12	2012
NLUM Australia 2010-11	Imagens satélite através de Radiometria avançada de alta resolução (AVHRR)	Esri GRID	69.67 MB	GDA94	50 metros	171	2011
Japan High Resolution Land Use Land Cover Map	Landsat 8, ALOS e ALOS 2	TIF	10.5 GB	ITRF94	30 metros	12	2016
Vietnam High-Resolution Land Use and Land Cover Map	Sentinel, Landsat, ALOS-AVNIR-2, PALSAR, PALSAR-2	TIF	23.73 GB	ITRF94	10 metros	11	2017
					15 metros		

3.3. NORMALIZAÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO

Foi necessário compreender as definições das diferentes classes existentes na cartografia regional compilada e das classes LCCS da FAO. Uma vez selecionada a informação geográfica, e partindo do conhecimento de todas as classes de cada fonte, procedeu-se à normalização das classes de uso do solo criando novas classes. Estas foram originadas tendo em conta as classes LCCS da FAO e as classes da cartografia de base. As novas classes foram integradas na cartografia final produzida, contendo as diferentes escalas temporais e espaciais. Estas novas classes de uso do solo criadas são relevantes em termos de serviços ambientais e agregam classes de uso do solo provenientes de diferentes regiões, com funções semelhantes.

As classes estão divididas em três níveis, o primeiro nível composto por 6 mega classes:

- Vegetação - Toda a vegetação presente na superfície terrestre (tabela 5);
- Agricultura – Áreas agrícolas (tabela 6);
- Áreas Descobertas - Zonas de solo descoberto que são caracterizadas pela consistência da sua superfície e/ou pela presença de fragmentos grosseiros e/ou finos com diversos tipos de propriedades e podendo conter pouca ou nenhuma vegetação (tabela 7);
- Água – Zonas compostas maioritariamente ou na totalidade por água, ecossistemas aquáticos e zonas húmidas influenciadas pelo lençol freático (tabela 8);
- Zonas Artificializadas – Áreas compostas essencialmente por tecido urbano e intervenção humana (tabela 9);
- Sem Dados ou Outros Usos - Zonas onde não existe informação específica sobre o tipo de uso do solo.

O segundo nível divide as *mega* classes em 26 subclasses. O último nível é o nível de classes mais detalhado que contém algumas classes idênticas ao nível anterior, mas detalha algumas destas em múltiplas classes. Este nível contém 45 classes.

No anexo 1 encontra-se a correspondência entre as classes criadas e as classes da cartografia de base.

Tabela 5 - Caracterização da classe de uso do solo Vegetação.

Código/Nome da Classe			Definição	Observações	
1. Vegetação	1.1. Espaços Florestais de Folhosas	1.1.1	Espaços Florestais de Folhosas	Árvores de folhas largas e madeira dura, pertencentes ao grupo das angiospérmicas. Pode conter árvores como sobreiro, eucalipto, carvalho, entre outros, podendo ser nativas ou não da região em questão.	Todo o tipo de árvores de folhas largas e madeira dura, pertencentes ao grupo das angiospérmicas.
		1.1.2	Espaços Florestais de Folhosas Nativas	Árvores de folha larga que são nativas da zona.	
		1.1.3	Espaços Florestais de Folhosas Não Nativas	Árvores de folha larga que não são nativas da zona.	
	1.2. Espaços Florestais de Coníferas	1.2.1	Espaços Florestais de Coníferas	Árvores coníferas. Pode conter árvores como pinheiros e outras árvores resinosas, que poderão ser ou não nativas da região.	Todo o tipo de árvores coníferas. Exemplo de árvores: pinheiros e outras árvores resinosas
		1.2.2	Espaços Florestais de Coníferas Nativas*	Árvores coníferas nativas da zona.	
		1.2.3	Espaços Florestais de Coníferas Não Nativas	Árvores coníferas não nativas da zona.	
	1.3. Espaços Florestais Mistos	1.3.1	Espaços Florestais Mistos	Vegetação onde não predominam espécies de folhas largas ou coníferas e/ou espaços florestais de transição, que poderão ou não ser nativos da região.	Vegetação composta principalmente de árvores onde não predominam espécies de folhas largas ou coníferas. Fazem também parte deste grupo florestas de transição.
		1.3.2	Espaços Florestais Mistos Nativos	Vegetação composta principalmente de árvores onde não predominam e que são nativas da região.	
		1.3.3	Espaços Florestais Mistos Não Nativos	Vegetação composta principalmente de árvores onde não predominam e que não são nativas da região.	
	1.4.	1.4.1	Espaços Florestais de Espécies Invasoras	Espécies florestais consideradas invasivas para a região.	
	1.5. Pastagens	1.5.1	Pastagens	Vegetação do tipo pastagens.	
		1.5.2	Pastagens Naturais	Vários tipos de vegetação do tipo herbáceo, matos ou pastagens nativas da região	
	1.6. Herbáceas/Matos	1.6.1	Matos	Vegetação do tipo mato.	Vegetação do tipo herbáceas e/ou matos podendo ser ou não nativos da região.
		1.6.2	Herbáceas	Vegetação do tipo herbácea.	
1.6.3		Herbáceas/Matos	Vários tipos de vegetação do tipo herbáceas e/ou matos.		
1.7.	1.7.1	Vegetação Dispersa	Espaços descobertos e de pouca vegetação com pastagens de baixa produção/biomassa.		

Tabela 6 - Caracterização da classe de uso do solo Agricultura.

Código/Nome da Classe			Definição	Observações	
2. Agricultura	2.1. Agricultura sem Arrozaís	2.1.1	Zonas de Cultivo	Zonas onde estão presentes diversas práticas agrícolas ou sem tipo de prática específica.	-
		2.1.2	Culturas Irrigadas Permanentemente	Zonas de práticas agrícolas com irrigação.	-
		2.1.2	Culturas Não Irrigadas	Zonas de práticas agrícolas sem irrigação.	-
		2.1.3	Culturas Permanentes	Zonas de práticas agrícolas de culturas permanentes.	-
		2.1.4	Culturas Temporárias	Zonas de práticas agrícolas de culturas temporárias.	-
		2.1.5	Culturas associadas com espaços naturais	Zonas de práticas agrícolas com culturas associadas a espaços naturais	-
		2.1.6	Sistemas Agro-Florestais	Zonas de práticas agro-florestais.	-
	2.2.	2.2.1	Arrozaís	Zonas de cultura de Arroz	-

Tabela 7 - Caracterização da classe de uso do solo Áreas Descobertas.

Código/Nome da Classe				Definição	Observações
3. Áreas Descobertas	3.1.	3.1.1	Áreas Descobertas Não Classificadas	Zonas de solo descoberto	Zonas de solo descoberto são caracterizadas pela consistência da sua superfície e/ou pela presença de fragmentos grosseiros e/ou finos com diversos tipos de propriedades e pode conter pouca ou nenhuma vegetação.
	3.2.	3.2.1	Áreas Descobertas Consolidadas	Zonas de solo descoberto consolidado que é caracterizado pela consistência sólida e firme da sua superfície e/ou pela presença de fragmentos grosseiros com essas propriedades. Poderá também conter áreas caracterizadas por cascalho, areia, silte, argila ou outro material de barro, com pouca ou nenhuma vegetação presente.	
	3.3.	3.3.1	Áreas Descobertas Não Consolidadas	Zonas de solo descoberto composto por zonas arenosas, praias e dunas.	
	3.4.	3.4.1	Áreas Sem Vegetação/Áreas Ardidas	Zonas sem vegetação e/ou zonas ardidas em recuperação.	

Tabela 8 - Demonstração da classe de uso do solo Água (Water).

Código/Nome da Classe				Definição	Observações
4. Água	4.1.	4.1.1	Águas Sem Oceano ou Mar	Águas costeiras e interiores	Zonas compostas maioritariamente de água, ecossistemas aquáticos e zonas húmidas e influenciadas pelo lençol freático.
	4.2.	4.2.1	Zonas de Água Doce	Zonas de água doce, tais como planos e cursos de água.	
	4.3.	4.3.1	Zonas Húmidas	Áreas dominadas por vegetação herbácea e lenhosa de zonas húmidas que é influenciada pelo lençol freático. Inclui principalmente pântanos, charcos, brejos. Poderá também conter zonas de mangal.	
	4.4.	4.4.1	Zonas de Água Salobra	Zonas de água salobra, tais como lagoas costeiras, estuários, salinas, mangais e desembocaduras fluviais.	
	4.5.	4.5.1	Oceano/Mar	Zona de oceano e mares.	
	4.6.	4.6.1	Zonas de Neve/Gelo	Zonas de neve e/ou gelo.	
	4.7.	4.7.1	Aquacultura	Zonas de prática de aquacultura.	
	4.8.	4.8.1	Águas Subterrâneas	Aquíferos e águas subterrâneas.	

Tabela 9 – Caracterização da classe de uso do solo Zonas Artificializadas.

Código/Nome da Classe				Definição	Observações
5. Zonas Artificializadas	5.1. Zonas Urbanas	5.1.1	Zonas Urbanas Contínuas	Zonas de tecido urbano contínuo, indústrias, comércio, redes viárias e ferroviárias, áreas portuárias, aeroportos e aeródromos, áreas em construção, instalações desportivas e equipamentos de lazer, equipamentos culturais e outras zonas históricas, barragens e reservatórios de água, redes de eletricidade e comunicação.	Zonas artificializadas caracterizadas essencialmente por tecido urbano e intervenção humana.
		5.1.2	Zonas Urbanas Descontínuas	Tecido urbano descontínuo, representativo de zonas rurais.	
		5.1.3	Zonas Urbanas Não Classificadas	Todo o tipo de zonas urbanas que não sejam caracterizadas como zonas verdes urbanas.	
		5.1.4	Zonas Verdes Urbanas	Zonas de espaços verdes urbanos.	
	5.2.	5.2.1	Extracção Mineira	Minas, pedreiras, zonas de rejeitos e indústrias extrativas abandonadas.	
	5.3. Zonas de Saneamento	5.3.1	Zonas de Deposição de Resíduos	Zonas de tratamento e eliminação de resíduos sólidos e aterros.	
		5.3.2	Zonas de Tratamento de Águas	Zonas de tratamento águas residuais, lagoa de efluentes e esgotos.	
	5.4.	5.4.1	Campos de Golfe	Campos de Golfe.	

3.4. TRANSFORMAÇÕES NA CARTOGRAFIA DE USO DO SOLO

Nesta etapa são realizadas alterações a todas as peças da cartografia de base. Para cada região existe uma metodologia específica que será explicada detalhadamente e justificada no capítulo seguinte.

Para as zonas de oceano e mar foi utilizada cartografia global com uma resolução de 10 metros, disponibilizada pela FAO.

A figura 4 ilustra as diferentes regiões consideradas.

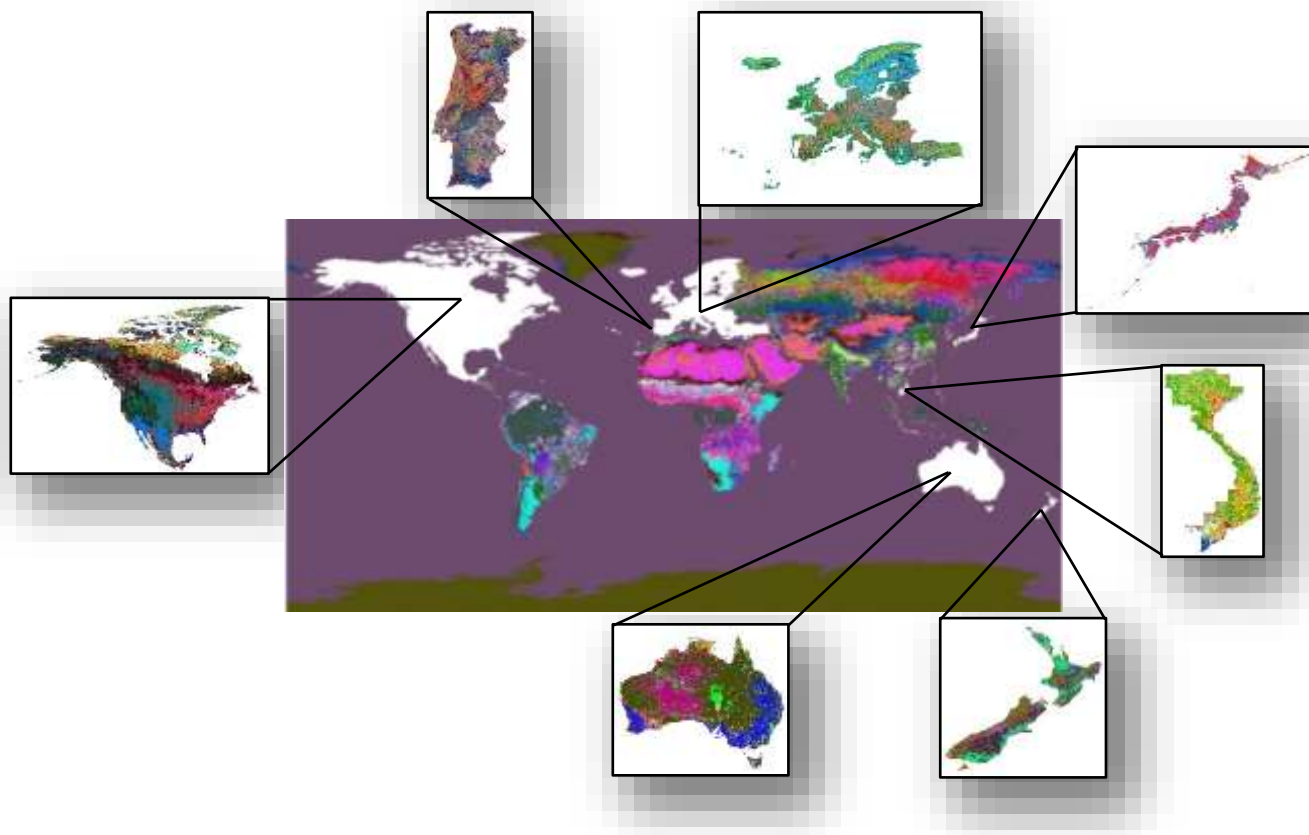


Figura 4 - Cartografia das regiões consideradas no estudo.

O processamento de dados foi efectuado com o auxílio das ferramentas *ArcGis* e *QGIS*, utilizando os seguintes algoritmos, variáveis e definições:

- *Shapefile* – Formato de arquivo que contém dados geoespaciais em formato vetorial – pontos; linhas; e polígonos – em que a informação georreferenciada está associada a cada geometria;
- *Raster* – Dados matriciais ou de *bitmap*, são imagens raster que contêm a informação georreferenciada associada a cada *pixel*;
- *NoData* – Valor com representação gráfica inexistente;
- *CutterRaster* – Variável do algoritmo *que* define a imagem de base de corte;
- *SourceRaster* – Variável do algoritmo *que* define a imagem de base a cortar;
- *WGS84* – É uma norma usada em cartografia de origem geocêntrica utilizado pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS), definida em 1984.
- *Clip* – Ferramenta do *ArcGis* utilizado para recortar partes de uma geometria usando uma ou mais geometrias como camada de corte.
- *Merge* – Ferramenta do *ArcGis* que combina várias geometrias vetoriais num único conjunto de dados de saída;
- *Project* – Ferramenta do *ArcGis* *que* transforma o sistema de coordenadas de um mapa.
- *Polygon to Raster* – Ferramenta do *ArcGis* que transforma imagens vetoriais em *raster*;
- *Raster to Polygon* – Ferramenta do *ArcGis* que transforma imagens *raster* em vetoriais;
- *Raster Calculator* – Ferramenta do *ArcGis* que permite construir e executar uma expressão de álgebra de mapas. Usa sintaxe do python numa interface semelhante a uma calculadora;
- *Con()* – Algoritmo do *ArcGis*, *Raster Calculator*, que executa avaliações de condições lógicas *if / else* a cada *pixel* de um *raster*.
- *IsNull()* – Algoritmo do *ArcGis*, *Raster Calculator*, que avalia quais os *pixéis* do *raster* de entrada sem dados (*NoData*), devolve valor 1 se o input é *NoData* e 0 para as células com dados;
- *Mosaic To New Raster* – Ferramenta do *ArcGis* que junta vários conjuntos de dados *raster* num novo conjunto de dados *raster*;
- *Extract by Mask* – Ferramenta do *ArcGis* que extrai as células de um *raster* utilizando uma camada que define a células a extrair;
- *Reclassify* – Ferramenta do *ArcGis* que reclassifica (ou altera) os atributos de um *raster*.
- *Create Grid Layer* – Ferramenta do *QGIS* que cria uma camada vetorial com uma grelha com um formato especificado;
- *Split Vector Layer* – Ferramenta do *QGIS* que cria diversos mapas vetoriais partindo de um com múltiplas geometrias.
- *Clip Raster by Mask Layer* – Ferramenta do *QGIS* que corta imagens *raster* utilizando uma camada de corte vetorial.

3.5. INDICADOR *USO DO SOLO*

Partindo das classes de uso do solo criadas procedeu-se à exploração de conceito de um indicador de uso do solo para uso em ACV, procurando definir parâmetros essenciais para a avaliação do desempenho de cada classe de uso do solo, de acordo com os serviços ambientais prestados. Os serviços dos ecossistemas escolhidos foram agrupados em três classes: stock de carbono; património natural e cultural; e outros serviços dos ecossistemas. Cada uma das três classes apresenta uma metodologia de cálculo distinta para o indicador uso do solo proposto, incluindo diferentes parâmetros de cálculo.

Para as duas primeiras classes foi possível considerar mais detalhadamente efeitos regionais nos serviços dos ecossistemas, tendo-se criado factores que variam ao longo da superfície terrestre e/ou do tipo de uso do solo.

Para a classe “stock de carbono”, partiu-se de estudos regionais, referentes às regiões de Portugal e Espanha, com base nos valores desses estudos aplicando-se os mesmos a essas regiões e extrapolando-se para outras regiões, através de um mecanismo que contempla as diferenças de stock de carbono por regiões climáticas, dadas pelo IPCC.

Para a classe “património cultural e natural”, através de uma extensa pesquisa cartográfica obteve-se uma cartografia que contempla o património natural e cultural em todo o mundo, com base na sua classificação de património atribui-se um fator.

No caso da classe “outros serviços dos ecossistemas”, foram revistos diversos estudos que continham informação sobre a temática (serviço dos ecossistemas vs uso do solo), tendo sido escolhido uma metodologia que quantifica, em termos de desempenho, os serviços dos ecossistemas para as classes de uso do solo da *CORINE Land Cover*, adaptando essa metodologia à metodologia da dissertação.

Os fatores originados, das classes de serviços dos ecossistemas, passaram por um processo de normalização, sendo possível agrega-los num fator único de uso do solo, fator esse que reflete resultados finais compatíveis com o indicador de uso do solo da metodologia Ecoblok, variando entre 0 e 10. Valores no intervalo]0,1[representam usos com efeitos positivos para o ambiente, valor 1 sem efeitos ambientais adversos ou benéficos, valores entre]1;10] usos com efeitos negativos para o ambiente.

4. INTEGRAÇÃO DA CARTOGRAFIA BASE

4.1. PORTUGAL

A COS é disponibilizada em diversos ficheiros por região NUT III. Assim a primeira transformação foi agregar todas as regiões num só *shapefile*, recorrendo à ferramenta *Merge*, do *ArcGis*. A segunda transformação aplicada foi a modificação do sistema de coordenadas para o sistema de certificação de coordenadas que será comum a todas (WGS84), recorrendo à ferramenta *Project*, do *ArcGis*. Por último, e uma vez que a cartografia global de base se encontra em formato GeoTIFF (a quantidade de informação deste excede os limites de um *shapefile*), a informação vetorial foi convertida em raster para ser integrada no mapa global produzido. Esta transformação utilizou a ferramenta *Polygon to Raster*, do *ArcGis*. A figura 4 apresenta a COS em formato raster.

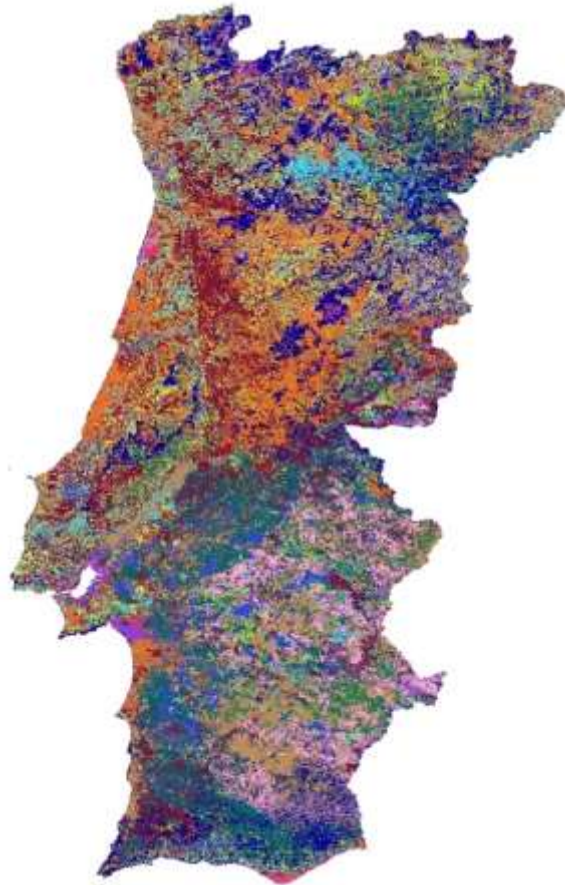


Figura 5 - Raster "COSraster", cartografia de uso do solo para Portugal.

A figura 5 apresenta um excerto da cartografia de uso do solo em Portugal para os diferentes níveis de classes criados.

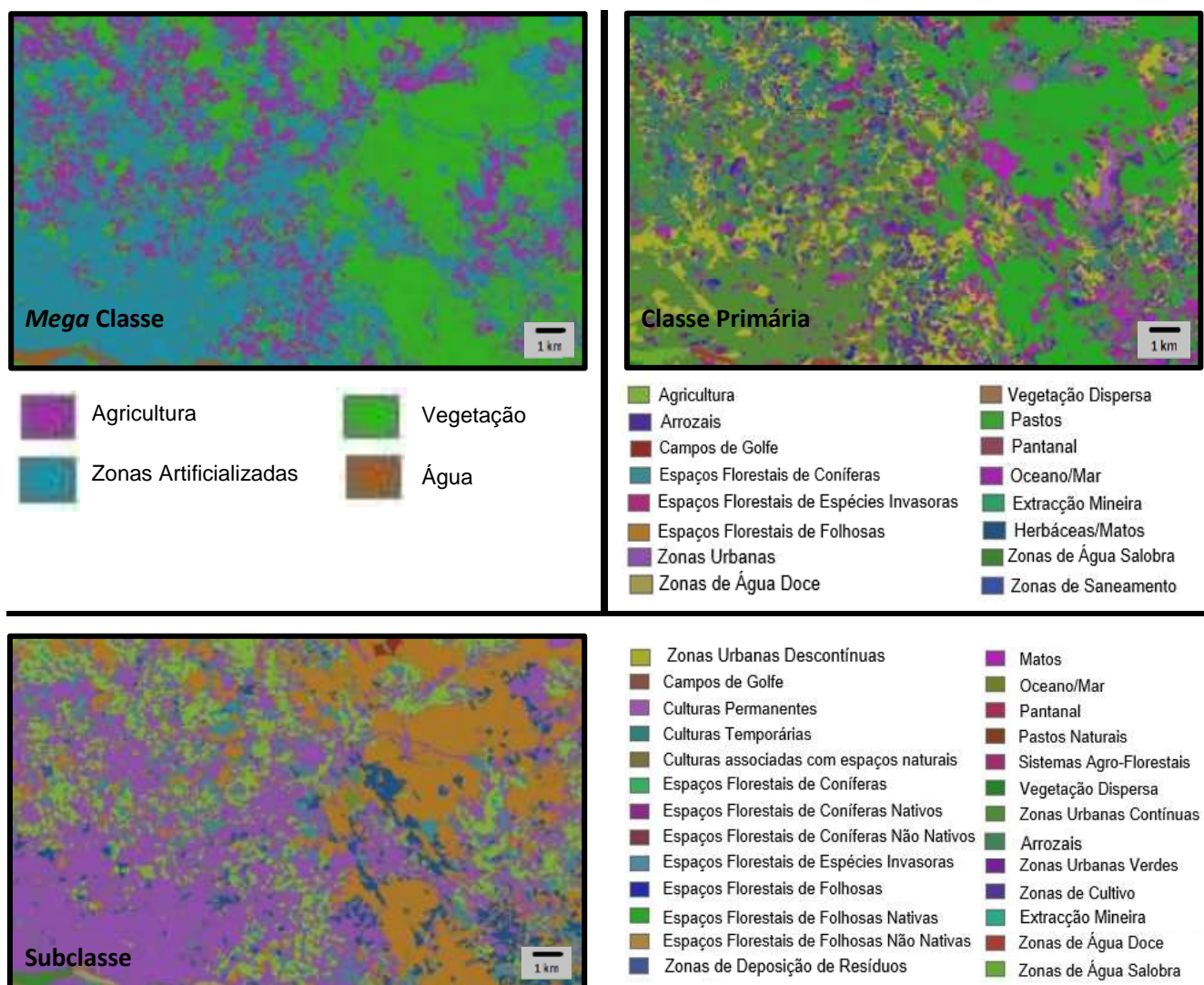


Figura 6 – Excertos da cartografia do uso do solo referente a Portugal, com as diferentes classes do uso do solo.

4.2. EUROPA

No caso da CORINE Land Cover (CLC) com informação de uso do solo para os restantes países da Europa (Figura 7) começou-se por georreferenciar os mapas no sistema de geocordenadas do projeto (WGS84), utilizando a ferramenta *Project*, do *ArcGis*. Em seguida procedeu-se ao corte da área correspondente a Portugal utilizando a ferramenta *raster calculator*, do *ArcGis* com a Equação 1:

$$\text{Con(IsNull(COSraster), g100_clc)} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

- Con - Atribui os valores do CLC para os pixéis em que COSRaster não é nulo (área exterior à COS). Para os restantes pixéis (COS no território português) atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixéis da área de Portugal e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixéis;
- "COSraster" - Mapa de Portugal - COS (fig. 4);
- "g100_clc" - Mapa CORINE Land Cover (fig. 6);

O mapa resultante apresenta-se na figura 8.



Figura 7 - Raster "g100_clc", cartografia referente ao uso do solo da Europa (Corine Land Cover).

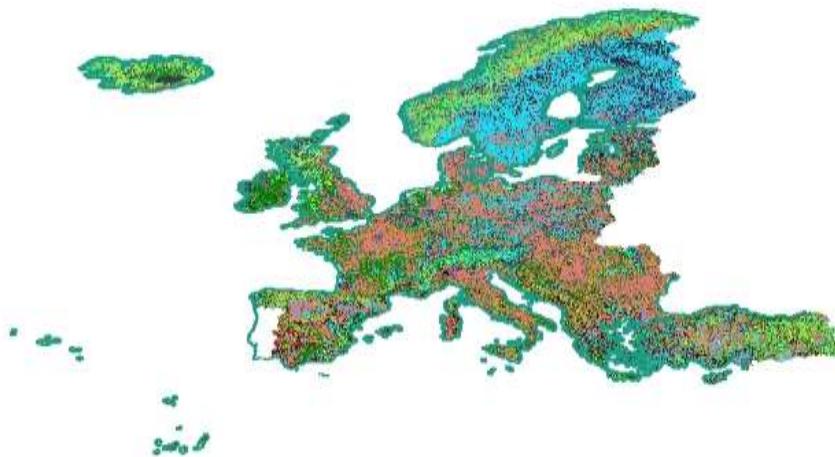


Figura 8 - Raster "CLCfinal", cartografia final da Europa para os cortes efectuados.

Converteu-se ainda o mapa da figura 7 em formato shapefile para possibilitar a integração destes dados no *software* de ACV, *OpenLCA* usando a ferramenta Raster to Polygon, do ArcGis.

A figura 9 representa um excerto do mapa europeu de uso do solo resultante para cada um dos níveis de classes.

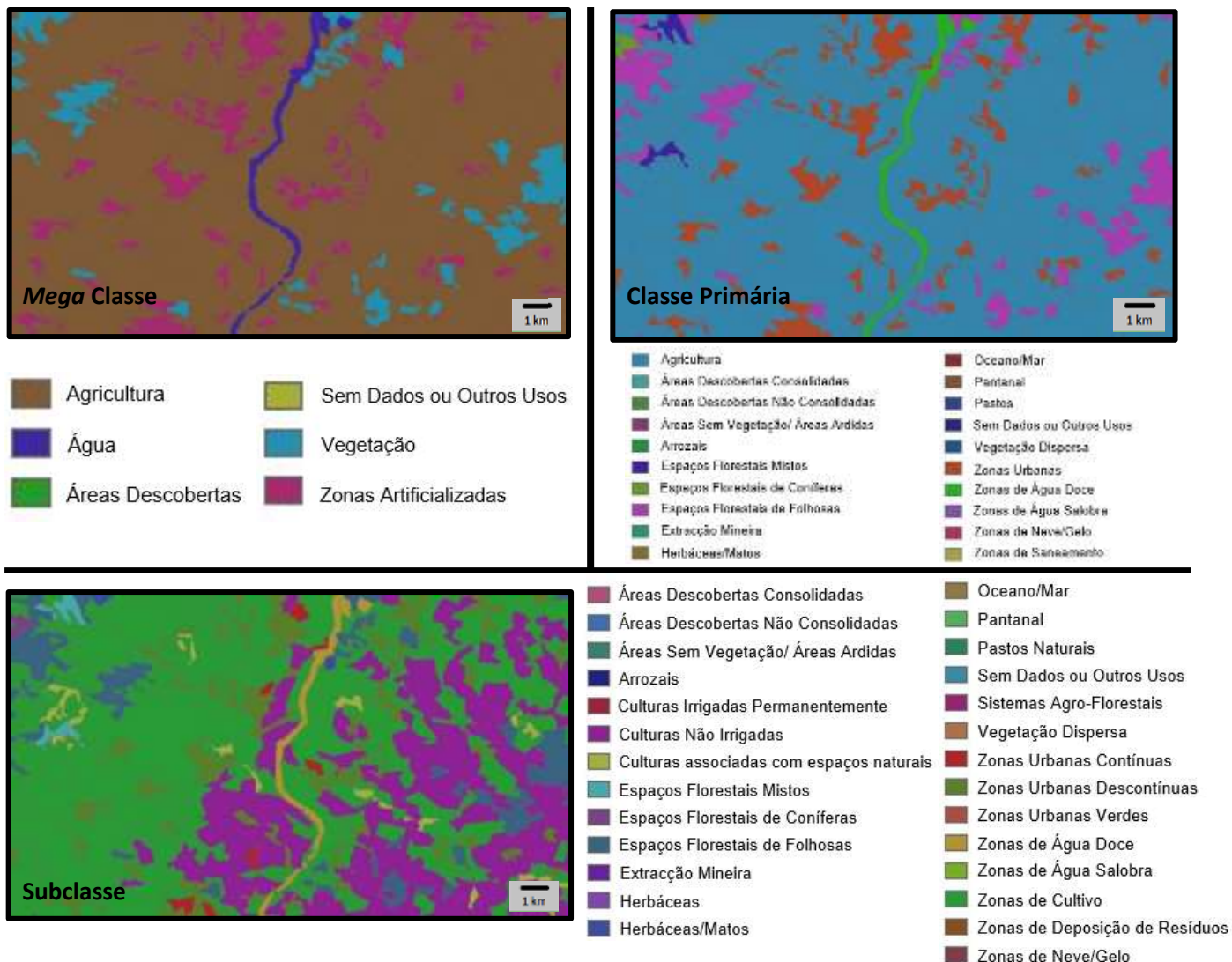


Figura 9 - Excertos da cartografia do uso do solo referente à Europa, com as diferentes classes de uso do solo.

4.3. AMÉRICA DO NORTE

A primeira transformação da cartografia da América do Norte (figura 10) foi a remoção da categoria “water”, que inclui oceanos e águas interiores, utilizando o *raster calculator*, do *ArcGis*, com a Equação 2:

$$\text{Con}(na_nalcm \geq 1) \& (na_nalcm \leq 17), na_nalcm \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

- Com - Para todas as classes que pertence ao intervalo [1, 17] (classes de uso do solo da cartografia base da América do Norte que não são referentes à classe “water” nem à classe NoData) atribui o valor das classes de uso do solo da cartografia de base, nos restantes valores atribui NoData.
- “na_nalcm” – mapa base da América do Norte (figura 10);

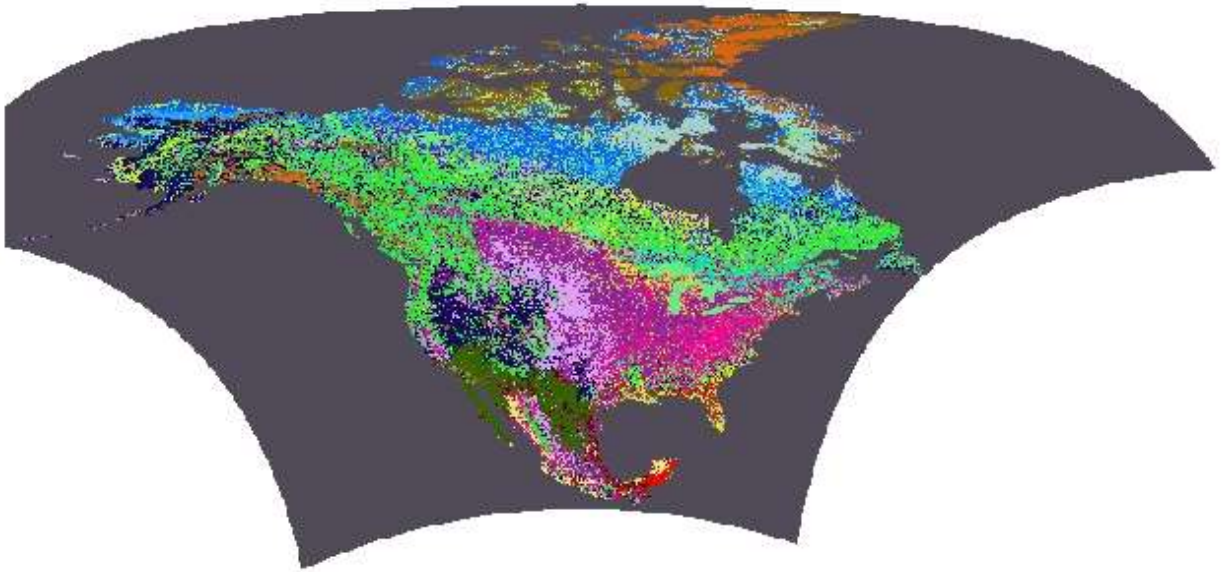


Figura 10 - *Raster* "na_nalcm", cartografia referente ao uso do solo da América do Norte.

O resultado apresenta-se na figura 11.



Figura 11 - *Raster* "nasemagua", cartografia da América do Norte sem a classe water.

Esta transformação foi necessária dado que a cartografia norte-americana não fazia distinção entre águas interiores e oceano. Assim obteve-se um *raster* que delimita o contorno terrestre norte-americano que permitiu proceder a essa divisão nas transformações seguintes.

A segunda transformação que se procedeu foi relativa à cartografia dos oceanos e mares, representado pela figura 11, onde se retirou a fronteira do *raster* obtido na transformação anterior. Esta transformação foi necessária para recortar as sobreposições do território com a camada global dos oceanos, para seguidamente extrair os oceanos da cartografia de base norte-americana (figura 10). Assim foi possível retirar a zona de oceano e mar, respeitando

fronteiras territoriais do mapa de base da América do Norte, ficando a classe *water* a representar apenas águas interiores.

A remoção foi efetuada através da ferramenta *raster calculator*, do *ArcGis*, com a Equação 3:

$$\text{Con}(\text{IsNull}(\text{"nasemagua"} \text{ (fig. 11)}), \text{"ne_10m_ocean"} \text{ (fig. 12)}) \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

- Con – Atribui os valores do “ne_10m_ocean” para os pixels em que “nasemagua” não é nulo. Para os restantes pixels atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixels da área de “nasemagua” e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixels;
- “nasemagua” - Layer de corte (figura 11);
- “ne_10m_ocean” - Cartografia dos oceanos e mares de todo o mundo (figura 12);

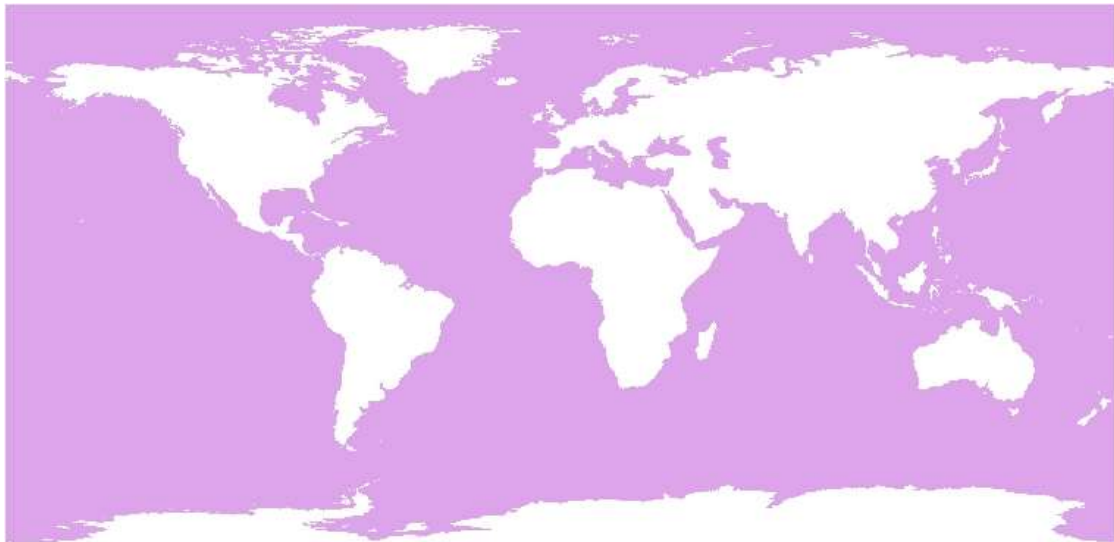


Figura 12 - *Raster* "ne_10m_ocean", cartografia representativa dos oceanos e mares de todo o mundo.

A figura 13 apresenta o resultado obtido.



Figura 13 - *Raster* "marna", cartografia representativa da classe oceanos e mar, para a América do Norte e zonas envolventes.

Com a transformação originada anteriormente foi possível então proceder-se à separação de oceanos e mares das águas interiores na classe “water”. Retirou-se a área azul escura apresentada na figura 13 à cartografia base da América do Norte (figura 10) utilizando a ferramenta *raster calculator*, do *ArcGis*, com a equação 4, originando um *raster* representado na figura 14.

$$\text{Con}(\text{IsNull}(\text{"marna"} \text{ (fig.13)}), \text{"na_nalcm"} \text{ (fig.10)}) \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

- Con – Atribui os valores do “na_nalcm” para os pixéis em que “marna” não é nulo. Para os restantes pixéis atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixéis da área de “nasemagua” e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixéis;
- “marna” - cartografia representativa da classe oceanos e mar, para a América do Norte e zonas envolventes (fig. 13);
- “na_nalcm” - mapa base da América do Norte (fig. 10);

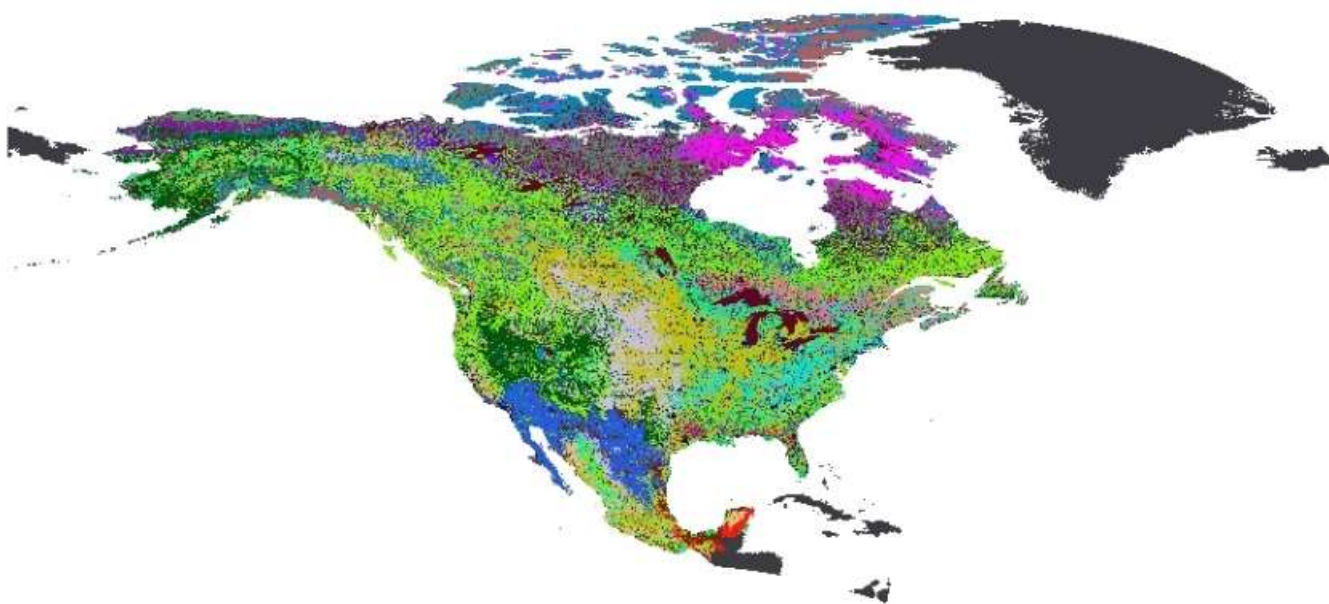


Figura 14 - *Raster* "northamerica", cartografia representativa da América do Norte sem oceano e mares.

De seguida procedeu-se à remoção da classe sem valor do mapa, representado na figura 14 pelas zonas cinzentas escuras, originando a cartografia final relativa aos cortes para a América do Norte, representada na figura 15. Mais uma vez, através da ferramenta *raster calculator*, do *ArcGis*, com a condição da equação 5.

$$\text{Con}(\text{"northamerica"} \geq 1) \ \& \ (\text{"northamerica"} \leq 18), \text{"northamerica"} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

- Con() - Para todas as classes que pertence ao intervalo [1, 18] (classes de uso do solo da cartografia base da América do Norte que não são referentes à classe NoData) atribui o valor das classes de uso do solo da cartografia de base, nos restantes valores atribui NoData.
- “northamerica” – cartografia representativa da América do Norte sem oceano e mares (figura 14);

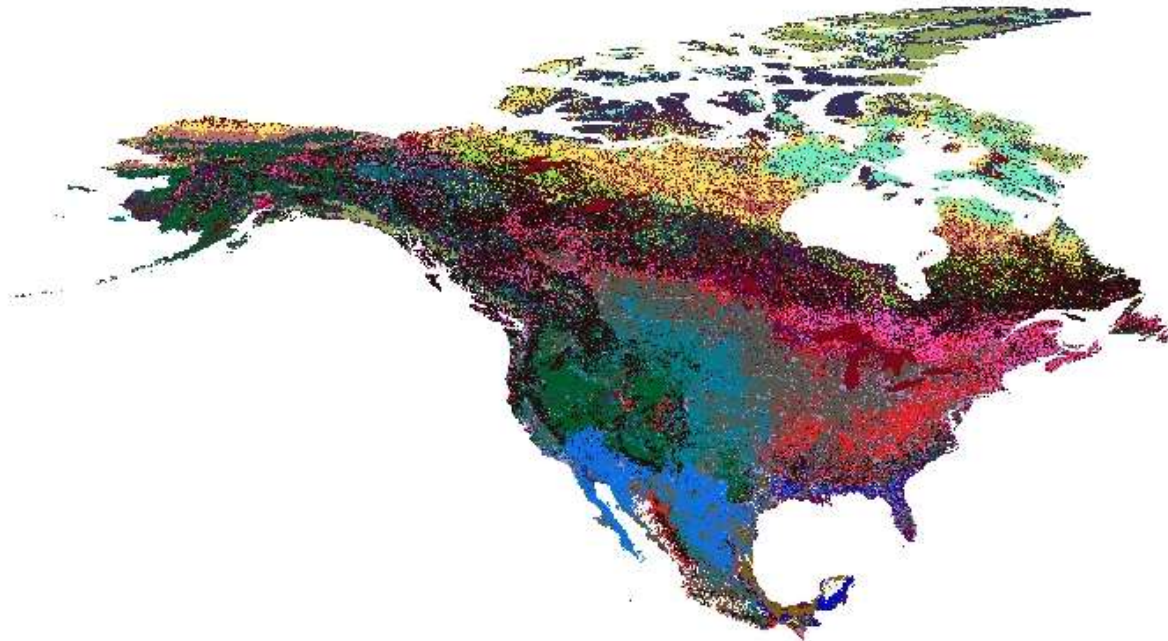


Figura 15 - Raster "NAfinal", cartografia final da América do Norte, para os cortes efectuados.

Uma vez que se pretende produzir a cartografia final em formato vetorial, e que o tamanho do ficheiro final excederia a capacidade máxima do *shapefile*, dada a alta resolução espacial da informação americana aliada à grande área do território norte-americano, foi necessário cortar o raster "NAfinal" em 115 partes, como se demonstra na figura 16. Para obtenção da grelha foi necessário recorrer ao *software QGIS* e usar a ferramenta proveniente do *plug-in MMQGIS, Create Grid Layer*.

Para proceder à separação dos diversos quadrados da grelha utilizou-se a ferramenta do *QGIS Split Vector Layer*, individualizando cada um em *shapefiles*. A partir de cada um desses *shapefiles* criados e da ferramenta do *QGIS Clip Raster by Mask Layer*, procedeu-se ao corte de todo o *raster* da figura 15, originando cartogramas como os representados nas quadrículas da figura 17.

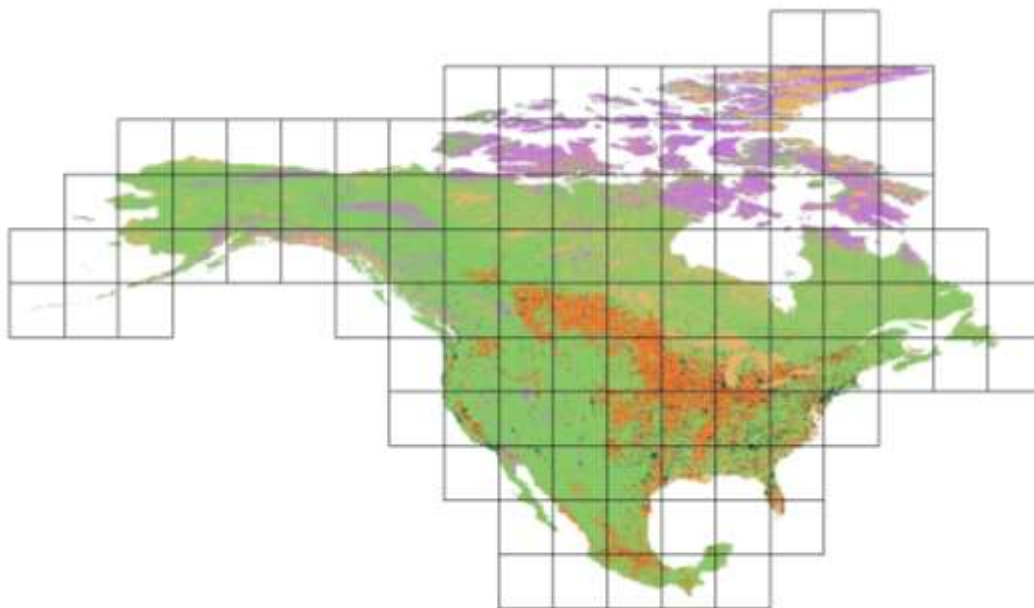


Figura 16 - Representação da grelha utilizada no corte do SIG final para a América do Norte.

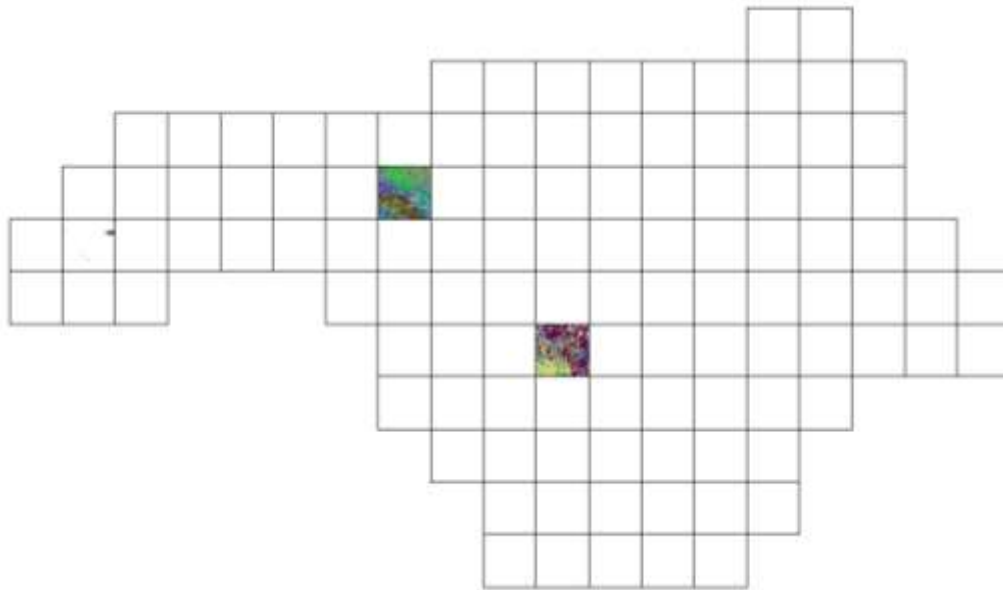


Figura 17 - Exemplo dos cortes, através da grelha, realizados para a América do Norte.

A figura 18 ilustra as novas classes de uso do solo criadas. O exemplo apresenta uma porção da cartografia da América do Norte, para cada um dos níveis de classes.

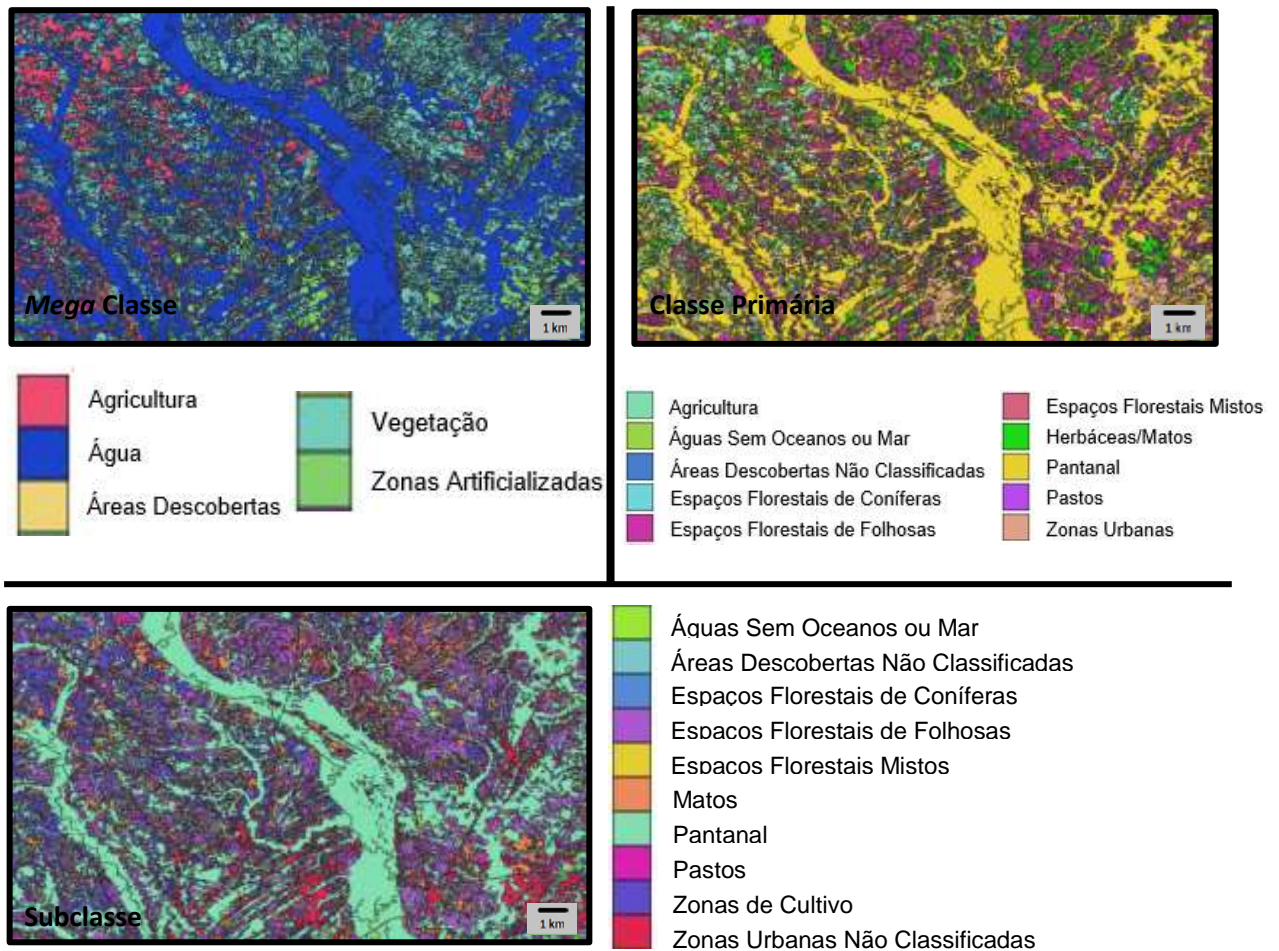


Figura 18 - Excertos da cartografia do uso do solo referente à América do Norte, com as diferentes classes do uso do solo.

4.4. JAPÃO

A cartografia do território japonês é disponibilizada em diversos ficheiros tendo sido necessário juntá-los num único mapa (figura 19), recorrendo à ferramenta *Mosaic To New Raster*, do ArcGis. Em seguida procedeu-se à alteração para o sistema de coordenadas do projeto com a ferramenta *Project*, do ArcGis.

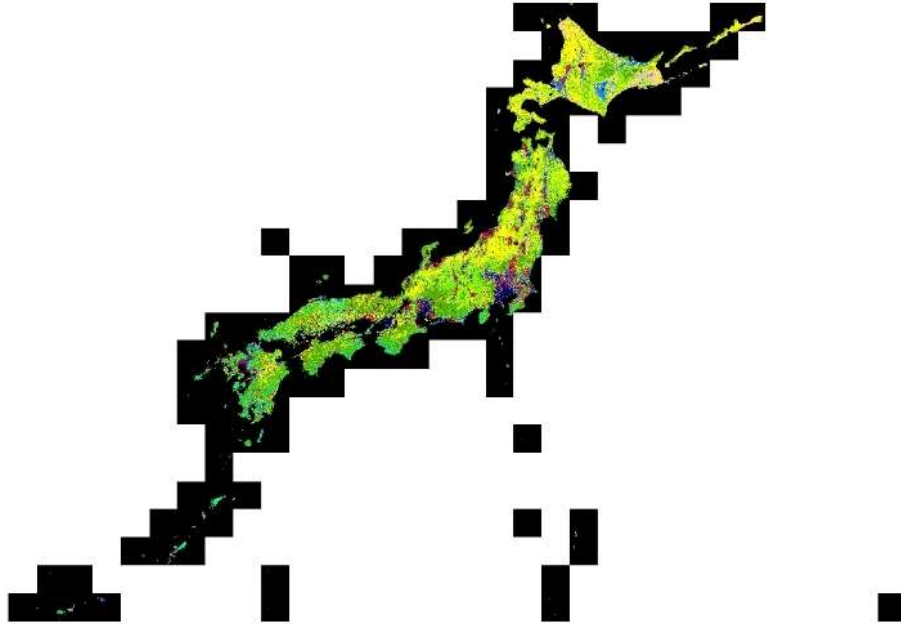


Figura 19 - Raster "japanmergeWGS84", cartografia correspondente ao uso do solo para o Japão.

Na transformação seguinte, e à semelhança da América do Norte, retirou-se a classe de "water" da cartografia, de maneira a obter as fronteiras da secção terrestre do Japão, para posteriormente separar a zona de uso do solo da do oceano, obtendo uma classe "water" apenas com águas interiores. Obteve-se a figura 19 através da Equação 6 utilizando a ferramenta *raster calculator*, que representa a cartografia do Japão sem a classe "water".

$$\text{Con}((\text{"japanmergeWGS84"}(\text{fig. 19}) \geq 2) \& (\text{"japanmergeWGS84"}(\text{fig. 19}) \leq 10), \text{"japanmergeWGS84"}(\text{fig. 19})) \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

- Con() - Para todas as classes que pertence ao intervalo [2, 10] atribui o valor das classes de uso do solo da cartografia de base, nos restantes valores atribui NoData.
- "japanmergeWGS84" – cartografia representativa do Japão sem a classe "water" (fig. 20);
- [2, 10] – Classes de uso do solo da cartografia base do Japão que não são referentes à classe "water";

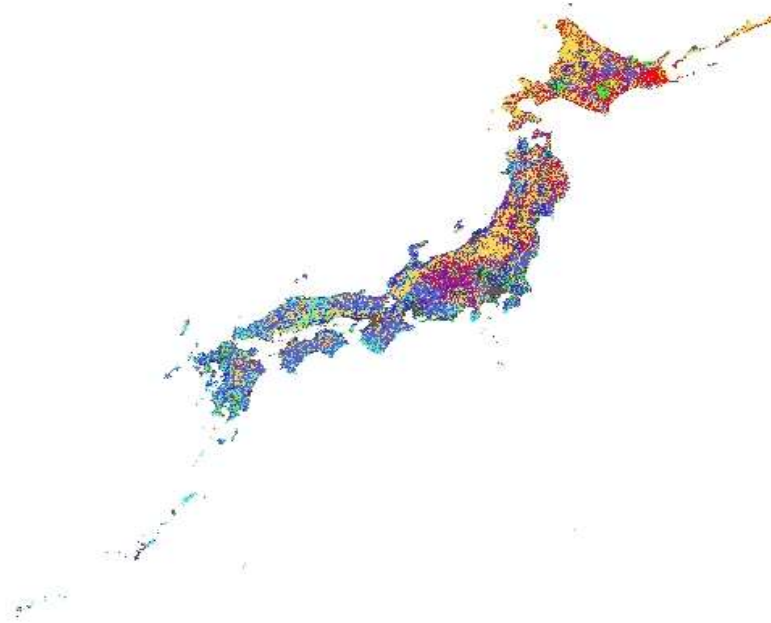


Figura 20- Raster "jpsemagua", cartografia representativa do uso do solo do Japão sem a classe "water".

A etapa seguinte passou por retirar as fronteiras obtidas na figura 20, à cartografia que contém os oceanos e mares, de maneira a obter as fronteiras do oceano do mapa de base do Japão. Esta transformação foi realizada através da Equação 7, recorrendo à *raster calculator*, originando a figura 21.

$$\text{Con}(\text{IsNull}(\text{"jpsemagua"} \text{ (fig. 20)}), \text{"ne_10m_ocean"} \text{ (fig. 12)}) \quad (\text{Equação 7});$$

Em que:

- Con() – Atribui os valores do "ne_10m_ocean" para os pixels em que "jpsemagua" não é nulo. Para os restantes pixels atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixels da área de "jpsemagua" e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixels;
- "jpsemagua" - Representado no lugar do CutterRaster - Cartografia do Japão sem a classe "water" (fig. 20);
- "ne_10m_ocean" - Representado no lugar do SourceRaster – Cartografia dos oceanos e mares de todo o mundo (fig. 12);



Figura 21 - Raster "marjp", cartografia correspondete ao oceano e mar do Japão e áreas circundantes.

Através da cartografia obtida na figura 21 separou-se da classe "water" o oceano e o mar, obtendo assim uma cartografia com a classe de águas interiores, sendo esse a nossa cartografia final respeitante a transformações do Japão. Este passo foi efetuado através da equação 8 usando o *raster calculator*, originando a cartografia apresentada na figura 22.

$$\text{Con(IsNull("marjp" (fig. 21)), "japanmergeWGS84" (fig. 19))} \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

- Con() – Atribui os valores do "japanmergeWGS84" para os pixéis em que "marjp" não é nulo. Para os restantes pixéis atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixéis da área de "marjp" e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixéis;
- "marjp" - cartografia correspondente ao oceano e mar do Japão e áreas circundantes (fig. 21);
- "japanmergeWGS84" - cartografia representativa do Japão (fig. 19);



Figura 22 - *Raster* "Japaosemar", cartografia do Japão com as transformações efectuadas.

Foi também necessário passar a cartografia da figura 22 para formato vetorial pelos motivos já referidos. Para isto foi necessário proceder-se à divisão da cartografia da figura 22, devido ao seu tamanho ser demasiado grande para uma passagem direta para um ficheiro do tipo *shapefile*. Esta divisão foi efetuada através da ferramenta *Clip*, do *ArcGis*, dividindo a cartografia a meio, dando origem a duas partes representadas pelas figuras 23 e 24. Por último procedeu-se à passagem de ambas as partes para *shapefiles*, recorrendo à ferramenta *Raster to Polygon*, do *ArcGis*.



Figura 23 - *Raster* "Japan2", cartografia do Japão correspondente à segunda parte gerada.



Figura 24 - *Raster "Japan1"*, cartografia do Japão correspondente à primeira parte gerada.

A figura 25 demonstra as novas classes de uso do solo criadas. O exemplo envolve uma porção da cartografia do Japão, para cada um dos níveis de classes.

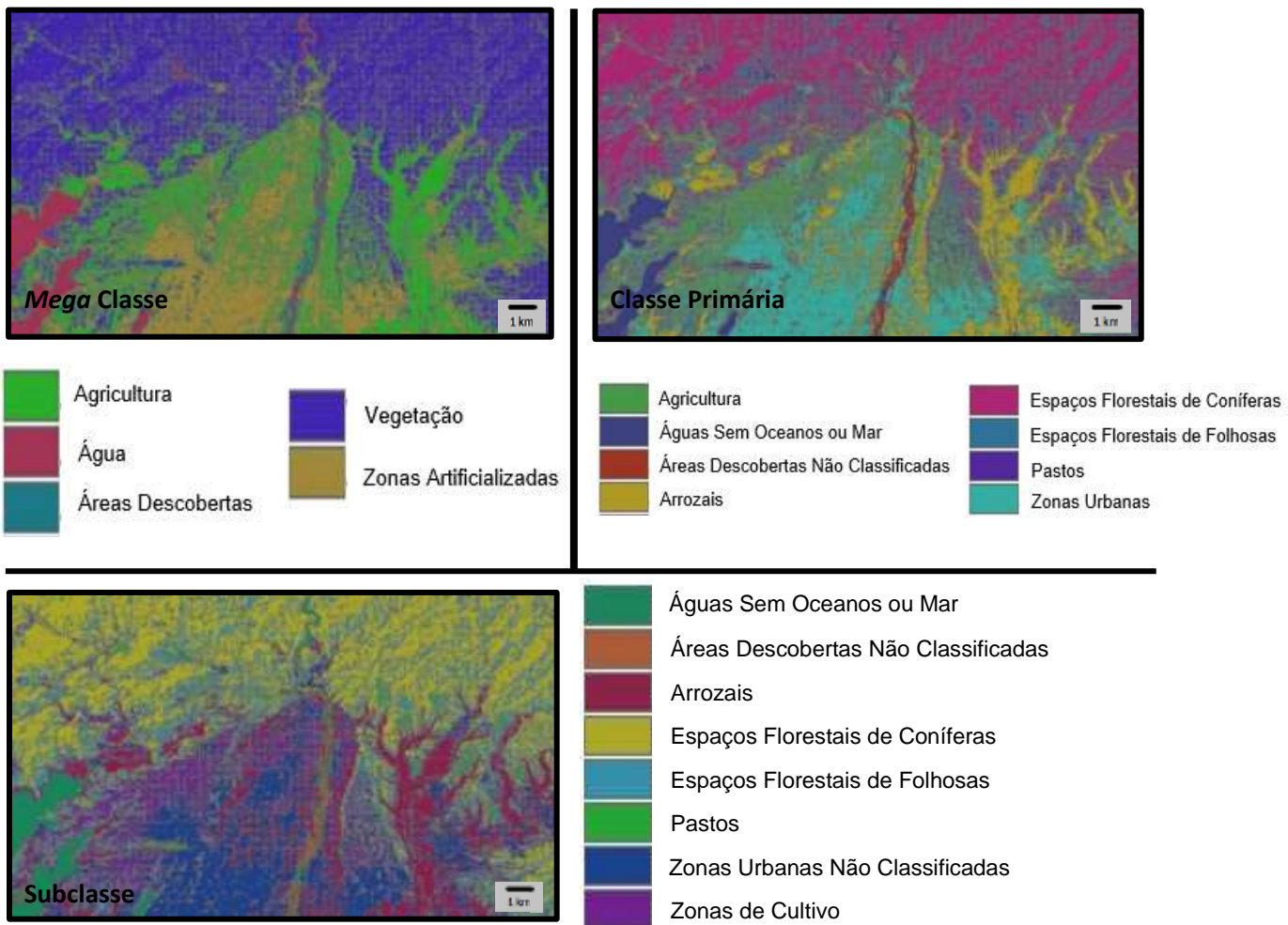


Figura 25 - Excertos da cartografia do uso do solo referente ao Japão, com as diferentes classes de uso do solo.

4.5. VIETNAME

Tal como foi efetuado para a cartografia do Japão, para o Vietname também foi necessário agrupar os diversos ficheiros de cartografia de uso do solo (ferramenta *Mosaic To New Raster*) e modificar o sistema de coordenadas (ferramenta *Project*), originando a figura 26.



Figura 26 - Raster "vietnam", cartografia do Vietname para o uso do solo.

A etapa seguinte foi remover as zonas pretas, zonas sem dados, pertencentes a uma classe "No Data", na cartografia da figura 26, mas para as quais existe informação relevante na cartografia base do mundo. Para efectuar este passo utilizou-se a equação 9 na *raster calculator*, dando origem à figura 27.

$Con(("vietnam"(fig.26) \geq 1) \& ("vietnam"(fig.26) \leq 9), "vietnam"(fig.26))$ (Equação 9);

Em que:

- Con() - Para todas as classes que pertence ao intervalo [1, 9] atribui o valor das classes de uso do solo da cartografia de base, nos restantes valores atribui NoData;
- "vietnam" – cartografia representativa do Vietname (fig. 26);
- [1, 9] – Classes de uso do solo da cartografia base do Vietname que não são referentes à classe "No data";

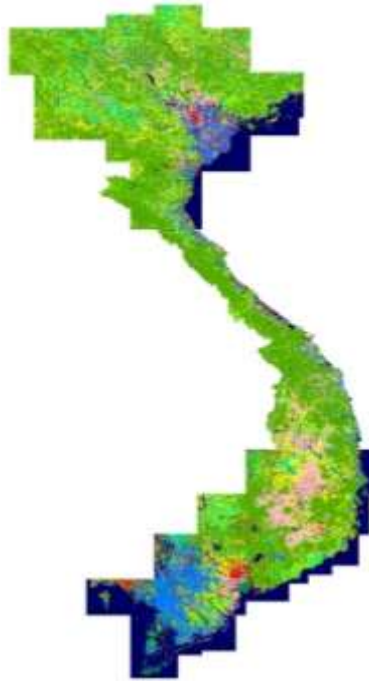


Figura 27 - Raster "vietnamsem", cartografia do Vietname, sem a classe "No Data", para o uso do solo.

De seguida procedeu-se a remoção da classe de uso do solo "Forest", da cartografia de base do Vietname. Esta classe foi removida dos mapas originais pois aglomera os vários tipos de floresta numa só classe. Esta etapa realizou-se através da eliminação da entrada da própria classe na tabela de atributos da cartografia, recorrendo-se ao programa *openOffice* para abrir o ficheiro *vat*, da respetiva cartografia, e fazer a remoção, originando a figura 28.



Figura 28 - Raster "vietsemfloresta", cartografia do Vietname sem a classe de uso do solo "Forest".

De forma a obter as fronteiras terrestres, como realizado nas cartografias anteriores da América do Norte e do Japão, e como esta cartografia também contém uma classe “water” generalizada, procedeu-se à remoção dessa classe, iniciando o processo de separação dos oceanos e mares das águas interiores. A transformação foi realizada através da equação 10, recorrendo à *raster calculator*, originando a figura 29.

$$\text{Con}(\text{"vietsemfloresta"}(\text{fig. 28}) \geq 2) \& (\text{"vietsemfloresta"}(\text{fig. 28}) \leq 9), \text{"vietsemfloresta"}(\text{fig. 28})) \quad (\text{Equação 10});$$

Em que:

- Con() - Para todas as classes que pertence ao intervalo [2, 9] atribui o valor das classes de uso do solo da cartografia de base, nos restantes valores atribui NoData;
- “vietsemfloresta” – Cartografia do Vietnam sem a classe de uso do solo “Forest”. (fig. 27);
- [2, 9] – Classes de uso do solo da cartografia base do Vietname que não são referentes à classe “water”;

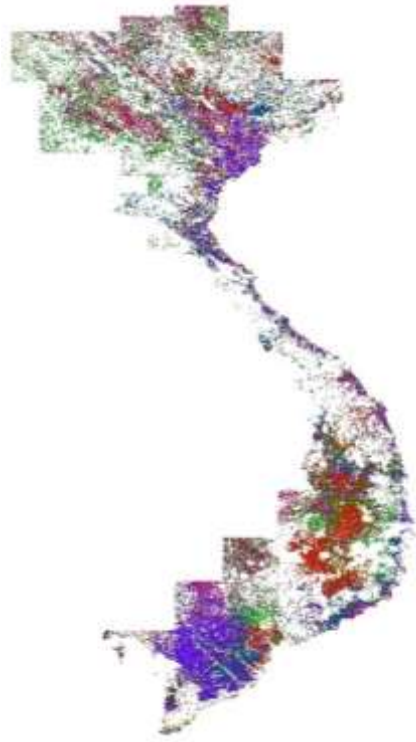


Figura 29 - *Raster "vietnamsemagua"*, cartografia do Vietnam com todas as alterações feitas até esta representação e sem a classe de uso do solo “water”.

A partir da figura 29 retirou-se as fronteiras obtidas à cartografia dos oceanos e mares representada pela figura 12 de maneira a obter a fronteira do oceano para a zona do Vietnam (de acordo com a cartografia regional do Vietnam), podendo posteriormente remover corretamente os oceanos e mares à classe “water” da cartografia regional de base. Através da equação 11 e da *raster calculator* originou-se a figura 29.

$Con(IsNull("vietnamsemagua" (fig. 29)), "ne_10m_ocean" (fig. 12))$ (Equação 11);

Em que:

- Con – Atribui os valores do “ne_10m_ocean” para os pixéis em que “vietnamsemagua” não é nulo. Para os restantes pixéis atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixéis da área de “vietnamsemagua” e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixéis;
- “vietnamsemagua” - Cartografia do Vietnam com todas as alterações feitas até esta representação e sem a classe de uso do solo “water”. (fig. 29);
- “ne_10m_ocean” - Cartografia dos oceanos e mares de todo o mundo (fig. 12);



Figura 30 - *Raster* “vietnamar”, cartografia correspondente ao oceano e mar do Vietnam e sua envolvente.

Por último, através da cartografia obtida na figura 30 separou-se da classe “water” o oceano e o mar. Este passo foi efetuado com a Equação 12 e a *raster calculator*, originando a figura 31.

$Con(IsNull("vietnamar" (fig. 30)), "vietsemfloresta" (fig. 28))$ (Equação 12);

Em que:

- Con – Atribui os valores do “vietsemfloresta” para os pixéis em que “vietnamar” não é nulo. Para os restantes pixéis atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixéis da área de “vietnamar” e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixéis;
- “vietnamar” - Cartografia correspondente ao oceano e mar do Vietnam e sua envolvente. (fig. 30);
- “vietsemfloresta” - Cartografia do Vietnam sem a classe de uso do solo “Forest”. (fig. 28);

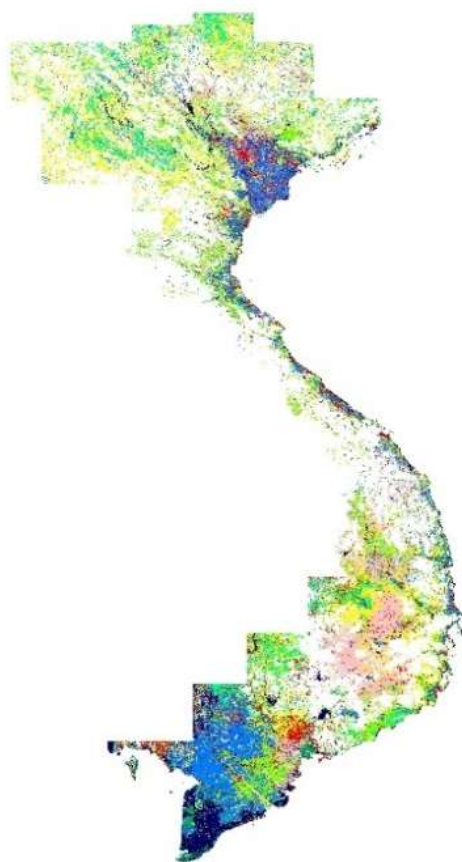


Figura 31 - *Raster "vietnam1"*, cartografia do Vietname que demonstra as transformações realizadas em relação às classes “*forest*” e “*water*”.

Procedeu-se depois à substituição das zonas removidas pelas classes da cartografia base mundial, que tem dados mais completos para a mesma região.

A obtenção da zona em falta no Vietname, que se trata das florestas, foi realizado a partir da eliminação de todas as classes, exceto da floresta, à cartografia representado pela figura 27, originando uma *layer* só com o formato da zona da floresta, representado pela figura 32. Essa eliminação foi efetuada selecionando da tabela de atributos todas as geometrias exceto as da classe “*forest*”.

A figura 32 serviu como uma máscara para retirar a informação pretendida da cartografia base mundial. A partir da ferramenta *Extract by Mask*, do *ArcGis*, e da cartografia base mundial obteve-se a cartografia com a informação da floresta que se pretendida, originando a figura 33.



Figura 32 - *Raster "VietnamMask"*, layer correspondente à classe de uso do solo "*Forest*" do Vietname.

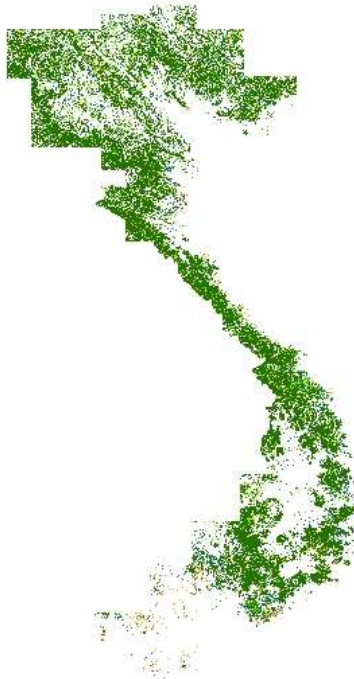


Figura 33 - *Raster "Vietnam2"*, cartografia correspondente às classes de uso do solo de Florestas proveniente da cartografia base mundial para a zona do Vietnam.

Por último procedeu-se então à passagem dos *raster* representados pelas figuras 31 e 33 para ficheiros do tipo *shapefile*. Esse passo foi efetuado através da ferramenta *Raster to Polygon*.

Após essa transformação efectuou-se a junção dos das figuras para formar a cartografia final referente ao Vietnam, utilizando-se a ferramenta *Merge*, do *ArcGis*, dando origem à figura 34.



Figura 34 - Cartografia "VietnamFinal", cartografia do Vietnam para o uso do solo, após transformações.

A figura 35 demonstra as novas classes de uso do solo criadas. O exemplo envolve uma porção da cartografia do Vietnã, para cada um dos níveis de classes.

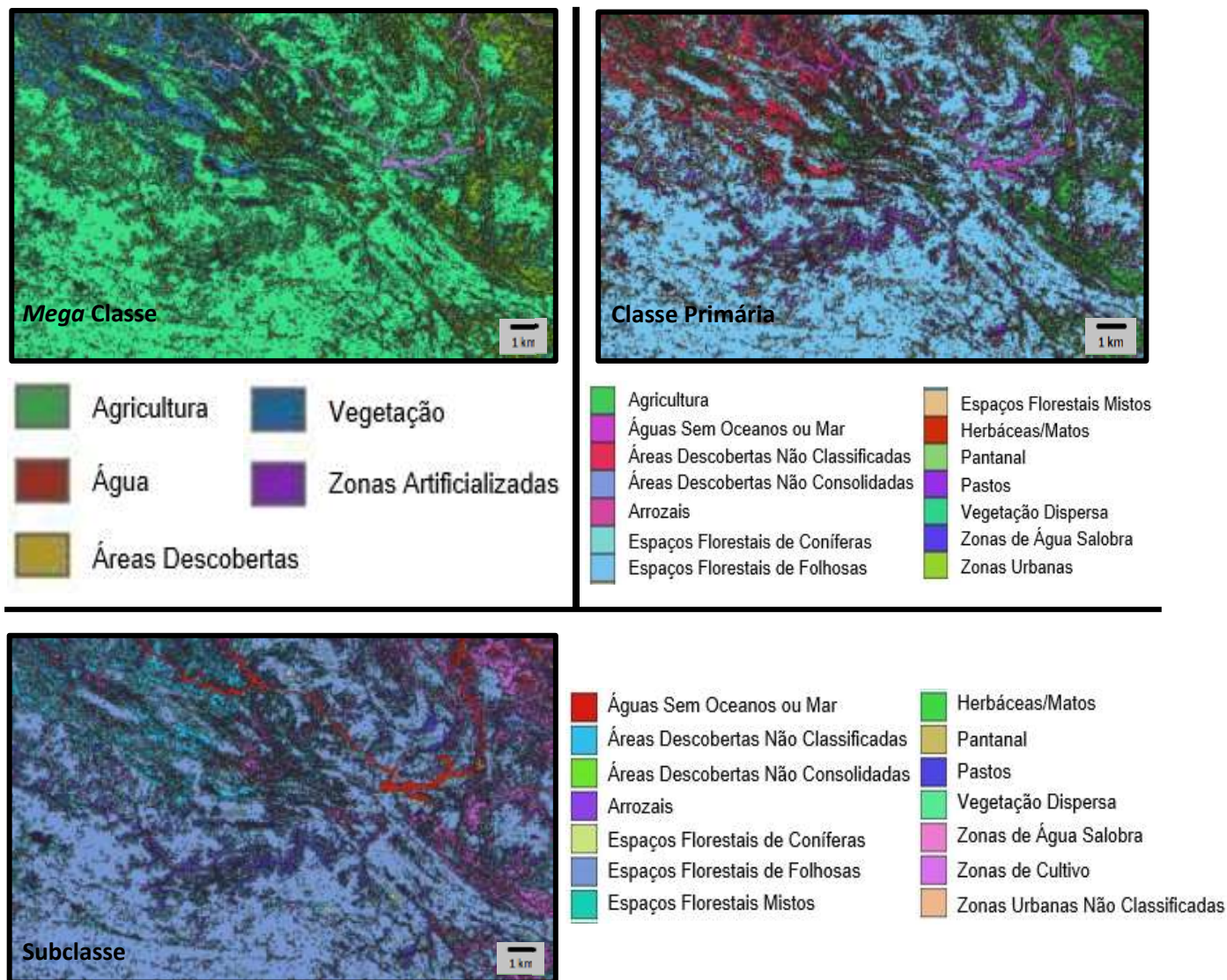


Figura 35- Excertos da cartografia do uso do solo referente ao Vietnã, com as diferentes classes de classificação do uso do solo.

4.6. AUSTRÁLIA

No caso da Austrália foi necessário fazer a alteração do sistema de coordenadas, colocando a cartografia no sistema de coordenadas comum (WGS84), através da ferramenta *Project Raster* originando a figura 36.

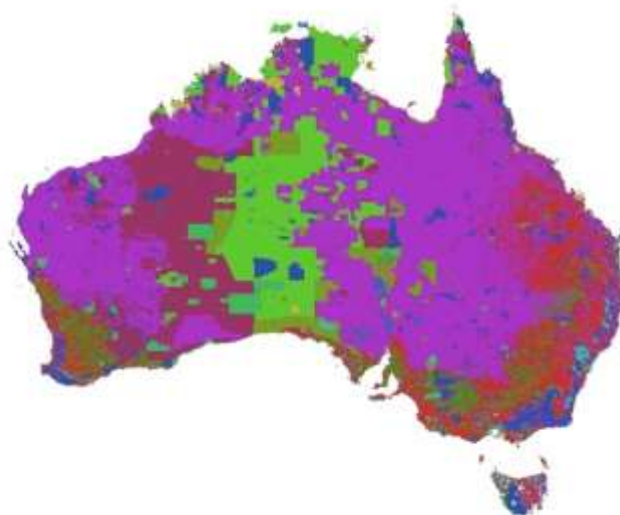


Figura 36 - *Raster "AustraliaOriginal"*, cartografia original da Austrália para o uso do solo.

Após a transformação das coordenadas foi necessário proceder à remoção da classe "*nature conservation*" da cartografia, por não se tratar de um uso do solo mas de um estatuto de conservação não especificado. Estas zonas foram colmatadas pela informação disponível na cartografia base mundial. Para proceder à remoção criou-se um ficheiro novo só com a classe de "*nature conservation*", recorrendo-se à ferramenta *Reclassify*, do *ArcGis*, onde se alteraram os valores de todas classes, exceto a de conservação da natureza, para a "NoData", originando a figura 37.



Figura 37 - *Raster "AustraliaMask"*, *layer* correspondente à classe de uso do solo "*nature conservation*" para a cartografia da Austrália.

A partir da *layer* da figura 37, procedeu-se então à remoção dessa mesma parte na cartografia original da Austrália, para isso recorreu-se à *raster calculator* e à equação 13, dando origem à figura 38.

$Con(IsNull("AustraliaMask" (fig. 37)), "AustraliaOriginal" (fig. 36))$ (Equação 13);

- Con() – Atribui os valores do “AustraliaOriginal” para os pixels em que “AustraliaMask” não é nulo. Para os restantes pixels atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixels da área de “AustraliaMask” e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixels;
- “AustraliaMask” - *Camada* correspondente à classe de uso do solo "*nature conservation*" para a cartografia da Austrália. (fig. 37);
- “AustraliaOriginal” - Cartografia regional de base da Austrália (fig. 36);

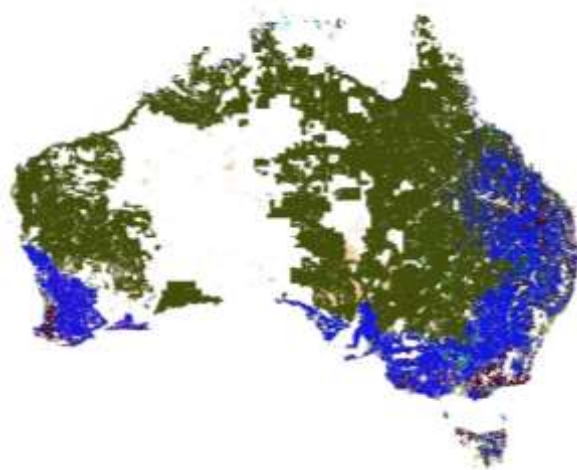


Figura 38 - *Raster* "Australia1", cartografia respeitante à remoção da classe "*nature conservation*" para a Austrália.

Após esta remoção e a partir da figura 38, procedeu-se à extração dos dados em falta da cartografia base mundial, utilizando a ferramenta *Extract by Mask*, que deu origem à figura 39.

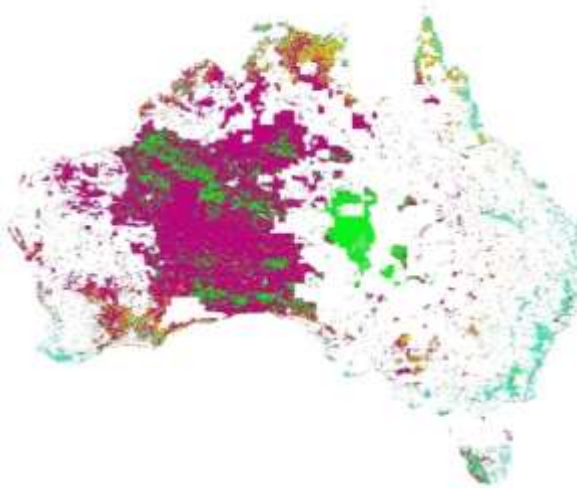


Figura 39 - *Raster* "Australia2", cartografia correspondente à extracção de informação para a Austrália proveniente do mundial.

Para proceder à junção das duas partes da Austrália e porque é necessário a cartografia final encontrar-se no formato *shapefile*, realizou-se a transformação de ambas as figuras (38 e 39) de ficheiro do tipo *raster* para *shapefile*, através da ferramenta *Raster to Polygon*. De seguida procedeu-se à junção de ambas através da ferramenta *Merge*, dando ao origem à cartografia final do uso do solo para a Austrália, representado pela figura 40.

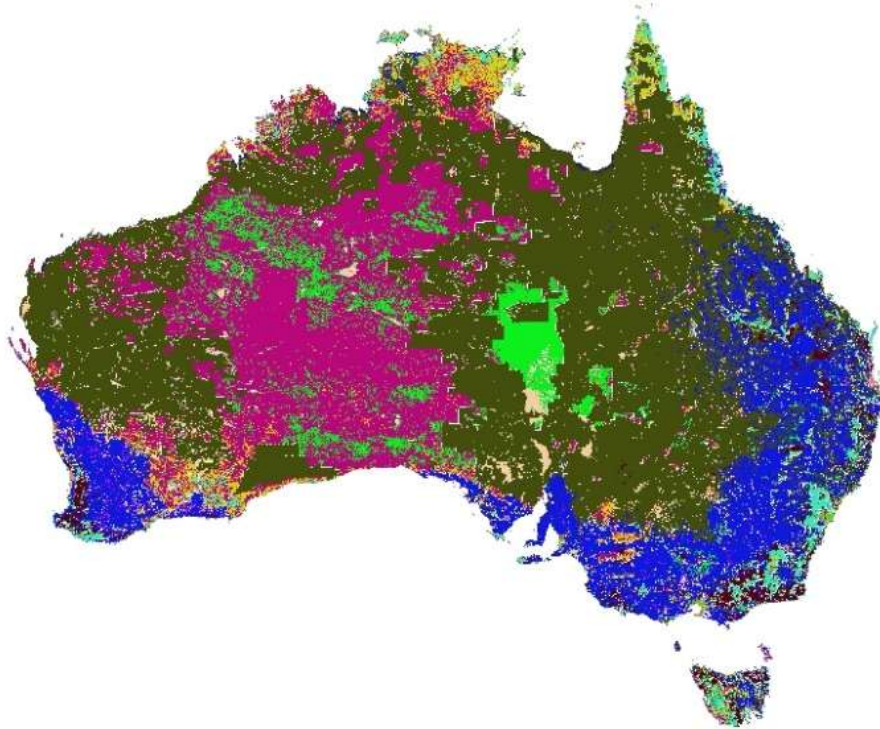


Figura 40 - Cartografia "AustraliaFinal", correspondente ao *shapefile* final para o uso do solo da Austrália.

A figura 41 apresenta as novas classes de uso do solo criadas. O exemplo envolve uma porção da cartografia da Austrália, para cada um dos níveis de classes.

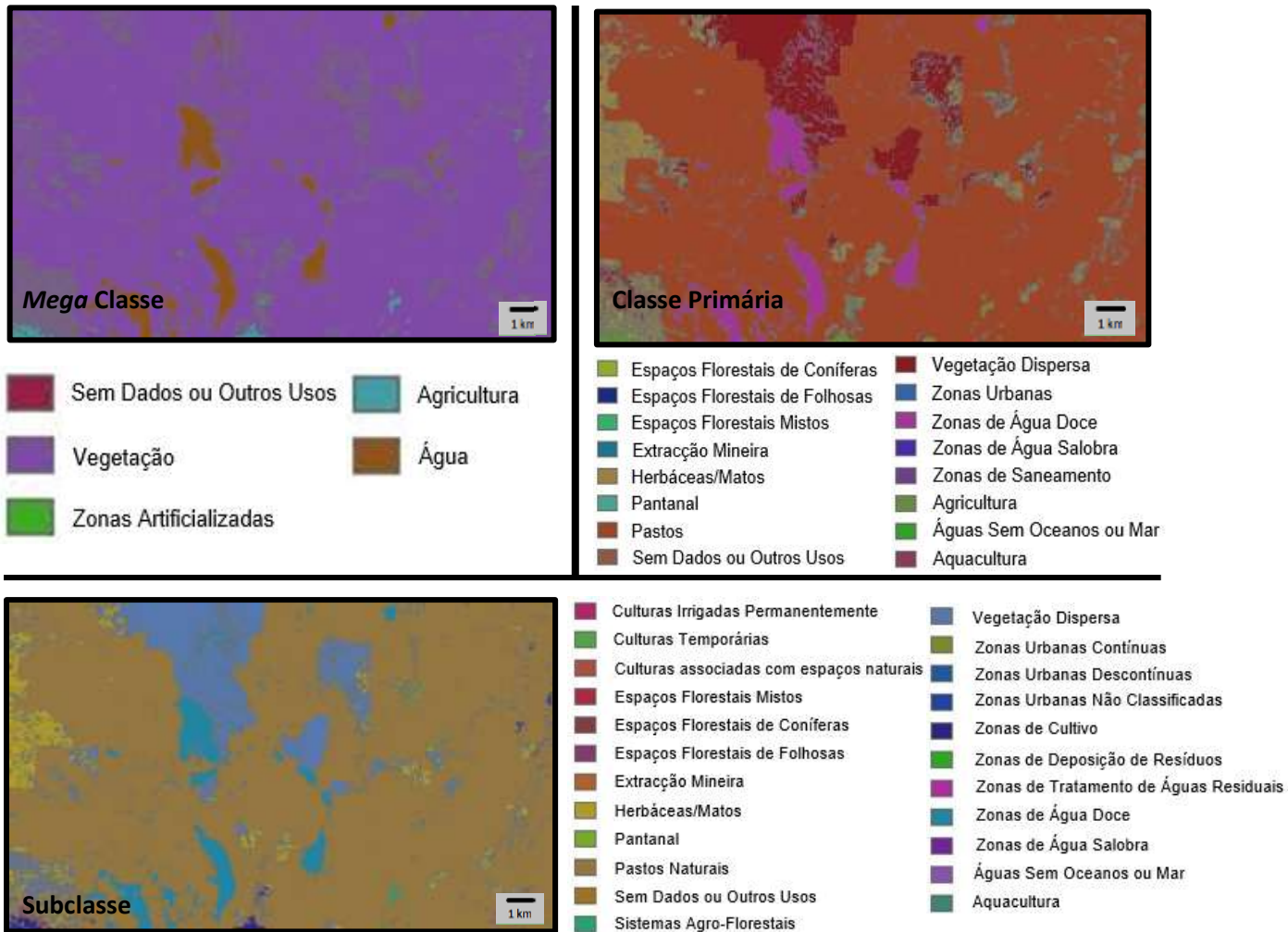


Figura 41 - Excertos da cartografia do uso do solo referente à Austrália, com as diferentes classes de classificação do uso do solo.

4.8. NOVA ZELÂNDIA

Para o caso da Nova Zelândia o processo foi simples não tendo sido necessário nenhuma alteração da cartografia original. A única transformação que ocorreu foi a para originar um novo ficheiro, com a mesma informação, mas em formato *TIF*. Para esta transformação foi utilizada a ferramenta *Polygon to Raster*, do *ArcGis*, originando assim a figura 42. Esta transformação foi necessária para eliminação posterior da zona da Nova Zelândia na cartografia mundial de base.

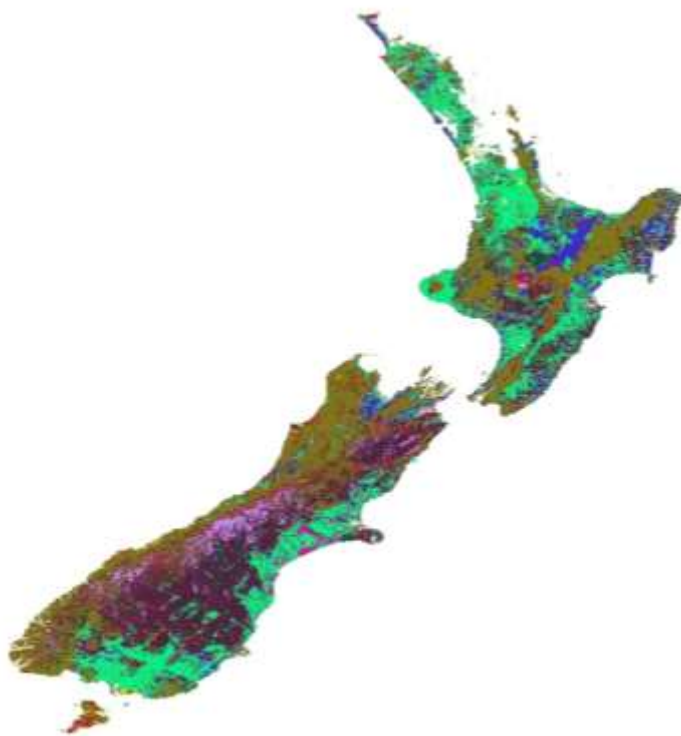


Figura 42 - *Raster* "NZfinal", cartografia da Nova Zelândia para o uso do solo.

A figura 43 demonstra as novas classes de uso do solo criadas. O exemplo envolve uma porção da cartografia da Nova Zelândia, para cada um dos níveis de classes.

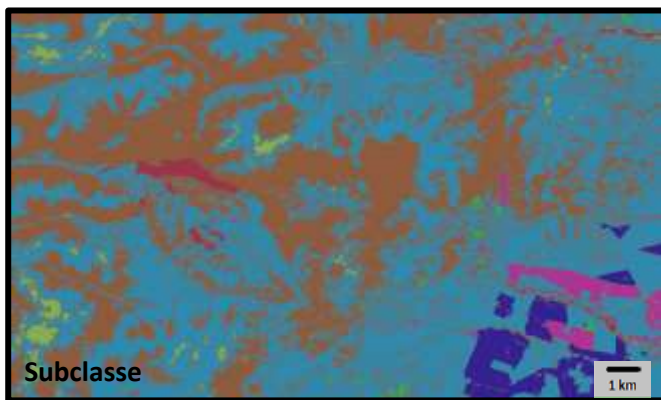
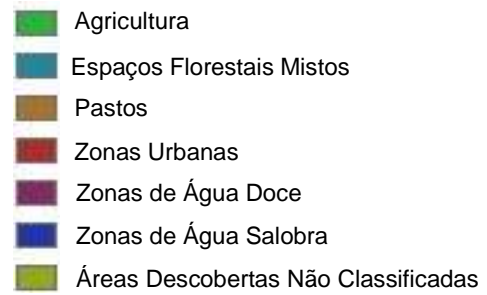
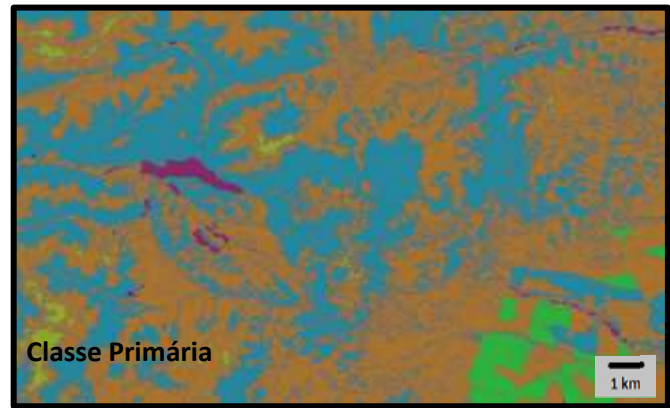
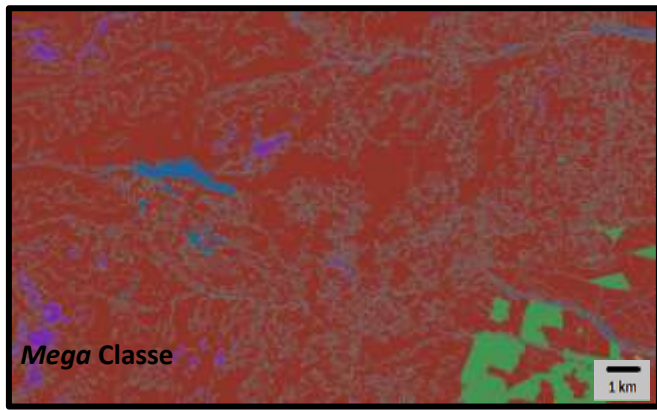


Figura 43- Excertos da cartografia do uso do solo referente à Nova Zelândia, com as diferentes classes de uso do solo.

4.9. CARTOGRAFIA BASE MUNDIAL

A cartografia global de base é fornecida em quatro partes de tamanho idêntico, foi necessário fazer a sua junção num só para facilitar as transformações futuras, para tal utilizou-se a ferramenta *Mosaic to New Raster*, originando a figura 44.

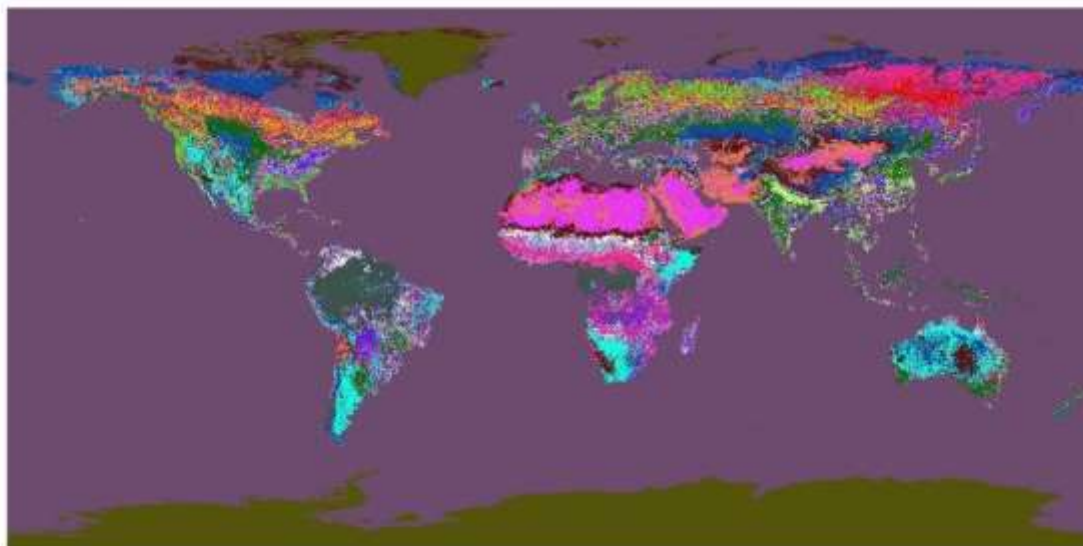


Figura 44 - *Raster* "MapaBase", cartografia correspondente ao uso do solo para o mundo inteiro.

A partir da cartografia de Portugal, Europa, América do Norte, Japão, Vietnam, Austrália e Nova Zelândia procedeu-se à eliminação dos mesmos da cartografia global de base. Para tal utilizou-se a ferramenta *Raster Calculator* através das equações 14 à 20 para a eliminação sequencial da cartografia, Portugal, depois Europa, América do Norte, Japão, Vietnam, Austrália e por último Nova Zelândia. Originando a figura 45.

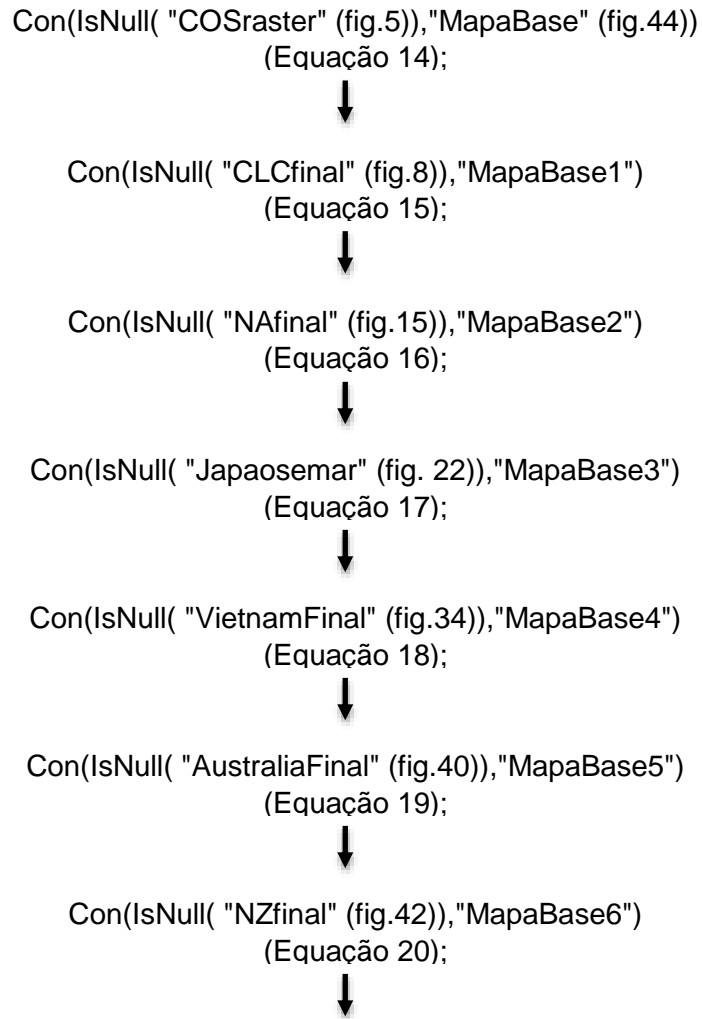


Figura 45

Em que:

- Con() – Atribui os valores do “MapaBase”/“MapaBase_i” para os pixels em que "COSraster"/ "CLCfinal"/(...)“NZfinal” não é nulo. Para os restantes pixels atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixels da área de "COSraster"/ "CLCfinal"/(...)“NZfinal” e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixels;
- “MapaBase” - Cartografia global de base (fig. 43);
- “MapaBase_i” - Cartografia correspondente ao uso do solo para o mundo inteiro com as novas classes regiões inseridas nas transformações anteriores (da região 1 à região 6);

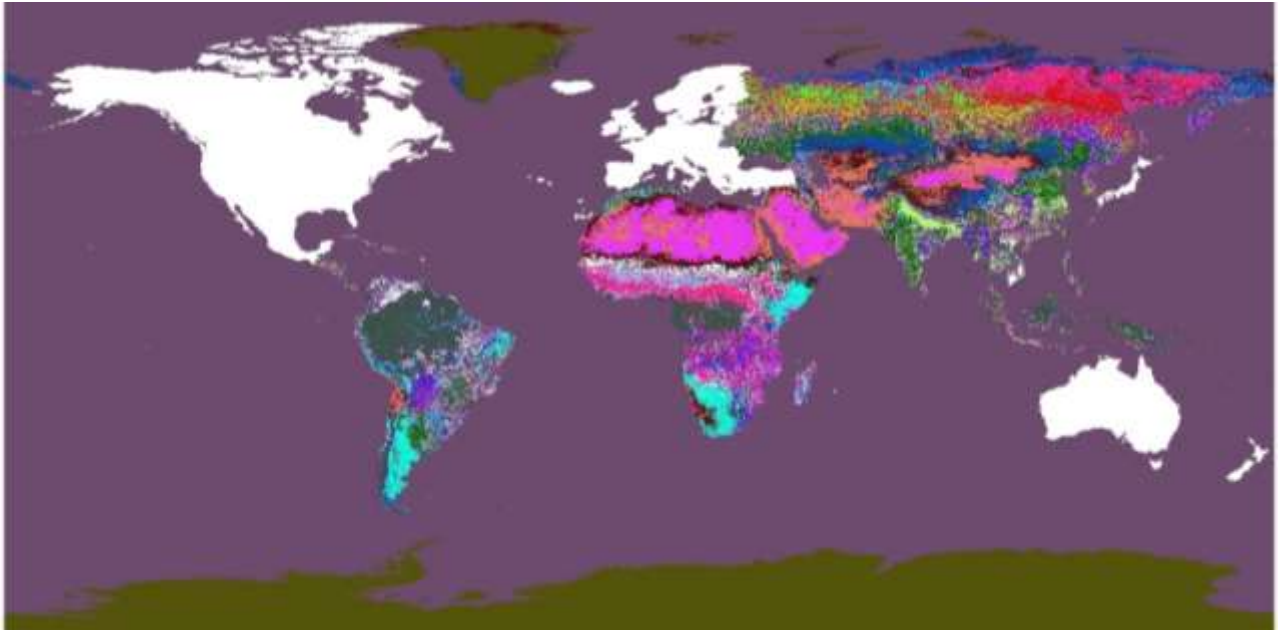


Figura 45 - Raster "MapaSemContinentes", cartografia correspondetes às eliminações realizadas ao mapa base mundial.

Uma vez que a cartografia mundial de base tem uma classe generalizada "water", optou-se por separá-la para fazer a distinção das diferentes classes da nova megaclasses "água", sem perder as águas interiores do mapa de base global. Usando como camada de corte a cartografia global de oceanos e mares (figura 12) procedeu-se à remoção dos mares e oceanos da cartografia da figura 45, através da equação 21, originando a figura 46.

$Con(IsNull("ne_10m_ocean" (fig. 12)), "MapaSemContinentes" (fig. 45))$ (Equação 21);

Em que:

- Con() - Atribui os valores do "MapaSemContinentes" para os pixéis em que "ne_10m_ocean" não é nulo. Para os restantes pixéis atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixéis da área de "ne_10m_ocean" e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixéis;
- "ne_10m_ocean" - Cartografia dos oceanos e mares de todo o mundo (fig. 12);
- "MapaSemContinentes" - Cartografia correspondetes às eliminações realizadas ao mapa base mundial (fig. 45);

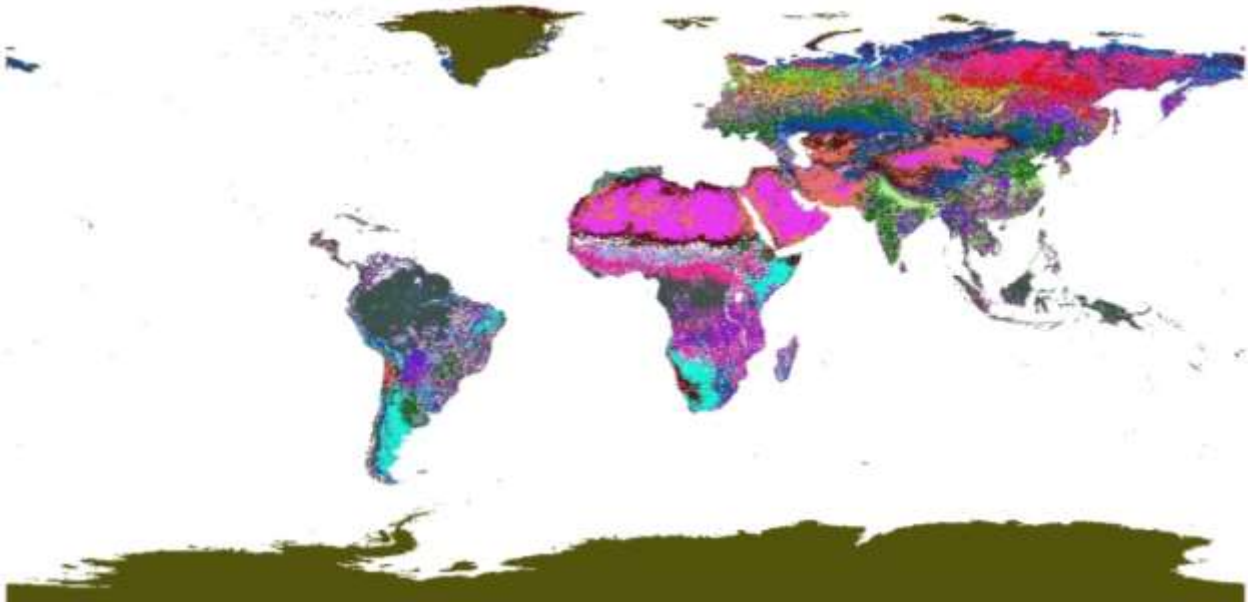


Figura 46 - *Raster* "ContinteSemar", cartografia correspondente à eliminação dos oceanos e mares no mapa base mundial.

Nos mapas finais para a classe oceanos e mares utilizou-se cartografia representativa dos oceanos e mares de todo o mundo representada na figura 12. Para tal, e de forma a evitar sobreposições com as fronteiras territoriais, procedeu-se à remoção das regiões (Portugal, Europa, América do Norte, Japão, Vietnã, Austrália e Nova Zelândia e "ContinteSemar") à cartografia dos oceanos e mares (figura 12).

Para tal recorreu-se à ferramenta *Raster Calculator* e às equações 22 a 29, eliminando cada cartografia e originando uma nova cartografia base dos oceanos até obter a figura 47.

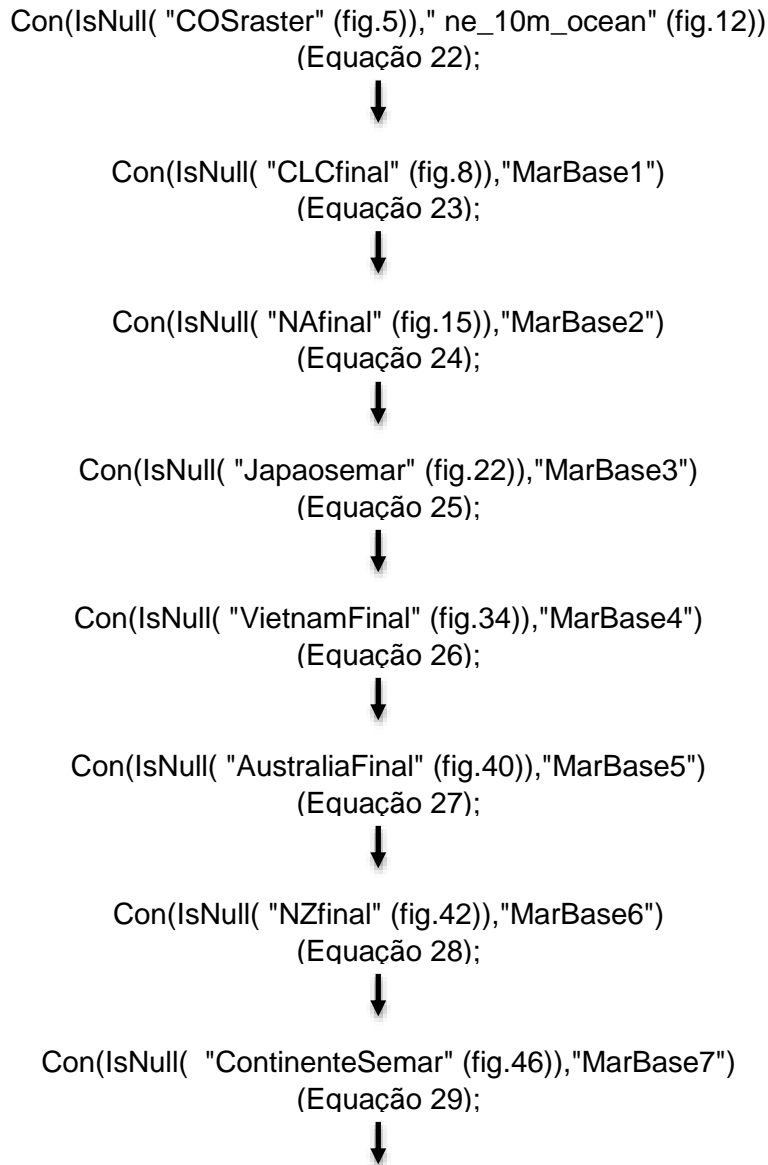


Figura 47

Em que:

- Con() – Atribui os valores do "MarBase"/"MarBase;" para os pixels em que "COSraster"/ "CLCfinal"/(...)/"ContidenteSemar" não é nulo. Para os restantes pixels atribui o valor NoData;
- Isnull() - Atribui valor 0 (falso) aos pixels da área de "COSraster"/ "CLCfinal"/(...)/"ContidenteSemar" e valor 1 (verdadeiro) aos restantes pixels;
- "MarBase_i" - cartografia global de oceanos e mares "ne_10m_ocean" cortada pelas regiões 1 a 6;



Figura 47 - *Raster "OceanoBase"*, cartografia correspondente às transformações realizadas para os oceanos e mares no mundo.

De seguida juntou-se a camada dos oceanos e mares (figura 47) à camada terrestre (figura 46) utilizando a ferramenta *Mosaic to New Raster*. Uma vez que um dos *outputs* da tese é produzir cartografia em formato *shapefile* para uso no *OpenLCA* procedeu-se à conversão da cartografia global. Os ficheiros *.shp* têm um limite máximo de 2 GB, correspondente a aproximadamente 70 milhões de pontos. O número máximo de polígonos que podem ser guardados num *shapefile* depende do número de vértices das geometrias (cada vértice corresponde a um ponto). Assim dividiu-se a cartografia global raster em 4 secções, representadas nas figuras 48 a 51, utilizando a ferramenta *Clip*, do *ArcGis*, que foram depois convertidas em *shapefiles* utilizando a ferramenta *Raster to Polygon*.



Figura 48 - *Raster "Mundo1"*

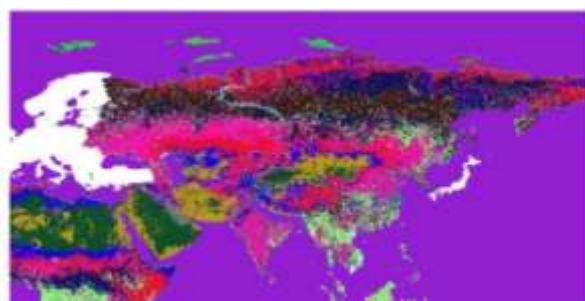


Figura 49 - *Raster "Mundo2"*

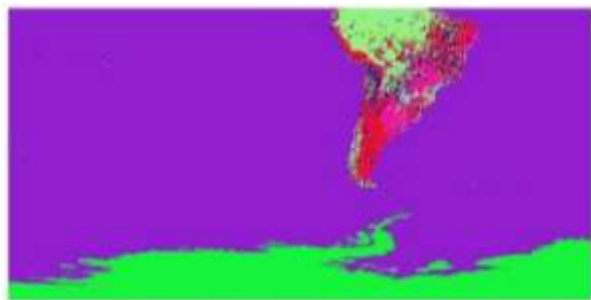


Figura 50 - *Raster "Mundo3"*,



Figura 51 - *Raster "Mundo4"*,

A figura 52 demonstra as novas classes de uso do solo criadas. O exemplo envolve uma porção da cartografia do Mundo, para cada um dos níveis de classes.

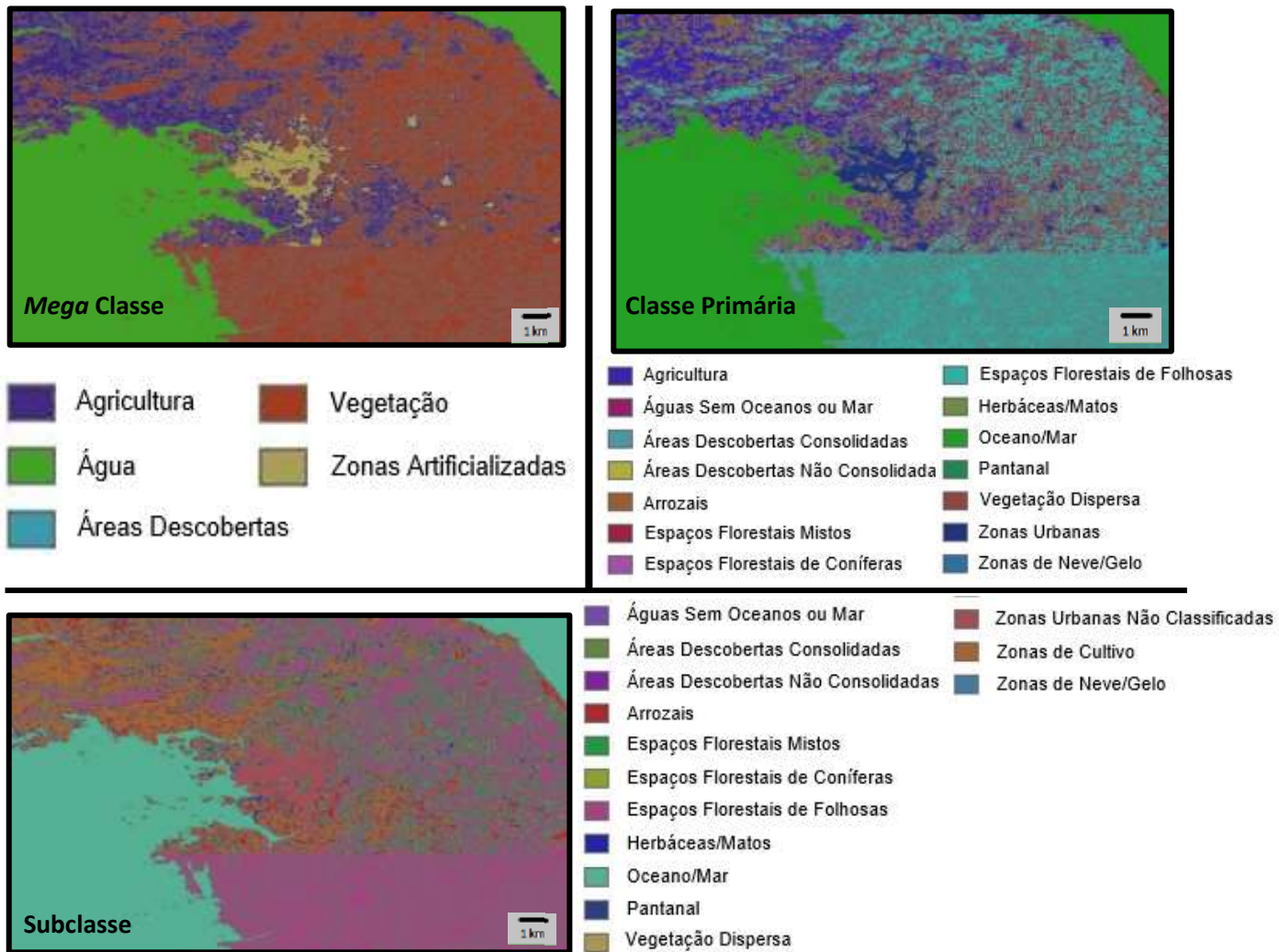


Figura 52 - Excertos da cartografia do uso do solo referente ao mapa mundo base, com as diferentes classes de classificação do uso do solo.

5. EXPLORAÇÃO CONCEPTUAL DO INDICADOR-CHAVE “USO DO SOLO” PARA APLICAÇÃO EM SIG

5.1. PARÂMETRO “PATRIMÓNIO NATURAL E CULTURAL”

Na avaliação do património cultural e natural recorreu-se à cartografia global disponibilizada pelo United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC) que contem informação sobre este descritor.

Com a informação destes mapas foi possível construir fatores diferenciados que permitem valorizar as áreas onde ocorrem estes valores. Os factores são aplicados à cartografia final, contendo os restantes serviços ecológicos. Para o património natural atribuiu-se um factor de 0.8 e para o património cultural um factor de 0.9, áreas em que o tipo de património não era explícito têm um factor de 0.85, áreas sem informação de património possuem um factor de 1. A figura 53 apresenta a cartografia de base referente ao património.

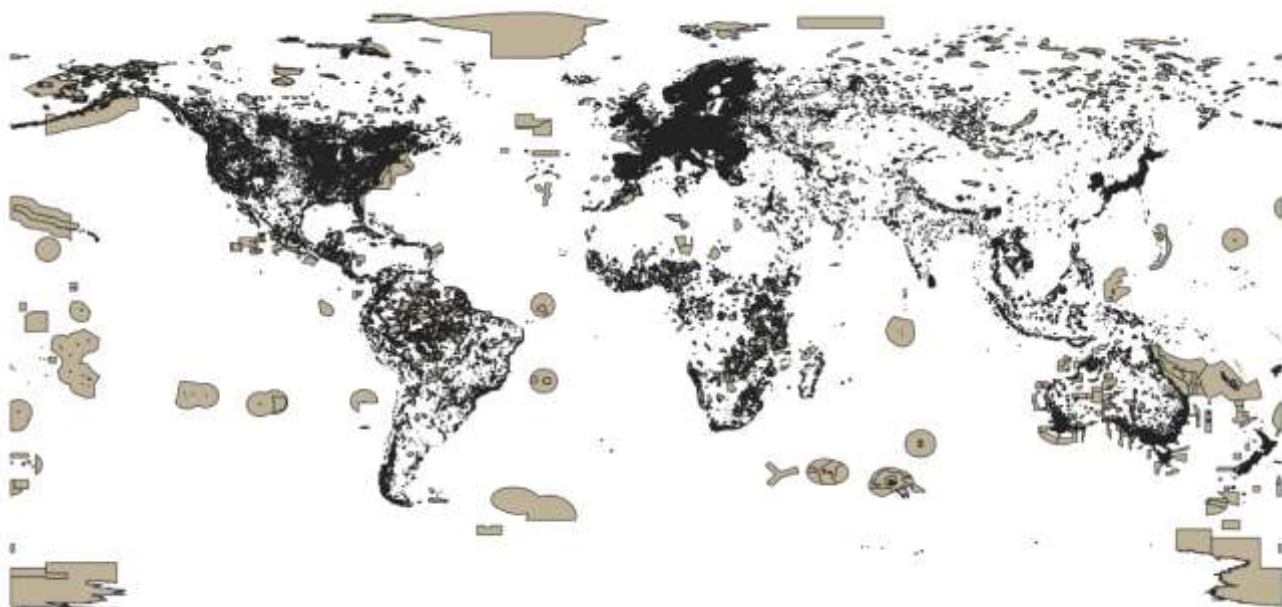


Figura 53 - Cartografia do Património Cultural e Natural do Mundo.

5.2. PARÂMETRO “STOCK DE CARBONO”

Para a avaliação dos serviços de armazenamento de carbono partiu-se dos resultados de avaliações de *stock* de carbono para diferentes espécies em diferentes geografias apresentados no Anexo 3. Os dados compilados permitiram criar um factor genérico para cada classe de uso do solo.

O sequestro de carbono das espécies vegetais é fortemente influenciado por diversos factores, como tipo de solo, relevo ou condições climáticas. Como os dados de *stock* da literatura se reportam a regiões geográficas específicas este estudo procurou captar alguns efeitos das diferentes condições climáticas sobre o stock das classes consideradas. Para tal foi criado um mapa das diferentes regiões climáticas, ilustrado pela figura 55. A cada região climática atribuiu-se um factor de multiplicação para estimar a variação dos reservatórios de carbono, calculado através de dados de *stock* de carbono por região climática (definidas pelo IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change), provenientes de Scharlemann, J. et al. (2014), figura 54.

IPCC climate region	Terrestrial carbon pool (Pg C)
Tropical wet	268.1
Tropical moist	302.6
Tropical dry	178.7
Tropical montane	96.6
Warm temperate moist	91.7
Warm temperate dry	102.7
Cool temperate moist	238.8
Cool temperate dry	111.3
Boreal moist	380.2
Boreal dry	74.2
Polar moist	54.5
Polar dry	12.8

Figura 54 - Stock de Carbono, para as diferentes regiões climáticas do mundo, segundo o IPCC (Scharlemann, J. et al., 2014).

Usando como denominador o valor do *stock* de carbono da região temperada quente e seca, região para a qual foram compilados dados da literatura e como numerador os valores de stock de cada região, foram construídos fatores adimensionais para cada região climática, que refletem as diferenças de stock entre regiões. Os oceanos constituem um enorme reservatório de carbono (apenas excedido pela litosfera), no entanto as trocas de carbono com a atmosfera ocorrem a taxas lentas. Embora existam há já várias décadas estudos que avaliam a possibilidade de injetar diretamente CO₂ em águas profundas como forma de sequestro e stock de carbono, projetos deste tipo acarretam custos muito elevados e os potenciais efeitos ambientais são difíceis de prever. Considerando ainda que a capacidade humana de afetar diretamente o stock deste compartimento com os tipos uso tradicionais é reduzida e espacialmente dispersa, optou-se por atribuir aos oceanos um factor multiplicativo neutro (igual a 1).



Figura 55 - Factores multiplicativos das regiões climáticas para o cálculo do *stock* de carbono.

De acordo com os valores de *stock* de carbono encontrados na literatura as florestas mistas são as que apresentam maior *stock* de carbono. Ao multiplicarmos este valor pelo factor das regiões climáticas mais produtivas (3.7) obtemos um majorante de *stock* de carbono (201.06 t/ha). Dividindo o *stock* de cada classe de uso do solo (considerada na sua região) pelo majorante é possível construir um factor adimensional variando entre 0 e 1 que permite a integração com os outros serviços dos ecossistemas. Quanto mais próximo um factor é de um maiores são os serviços prestados em termos de *stock*.

A tabela 10 apresenta os valores de *stock* da região climática base e os factores finais para usos do solo. Os dados agregados são provenientes de estudos em Portugal e Espanha.

Tabela 10 - Tabela para o factor do parâmetro *stock* de carbono, exemplo para os valores base de *stock* de carbono (Portugal e Espanha).

Classe	Valor (t/ha)	Factor
Espaços Florestais de Folhosas	33.97	0.17
Espaços Florestais de Folhosas Nativas	33.97	0.17
Espaços Florestais de Folhosas Não Nativas	33.97	0.17
Espaços Florestais de Coníferas	41.28	0.21
Espaços Florestais de Coníferas Nativas	41.28	0.21
Espaços Florestais de Coníferas Não Nativas	41.28	0.21
Espaços Florestais Mistos	54.34	0.27
Espaços Florestais Mistos Nativos	54.34	0.27
Espaços Florestais Mistos Não Nativos	54.34	0.27
Espaços Florestais de Espécies Invasoras	43.20	0.21
Pastos	4.51	0.02
Pastos Naturais	4.51	0.02
Matos	47.28	0.24
Herbáceas	7.51	0.04
Herbáceas/Matos	38.76	0.19
Vegetação Dispersa	1.52	0.01

Classe	Valor (t/ha)	Factor
Zonas de Cultivo	8.26	0.04
Culturas Irrigadas Permanentemente	0.62	0.00
Culturas Não Irrigadas	2.60	0.01
Culturas Permanentes	11.47	0.06
Culturas Temporárias	11.47	0.06
Culturas associadas com espaços naturais	11.37	0.06
Sistemas Agro-Florestais	8.22	0.04
Arrozais	7.72	0.04
Áreas Descobertas Não Classificadas	0.00	0.00
Áreas Descobertas Consolidadas	0.00	0.00
Áreas Descobertas Não Consolidadas	0.00	0.00
Áreas Sem Vegetação/Áreas Ardidas	1.52	0.01
Águas Sem Oceano ou Mar	0.00	0.00
Zonas de Água Doce	0.00	0.00
Zonas Húmidas	0.00	0.00
Zonas de Água Salobra	0.00	0.00
Oceano/Mar	0.00	0.00
Zonas de Neve/Gelo	0.00	0.00
Aquacultura	0.00	0.00
Águas Subterrâneas	0.00	0.00
Zonas Urbanas Contínuas	0.00	0.00
Zonas Urbanas Descontínuas	3.23	0.02
Zonas Urbanas Não Classificadas	1.62	0.01
Zonas Verdes Urbanas	7.18	0.04
Extracção Mineira	0.00	0.00
Zonas de Deposição de Resíduos	0.00	0.00
Zonas de Tratamento de Águas	0.00	0.00
Campos de Golfe	1.62	0.01
Sem Dados ou Outros Usos	0.00	0.00

5.3. PARÂMETRO “OUTROS SERVIÇOS DOS ECOSISTEMAS”

A classe de outros serviços dos ecossistemas inclui os serviços de preservação da integridade ecológica, os serviços de aprovisionamento e os serviços de regulação que se encontram sintetizados na figura 56. A avaliação destes serviços considerada no estudo foi realizada por Burkhard, B. et al. (2009) e classifica numa matriz (Figura 56) os serviços, numa escala qualitativa de 0 a 5, para as classes de uso do solo do *Corine Land Cover*. Os indicadores considerados na matriz foram propostos por Costanza et al. (1997), MA (2005), de Groot (2006) e Müller & Burkhard (2007). As definições dos serviços e indicadores apresentam-se no anexo 2.

	Ecological Integrity	Abiotic heterogeneity	Biodiversity	Biotic waterflows	Metabolic efficiency	Energy Capture (Radiation)	Reduction of Nutrient loss	Storage capacity (SOM)	Provisioning services	Σ	Crops	Livestock	Fodder	Capture Fisheries	Acquaculture	Wild Foods	Timber	Wood Fuel	Energy (Biomass)	Biochemicals / Medicine	Freshwater	Regulating services	Σ	Local climate regulation	Global climate regulation	Flood protection	Groundwater recharge	Air Quality Regulation	Erosion Regulation	Nutrient regulation	Water purification	Pollination	Cultural services	Σ	Recreation & Aesthetic Values	Intrinsic Value of Biodiversity	
Continuous urban fabric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Discontinuous urban fabric	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Industrial or commercial units	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Road and rail networks	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Port areas	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
Airports	7	1	1	1	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineral extraction sites	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dump sites	8	2	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Construction sites	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Green urban areas	18	3	3	2	1	4	3	2	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	11	2	1	0	2	1	2	1	1	1	1	3	3	0	0	
Sport and leisure facilities	16	2	2	2	1	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	5	5	0	0
Non-irrigated arable land	22	3	2	3	4	5	1	4	21	5	5	5	0	0	0	0	0	0	5	1	0	5	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Permanently irrigated land	21	3	2	5	2	5	1	3	18	5	5	2	0	0	0	0	0	0	5	1	0	5	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Ricefields	20	3	2	5	1	5	1	3	7	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Vineyards	14	3	2	3	1	3	0	2	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0
Fruit trees and berries	17	4	3	4	2	3	2	3	15	5	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	19	2	2	2	2	2	1	1	1	1	5	5	5	0	0	
Olive groves	17	3	2	3	2	3	1	3	12	4	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	7	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	5	5	0	0
Pastures	24	2	2	4	5	5	2	4	10	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1	1	1	1	0	4	0	0	0	0	3	3	0	0	0	
Annual and permanent crops	18	2	2	3	2	4	2	3	20	5	5	5	0	0	0	0	0	0	5	1	0	7	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	
Complex cultivation patterns	20	4	3	3	2	4	1	3	9	4	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	5	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	
Agriculture & natural vegetation	19	3	3	3	2	3	2	3	21	3	3	2	0	0	3	3	3	1	0	0	13	3	2	1	2	1	3	0	1	0	1	0	5	2	3	0	0
Agro-forestry areas	27	4	4	4	3	4	4	4	14	3	3	2	0	0	0	3	3	0	0	0	13	2	1	1	1	1	2	1	1	3	3	3	3	0	0	0	0
Broad-leaved forest	31	3	4	5	4	5	5	5	21	0	0	1	0	0	5	5	5	0	5	0	39	5	4	3	2	5	5	5	5	5	5	10	5	5	0	0	
Coniferous forest	30	3	4	4	4	5	5	5	21	0	0	1	0	0	5	5	5	0	5	0	39	5	4	3	2	5	5	5	5	5	5	10	5	5	0	0	
Mixed forest	32	3	5	5	4	5	5	5	21	0	0	1	0	0	5	5	5	0	5	0	39	5	4	3	2	5	5	5	5	5	5	10	5	5	0	0	
Natural grassland	30	3	5	4	4	4	5	5	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	22	2	3	1	1	0	5	5	5	0	0	6	3	3	0	0	0	
Moors and heathland	30	3	4	4	5	4	5	5	10	0	2	0	0	0	1	0	2	5	0	0	20	4	3	2	2	0	0	3	4	2	10	5	5	0	0	0	
Sclerophyllous vegetation	21	3	4	2	3	3	4	2	8	0	2	0	0	0	1	0	2	0	3	0	7	2	1	1	1	0	0	0	0	0	2	6	2	4	0	0	
Transitional woodland shrub	21	3	4	2	3	3	4	2	5	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2	2	0	0	
Beaches, dunes and sand plains	10	3	3	1	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	7	5	2	0	0	
Bare rock	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	4	4	0	0	0	0	
Sparsely vegetated areas	9	2	3	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Burnt areas	6	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glaciers and perpetual snow	3	2	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	3	3	0	4	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
Inland marshes	25	3	2	4	4	4	3	5	7	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	14	2	2	4	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peatbogs	29	3	4	4	4	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	24	4	5	3	3	0	0	3	4	2	8	4	4	0	0	0	0
Salt marshes	23	2	3	4	3	3	3	5	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1	0	5	0	0	0	2	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
Salines	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0
Intertidal flats	13	2	3	0	2	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	5	0	0	0	1	0	0	0	4	4	0	0	0	0	
Water courses	18	4	4	0	3	3	3	1	12	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	5	10	1	0	2	1	0	0	3	3	0	10	5	5	0	0	0	
Water bodies	23	4	4	0	4	4	3	4	12	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	5	7	2	1	1	2	0	0	1	0	0	9	5	4	0	0	0	
Coastal lagoons	25	4	4	0	5	5	3	4	16	0	0	0	4	5	4	0	0	0	3	0	5	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	8	5	4	0	0	0
Estuaries	21	3	3	0	5	5	3	2	17	0	0	0	5	5	4	0	0	0	3	0	9	0	0	3	0	0	0	3	3	0	7	4	3	0	0	0	
Sea and ocean	15	2	2	0	3	3	4	1	11	0	0	1	5	5	0	0	0	0	0	13	3	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	6	4	2	0	0

Figura 56 - Matriz de avaliação da capacidade dos diferentes tipos de uso do solo para fornecer os serviços de ecossistemas considerados (Burkhard, B. et al., 2009).

A escala de avaliação consiste:

- 0 = cor rosada = sem capacidade para fornecer o serviço;
- 1 = verde acinzentado = capacidade muito baixa
- 2 = verde claro = capacidade baixa;
- 3 = verde amarelado = capacidade média;
- 4 = azul verde = capacidade alta;
- 5 = verde escuro = capacidade muito alta.

Não foram considerados serviços culturais uma vez que são estudados com uma metodologia própria.

O algoritmo de cálculo proposto consiste numa média ponderada: regulação (40%); integridade ecológica (40%); aprovisionamento (20%). Optou-se por dar um peso igual a serviços de manutenção da integridade ecologia e de regulação e um peso inferior aos serviços de aprovisionamento, mais direcionados para o bem-estar humano e não dos ecossistemas como um todo.

A extrapolação dos factores para as classes globais considera que os serviços de uma classe global são equivalentes aos da classe CLC que contém.

O factor criado varia entre 0 e 1, onde 1 é o melhor valor teórico possível, correspondente à soma das pontuações máximas para a integridade ecológica e para os serviços de regulação e tendo os serviços de aprovisionamento igual ao das florestas mistas. O pior valor teórico possível, 0 foi considerado apenas nas classes de uso do solo sem dados ou classificado como outros usos como forma de penalização. O factor é calculado dividindo o valor médio ponderado de uma classe de uso pelo valor médio ponderado dos valores máximos teóricos. Os resultados para todas as classes globais estão presentes na tabela 11.

Tabela 11 - Cálculo do fator para os outros serviços dos ecossistemas.

Classe	Integridade Ecológica	Serviços de Aprovisionamento	Serviços de Regulação	Fator ponderado	Fator
Espaços Florestais de Folhosas	31	21	39	32	0.89
Espaços Florestais de Folhosas Nativas	31	21	39	32	0.89
Espaços Florestais de Folhosas Não Nativas	31	21	39	32	0.89
Espaços Florestais de Coníferas	30	21	39	32	0.88
Espaços Florestais de Coníferas Nativas	30	21	39	32	0.88
Espaços Florestais de Coníferas Não Nativas	30	21	39	32	0.88
Espaços Florestais Mistos	32	21	39	33	0.90
Espaços Florestais Mistos Nativos	32	21	39	33	0.90
Espaços Florestais Mistos Não Nativos	32	21	39	33	0.90
Espaços Florestais de Espécies Invasoras	23	20	35	27	0.75
Pastos	30	5	22	22	0.60
Pastos Naturais	30	5	22	22	0.60
Matos	21	5	3	11	0.29
Herbáceas	30	10	20	22	0.61
Herbáceas/Matos	21	7	5	12	0.32
Vegetação Dispersa	9	0	3	5	0.13
Zonas de Cultivo	19	10	8	13	0.36
Culturas Irrigadas Permanentemente	21	18	5	14	0.39
Culturas Não Irrigadas	22	21	5	15	0.41
Culturas Permanentes	18	20	7	14	0.39
Culturas Temporárias	14	5	5	9	0.24
Culturas associadas com espaços naturais	19	21	13	17	0.47
Sistemas Agro-Florestais	27	14	13	19	0.52
Arrozais	20	7	4	11	0.30
Áreas Descobertas Não Classificadas	5	0	2	3	0.08
Áreas Descobertas Consolidadas	6	0	3	4	0.10
Áreas Descobertas Não Consolidadas	10	2	6	7	0.19
Áreas Sem Vegetação/Áreas Ardidas	6	0	1	3	0.08
Águas Sem Oceano ou Mar	22	9	11	15	0.41
Zonas de Água Doce	21	12	9	14	0.39
Pantanal	27	6	19	20	0.54
Zonas de Água Salobra	17	7	6	11	0.29

Classe	Integridade Ecológica	Serviços de Provisão	Serviços de Regulação	Fator ponderado	Fator
Oceano/Mar	15	11	13	13	0.37
Zonas de Neve/Gelo	3	5	10	6	0.17
Aquacultura	0	10	0	2	0.06
Águas Subterrâneas	3	5	5	4	0.12
Zonas Urbanas Contínuas	4	0	0	1	0.04
Zonas Urbanas Descontínuas	7	3	0	3	0.09
Zonas Urbanas Não Classificadas	0	0	0	0	0.00
Zonas Verdes Urbanas	17	2	10	11	0.31
Extração Mineira	4	0	0	2	0.04
Zonas de Deposição de Resíduos	3	0	0	1	0.03
Zonas de Tratamento de Águas	0	0	0	0	0.00
Campos de Golfe	16	0	9	10	0.28
Sem Dados ou Outros Usos	0	0	0	0	0.00

6. CASO DE ESTUDO: PORTUGAL

6.1. CARTOGRAFIA

Uma vez construídos os fatores para cada grupo de serviços dos ecossistemas procedeu-se à produção da cartografia final recorrendo-se às ferramentas *QGIS* e *ArcGis*.

O exemplo seguinte retrata os passos para a construção da cartografia referente a Portugal Continental, cujo procedimento é semelhante ao realizado para as restantes regiões.

Os factores construídos para o *stock* de carbono (tabela 10) e para os outros serviços (tabela 11) foram introduzidos na tabela atributos do ficheiro vetorial com correspondência às classes de 3º nível.

Em seguida utilizou-se o contorno do shapefile de Portugal para retirar os factores climáticos do mapa das regiões climáticas globais utilizando a ferramenta *Clip*, do *ArcGis* (figura 57).

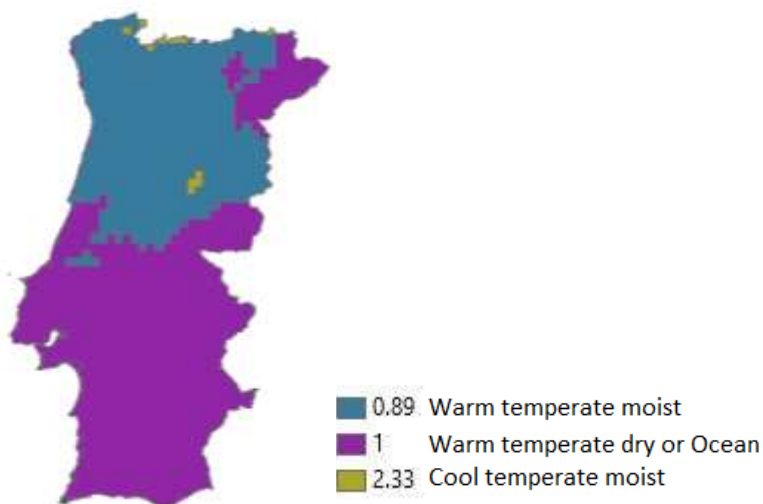


Figura 57 – Factores multiplicativos relativos ao stock de carbono para Portugal.

De seguida, procedeu-se à junção da informação da figura 57 ao mapa de uso do solo com os factores de *stock* e outros serviços utilizando o algoritmo *Spatial Join*, do *ArcGis*. Desta forma juntaram-se os factores climáticos à tabela de atributos permitindo calcular o *stock* de carbono ajustado à região. Para se realizar esse cálculo recorreu-se ao *QGIS* onde se criou uma nova coluna na tabela de atributos correspondente ao produto *stock x factor climático*, o valor do *stock* de carbono ajustado.

Uma vez que os factores criados para os serviços de ecossistemas variam entre 0 e 1 e que o indicador EcoBlok de uso do solo varia entre 0 e 10 construiu-se um sistema de equações para transformar os factores dos serviços dos ecossistemas (Equação 29). O sistema de duas equações utiliza uma equação exponencial e uma polinomial e foi construído considerando três pontos de referência onde as equações tinham de se cruzar para terem o comportamento desejado. Os três pontos de referência usados foram: (0, 1), (1, 0.27) e (10, 0). O valor 0.27 é a média dos parâmetros de *stock* de carbono e serviço dos ecossistemas para o uso do solo, “culturas associadas com espaços naturais”, considerado como ocupação humana sustentável.

$$f(x) = \begin{cases} 0.27^x & x \in \mathbb{R} \mid [0, 1] \\ 0.0033x^2 - 0.066x + 0.33 & x \in \mathbb{R} \mid]1, 10] \end{cases} \quad (\text{Equação 29})$$

A função exponencial foi usada para descrever o intervalo de valores entre 0 e 1, ou seja, o intervalo em que a ocupação do solo providencia serviços positivos para o ecossistema ou tem uma ocupação humana sustentável. A equação polinomial descreve o intervalo de “desserviços” dos ecossistemas]1,10]. A figura 58 apresenta a representação gráfica do

sistema de equações criado.

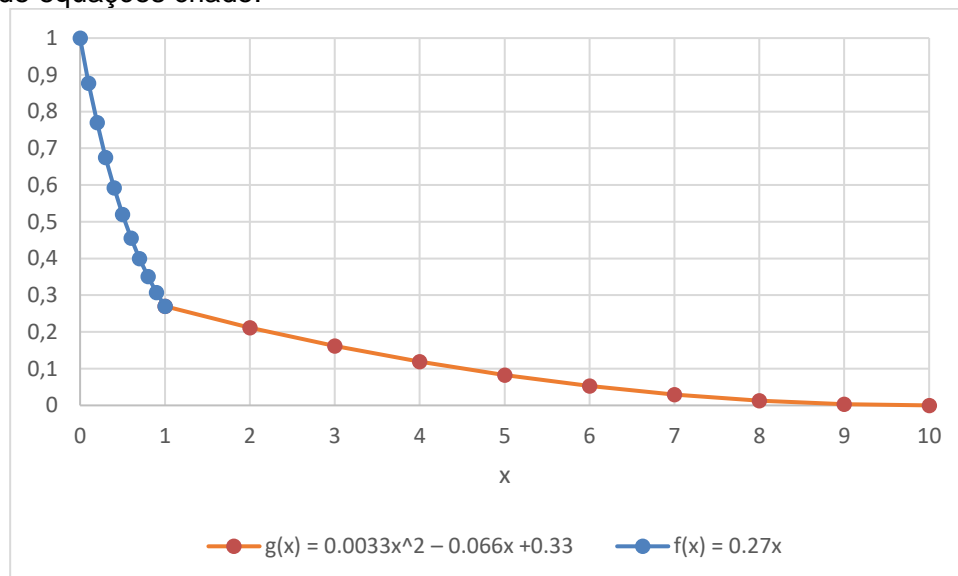


Figura 58 – Transformações gráficas [0 , 10] →[0 , 1].

Como precisamos de uma função que transforme factores $\in [0 , 1]$ em factores $\in [0 , 10]$ foi necessário calcular a função inversa:

$$f^{-1}(x) = \begin{cases} 10 - \sqrt{\frac{x}{0.0033}} & x \in \mathbb{R} \mid [0, 0.27[\\ \frac{\ln x}{\ln 0.27} & x \in \mathbb{R} \mid [0.27, 1] \end{cases} \quad (\text{Equação 30})$$

A figura 59 apresenta a representação gráfica da função inversa.

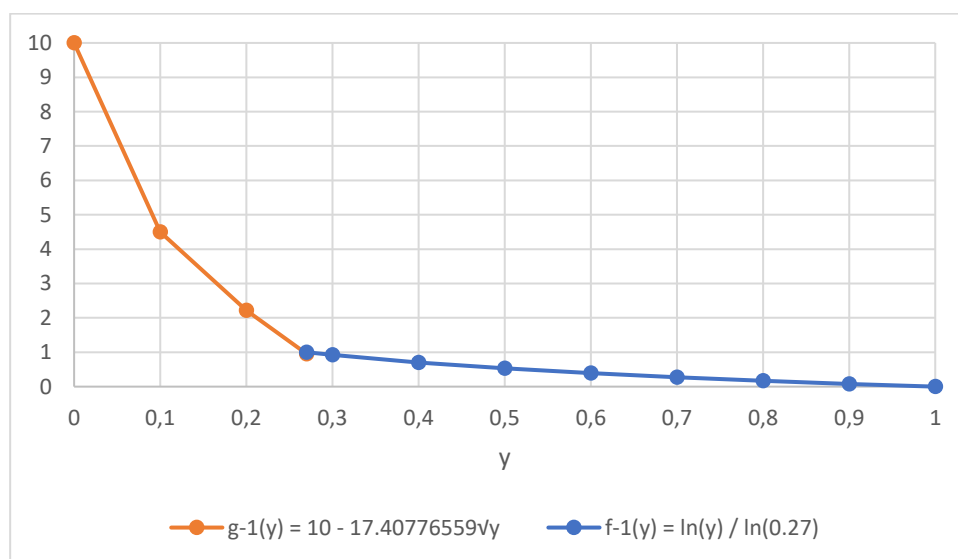


Figura 59 - Transformações gráficas [0 , 1] →[0 , 10].

Na ponderação dos dois grupos de serviços dos ecossistemas - outros serviços dos ecossistemas e *stock* de carbono – considerou-se um peso igual para cada um deles sendo o algoritmo de cálculo a média aritmética entre eles. A estes valores foram aplicadas as transformações da figura 59 de forma a produzirem resultados compatíveis com a escala do EcoBlok. Esta transformação efectuou-se através da calculadora de atributos do QGIS

usando a função:

```
CASE
  WHEN "SE+SC" >= 0.27 THEN (ln( "SE+SC" )/ln(0.27))
  WHEN "SE+SC" <= 0.27 THEN (10-(17.40776559*sqrt( "SE+SC" )))
  ELSE 0
END
```

A coluna de atributos resultante representa o factor *stock* de carbono e outros serviços para cada classe faltando ainda ponderar o património natural.

Observando os valores do factor final, sem o peso do património, para os valores base calculados, representados no anexo 4, identificaram-se zonas naturais onde existiam factores não concordantes com a métrica EcoBlok. Assim criou-se uma classe de calibração e uma nova coluna na tabela de atributos.

Zonas naturais que estavam a fornecer "desserviços" foram afetada de um fator de 0,25, ficando de acordo com a métrica adotada.

A metodologia EcoBlok valoriza o coberto vegetal nativo, assim criou-se um novo factor de ponderação, 0.9 para o caso de ser uma zona nativa e 1.1 para o caso de ser uma zona não nativa.

Por último, a metodologia prevê um pior desempenho para espécies invasoras. Estas espécies podem fornecer importantes serviços dos ecossistemas (como stock de carbono) sendo a avaliação dos seus impactes negativos muito difícil à escala deste estudo. Impactes sobre a biodiversidade ou o ciclo hidrológico, por exemplo, necessitariam sempre de estudos locais. A metodologia de avaliação de serviços utilizada resultou em impactes muito positivos para esta classe. Desta forma foi também criado um factor de ponderação igual a 2 para ocupações de espécies invasoras. Para o património, utilizando uma vez mais o contorno do *shapefile* de Portugal, extraíram-se os valores do património com recurso à ferramenta *Clip*, do *ArcGis* (figura 60).

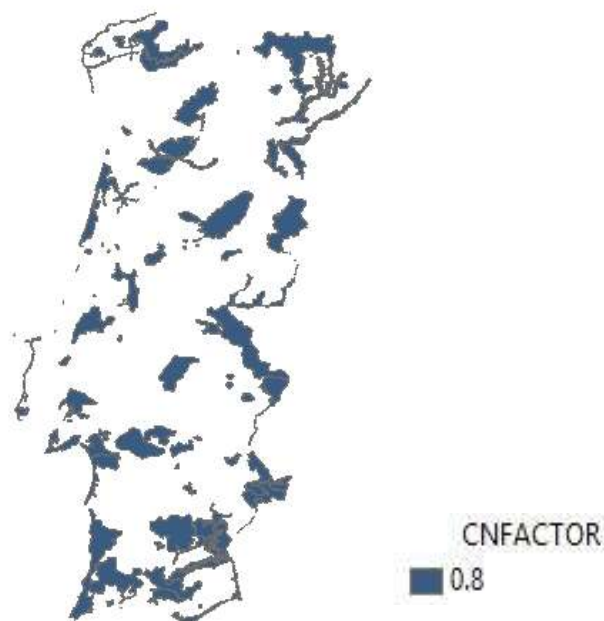


Figura 60 - Cartografia representativa do factor do património natural e cultural para Portugal.

Recorrendo à ferramenta *Spatial Join*, do *ArcGis*, juntaram-se os dados da figura 60 ao mapa de usos do solo.

A ponderação do valor do património é feita sobre os resultados dos dois outros grupos de serviços (já na escala Ecoblok) e consiste no produto entre o factor do património e o resultado dos restantes serviços. A figura 61 ilustra os resultados finais para Portugal.

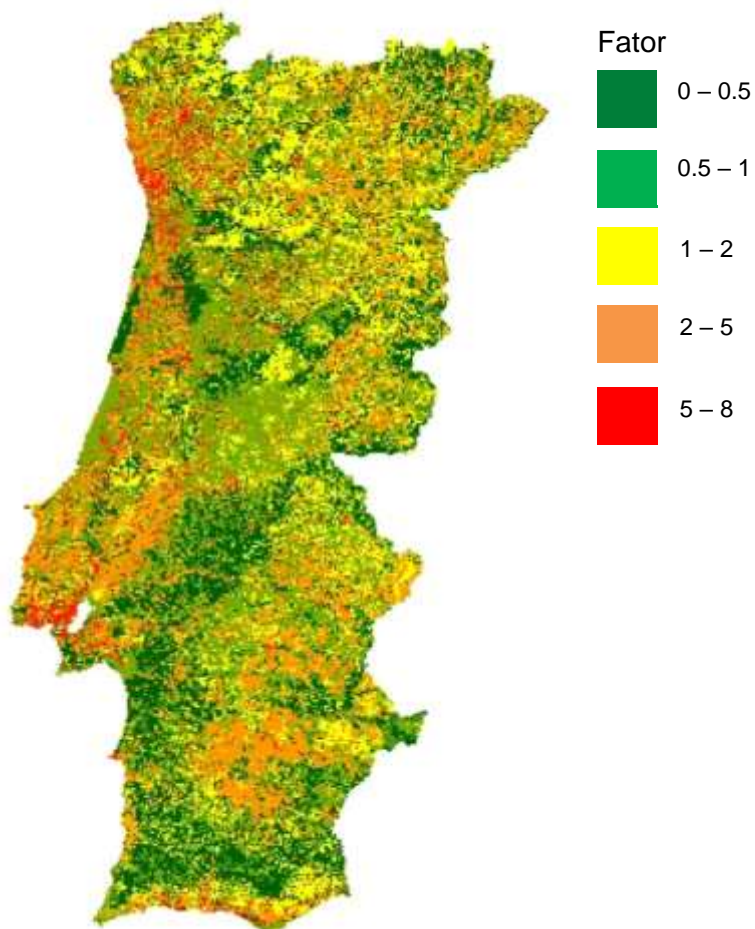


Figura 61 - Cartografia representativa do factor de impacto do uso do solo para Portugal.

6.2. APLICAÇÃO DO INDICADOR PROPOSTO

Usando ainda como exemplo a área continental portuguesa apresenta-se em seguida a avaliação de uso do solo com a metodologia proposta. Para tal basta multiplicar o fator final anteriormente calculado para cada polígono (correspondente a cada uso) pela área desse mesmo polígono. O resultado é uma área ponderada de 133 800 km², que corresponde a 145% da área real de Portugal.

A partir da figura 61 construiu-se uma anamorfose cartográfica com base nos fatores do uso do solo criados, que representa uma forma do espaço geográfico em que há a distorção da proporcionalidade entre as áreas por forma a adequá-los aos dados quantitativos do fator em estudo. A figura 62 demonstra as áreas do país com maiores pressões ambientais

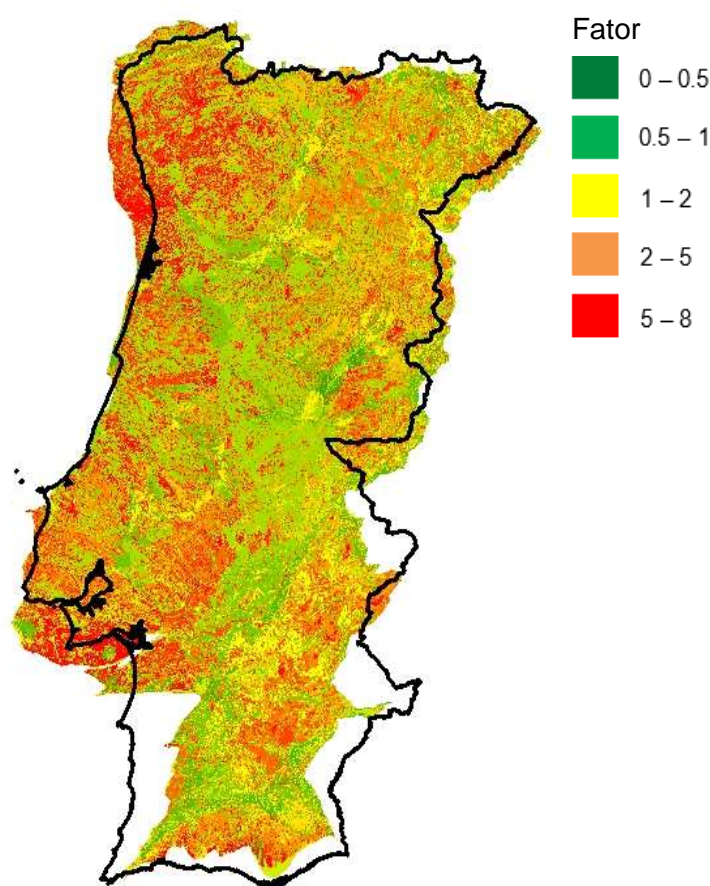


Figura 62 - Anamorfose geográfica - Fator de uso do solo para Portugal Continental.

Observando a figura 62 é possível verificar um pior desempenho territorial nas zonas costeiras, em especial perto das grandes cidades. Destacam-se as zonas metropolitana de Lisboa (Lisboa e Setúbal) e do Porto, Aveiro e Viana do Castelo (Zonas costeiras). Na zona centro e norte existe uma predominância de usos do solo com melhor desempenho numa faixa central do país (NS), tendência que se esbate na região de Trás-os-Montes. Na região do Alentejo verifica-se um fenómeno contrário com uma predominância central NS dos usos com pior desempenho que poderá ser reflexo da pobreza dos solos e condições climáticas.

7. CONCLUSÕES

7.1. CONCLUSÕES FINAIS

Através de uma pesquisa foi possível obter cartografia para o uso do solo em todo o mundo, com base nessa cartografia e classes pré-definidas pela FAO foram criadas classes de uso do solo normalizadas para integrar a cartografia. Com o objetivo de estudar a aplicabilidade da integração de um indicador ambiental, derivado da classe de uso do solo, em SIG, foram construídos parâmetros de serviços dos ecossistemas, por forma a integrar esse indicador. Com base nesses parâmetros e no tipo de uso do solo, construiu-se uma cartografia para todo o mundo com o impacto no uso do solo.

Foi possível, recorrendo apenas a bases de dados abertos, compilar informação uso do solo para toda a superfície terrestre referente a usos posteriores a 2010 e com uma resolução mínima de 500 metros. Para as regiões de Portugal, restante Europa, América do Norte, Japão, Vietname, Austrália e Nova Zelândia foi possível melhores resoluções espaciais e temporais. A agregação das classes de uso do solo das diferentes regiões, embora traga perdas de informação, permite a construção de metodologias para a avaliação do uso do solo a níveis global e regionais. A informação compilada possui um detalhe aceitável para aplicação em ACV.

Com a metodologia de avaliação proposta é possível avaliar o desempenho ambiental de diferentes ocupações do solo nas diversas regiões do planeta. Embora os resultados obtidos nesta primeira abordagem possam não representar com exatidão os serviços prestados por cada ocupação do solo são diretamente comparáveis entre os diferentes usos e regiões. A metodologia proposta permite a integração de SIG em ACV.

7.2. LIMITAÇÕES GERAIS DO ESTUDO

A cartografia global de base utilizada poderia ter melhores resoluções temporais e espacial, no entanto esta cartografia é aceitável para análises de unidades territoriais de média resolução. Uma vez que a ocupação do solo é uma característica da superfície do planeta em constante transformação mesmo a utilização de dados mais recentes não garante a representatividade actual desses dados. Para colmatar esta lacuna a caracterização do uso do solo poderia ser feita com recurso a métodos de classificação de imagem satélite para cada região em estudo com imagens representativas do período do estudo.

O desenvolvimento de recursos e das matérias em torno desta dissertação ainda se encontram numa fase muito precoce, não existindo muito estudos concretos, quer na fase de indicadores ambientais de impacto dos tipos de uso do solo em termos da sua categoria de uso, quer na sua influência em termos de ACV. Isto levou a uma falta de credibilidade na construção do indicador de uso solo, uma vez que a informação base existente não contém metodologias comuns. Outra limitação dessa mesma informação deve-se ao fato de esta se enquadrar em regiões específicas, tendo sido generalizada, por vezes, para todas as regiões. Não foi analisada a representatividade da avaliação dos serviços dos ecossistemas proposta. Não se aplicou a metodologia a diferentes regiões e comparou com os resultados obtidos em estudos de serviços dos ecossistemas nessas regiões.

Sendo um estudo com base em recolha de dados de terceiros, existe sempre a limitação do que existe disponível para o mesmo. Este estudo baseou-se em fontes e bases de dados abertas uma vez que há, na comunidade científica, uma barreira à obtenção de dados de alta precisão e definição, que impede o seu uso a estudantes, uma vez que estes não possuem os meios para os adquirir.

7.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Em termos de normalização das classes de uso do solo existem melhorias que poderão ser feitas, como já apresentado nas observações das tabelas 6 a 10, que consiste na

dessegregação de algumas classes, com uma representatividade muito abrangente . Estas melhorias poderão ser ultrapassadas, por existir, no futuro, disponibilidade de mapas com melhor resolução ou definição de certas classes de uso do solo, tais como as classes de água e sem dados. Com base também na disponibilidade futura de cartografia de melhor qualidade e novas regiões poderá ser possível alocar todas as classes criadas em todo o mundo, não existindo assim classes específicas para cada região.

Na construção do indicador de *uso do solo* é essencial uma melhor informação regional para os serviços dos ecossistemas como stock de carbono e o património. A existência de valores concretos regionais disponíveis para uma determinada região, deverão ser introduzidos diretamente na cartografia em prol do seu cálculo genérico. Em relação ao parâmetro de outros serviços, o primeiro passo será não extrapolar valores para todas as regiões do mundo e procurar metodologias que fundamentem esses valores regionalmente. Outra abordagem para este parâmetro passa desagregação em diferentes serviços cuja influência regional possa ser estudada. Um novo parâmetro como a regulação atmosférica poderá ser tido em conta. Estas abordagens ao indicador de *uso do solo* permitirão a esta metodologia ganhar mais robustez.

A adequabilidade de novas metodologias deve ser estudada, por exemplo através da confrontação com resultados de estudos de terceiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriano, M., 2015. Análise de ciclo de vida da tecnologia fotovoltaica em Portugal. Lisboa: Dissertação de Mestrado. FCT-UNL;
- Alcamo J., 2003. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington DC.
- Almagro, M., López, J., Boix-Fayos, C., Albaladejo, J., & Martínez-Mena, M., 2010. Belowground carbon allocation patterns in a dry Mediterranean ecosystem: A comparison of two models. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 1549 – 1557;
- Andrew, M. E., M. A. Wulder, and T. A. Nelson., 2014. Potential Contributions of Remote Sensing to Ecosystem Service Assessments. *Progress in Physical Geography*, 38, 328 – 353;
- APA. Instrumentos. Normalização. CT 150 Gestão Ambiental. [Consultado a 26/06/2018] Disponível em: <<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=127&sub2ref=469>>;
- Arodudu, O., Helming, K., Wiggering, H., Voinov, A., 2017. Towards a more holistic sustainability assessment framework for agro-bioenergy systems — A review. *Environ. Impact. Assess*, 62, 61 – 75;
- Azevedo J.C., 2012. Florestas, Ambiente e Sustentabilidade – Uma abordagem centrada nos serviços de ecossistemas das florestas do Distrito de Bragança. Academia das Ciências de Lisboa, Lisboa, 19;
- 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, 961-983;
- Bengtsson, M., Carlson, R., Molander, S., & Steen, B., 1998. An approach for handling geographical information in life cycle assessment using a relational database. *Journal of Hazardous Materials*, 61, 67–75;
- Boix-Fayos, C., de Vente, J., Albaladejo, J., & Martínez-Mena, M., 2009. Soil carbon erosion and stock as affected by land use changes at the catchment scale in Mediterranean ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133, 75–85;
- Bonham-Carter, G.F., 1994. *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS*, Pergamon Press, New York;
- Brail, R.K., Klosterman, R.E., 2001. *Planning Support Systems*, ESRI Press, Redlands, CA;
- Burkhard, B., Kroll, F., Muller, F. & Windhorst, W., 2009. Landscape's Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online*, 15, 1-22;
- Buttner, G., Feranec, J., Jaffrain, G., Mari, L., Maucha, G., & Soukup, T., 2004. The CORINE land cover 2000 project. In R. Reuter (Ed.), *EARSel eProceedings*, 3, 331–346;
- Cambell, J.C., Radke, J., Gless, J.T., Whirtshafter, R.M., 1992. An application of linear programming and geographic information systems: cropland allocation in antique. *Environment and Planning A*, 24, 535–549;
- Church, R.L., 2002. Geographical information systems and location science. *Computers and Operations Research*, 29, 541–562;
- Collins, M.G., Steiner, F.R., Rushman, M.J., 2001. Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. *Environmental Management*, 28, 611–621;
- Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R.S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & van den Belt, M., 1997. The value of world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260;
- Correia, A.C., 2013. Balanço de carbono em ecossistemas mediterrânicos. Lisboa: Dissertação de Doutoramento. FCT-UNL;
- 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, 9483-9488;

- Curran, M., Baan, L., Schyver, A.M.D., Zelm, R., Hellweg, S., Koellner, T., Sonnemann, G., Huijbrechts, M.A.J., 2011. Toward meaningful endpoints of biodiversity in life cycle assessment. *Environ. Sci. Technol.*, 45, 70-79;
- Davies, Z. G., Edmondson, J. L., Heinemeyer, A., Leake, J. R., & Gaston, K. J., 2011. Mapping an urban ecosystem service: quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale. *Journal of Applied Ecology*, 48, 1125–1134;
- de Groot, R.S., 2006. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75, 175-186;
- DiBona C., Ockman S., Stone M., 1999. Open sources: voices from the open source revolution. O'Reilly Media & Associates, Inc;
- Dimiyati M., Mizuno K., Kitamura T., 1996. An analysis of land use/cover change using the combination of MSS Landsat and land use map: a case study in Yogyakarta, Indonesia. *Inter. J. Rem. Sen.*, 17, 931-944;
- Dresen, B., Jandewerth, M., 2012. Integration of spatial analyses into LCA-calculating GHG emissions with geoinformation systems. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 17, 1094–1103;
- Eastman, J.R., Kyem, P.A.K., Toledano, J., Jin, W., 1993. GIS and Decision Making, UNITAR, Geneva;
- Eaton, J. M., McGoff, N. M., Byrne, K. a., Leahy, P., & Kiely, G., 2008. Land cover change and soil organic carbon stocks in the Republic of Ireland 1851–2000. *Climatic Change*, 91, 317–334;
- EPA, U., 2006. Life cycle assessment: principles and practice. *National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH, USA*;
- Feranec, J., Hazeu, G., Christensen, S., & Jaffrain, G., 2007. Corine land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia). *Land Use Policy*, 24, 234–247;
- Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T., Hazeu, G., 2010. Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data. *Applied Geography*, 30, 19–35;
- Feranec, J., & Otahel, J., 2001. Land cover of Slovakia. Bratislava: Veda;
- Fonseca, F., Figueiredo, T., & Bompastor Ramos, M. a., 2012. Carbon storage in the Mediterranean upland shrub communities of Montesinho Natural Park, northeast of Portugal. *Agroforestry Systems*, 86, 463–475;
- Gasol, C.M., Gabarrell, X., Rigola, M., González-García, S., Rieradevall, J., 2011. Environmental assessment: (LCA) and spatial modelling (GIS) of energy crop implementation on local scale. *Biomass. Bioenerg.*, 35, 2975–85;
- Geyer, R., Stoms, D., Lindner, J., Davis, F., Wittstock, B., 2010a. Coupling GIS and LCA for biodiversity assessments of land use. Part 1: inventory modeling. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 15, 454-467;
- Geyer, R., Lindner, J., Stoms, D., Davis, F., Wittstock, B., 2010b. Coupling GIS and LCA for biodiversity assessments of land use. Part 2: impact assessment. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 15, 692-703;
- Gorniak-Zimroz, J., Pactwa, K., 2015. The use of spatial data in granite deposit life cycle assessment. *Procedia. Earth. Planet. Sc.*, 15, 474–81;
- Grekousis, G., G. Mountrakis, and M. Kavouras., 2015. An Overview of 21 Global and 43 Regional Land-Cover Mapping Products. *International Journal of Remote Sensing*, 36, 5309 – 5335;
- Heijungs, R., 2012. Spatial differentiation, GIS-based regionalization, hyperregionalization, and the boundaries of LCA. *G. Ioppolo. Environment and Energy*, 167-175;
- Heymann, Y., Steenmans, Ch., Croissille, G., & Bossard, M., 1994. CORINE land cover. Technical guide. Luxembourg: Office for Official Publications European Communities;
- Hiloidhari, M., Baruah, D. C., Singh, A., Katakai, S., Medhi, K., Kumari, S., Ramachandra, T. V., Jenkins, B. M., Thakur, I. S., 2017. Emerging role of Geographical Information System (GIS), Life Cycle Assessment (LCA) and spatial LCA (GIS-LCA) in sustainable bioenergy planning. *Bioresource Technology*, 242, 218–226;
- Higino, G., 2014. Indicadores de Desempenho Ambiental do Sector Eléctrico em Portugal. Lisboa: Dissertação de Mestrado. FCT-UNL;

- Hopkins, L., 1977. Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation. *Journal for American Institute of Planners*, 34, 19–29;
- Humbert, S., 2009. Regionalization of Life Cycle Impact Assessment: Geographic Differentiation vs Archetypes. Presented at the Life Cycle Assessment IX “toward the global life cycle economy,” Boston;
- International Organization for Standardization, 2006. *Environmental Management: Life Cycle Assessment: Principles and Framework* (Vol. 14040). ISO;
- Janssen, R., Rietveld, P., 1990. Multicriteria analysis and geographical information systems: an application to agricultural land use in the Netherlands. In: Scholten, H.J., Stillwell, J.C.H. (Eds.), *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 129–139;
- Jolliet, O., Frischknecht, R., Bare, J., Boulay, A.-M., Bulle, C., Fantke, P., Gheewala, S., Hauschild, M., Itsubo, N., Margni, M., McKone, T.E., Mila y Canals, L., Postuma, L., Prado-Lopez, V., Ridoutt, B., Sonnemann, G., Rosenbaum, R., Seager, T., Struijs, J., van Zelm, R., Vigon, B., Weisbrod, A., 2014. Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: findings of the scoping phase. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 19, 962-967;
- Kalogirou, S., 2002. Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26, 89–112;
- Koellner, T., de Baan, L., Beck, T., Brandao, M., Civit, B., Goedkoop, M., Margni, M., Milà i Canals, L., Müller-Wenk, R., Weidema, B., Wittstock, B., 2013a. Principles for life cycle inventories of land use on a global scale. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 18, 1203-1215;
- Koellner, T., de Baan, L., Beck, T., Brandao, M., Civit, B., Margni, M., Milà i Canals, L., Saad, R., Souza, D.M., Müller-Wenk, R., 2013b. UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 18, 1188 - 1202;
- Loveland, T. R., B. C. Reed, J. F. Brown, D. O. Ohlen, Z. Zhu, L. W. M. J. Yang, and J. W. Merchant., 2000. Development of a Global Land Cover Characteristics Database and IGBP DISCover from 1 Km AVHRR Data. *International Journal of Remote Sensing*, 21, 1303 – 1330;
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being. Millennium Ecosystem Assessment (MA)*. Island Press. Washington DC;
- Malczewski, J., 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*, 62, 3–65;
- Matos, B., Melo, J. J., 2014. Life cycle assessment of Portuguese wood furniture sector Towards Forest Products and Processes with Lower Environmental Impact, 19;
- McHarg, I.L., 1969. *Design With Nature*, Wiley, New York;
- Melo, J. J., Galvão, A., Flôxo, M. J., 2012. EcoBlok – a label to transfer standard environmental information along the product chain. ISDRC 2012, 18th Annual International Sustainable Development Research Conference: People progress and environmental protection. Hull, UK, 24-26;
- Melo, J.J. & Pegado, C., 2002. EcoBlock – A method for integrated environmental performance evaluation of companies and products (construction case-study). In: *Proceedings of the Fifth International Conference on EcoBalance*. The Society of Non-traditional Technology, Tsukuba, Japan, 399-402;
- Miller, W., Collins, W.M.G., Steiner, F.R., Cook, E., 1998. An approach for greenway suitability analysis. *Landscape and Urban Planning*, 42, 91–105;
- Moreno, D., Seigel, M., 1988. A GIS approach for corridor siting and environmental impact analysis. *GIS/LIS'88. Proceedings from the third annual international conference*, San Antonio, 2, 507–514;
- Mueller, M., Pander, J. & Geist, J., 2014. A new tool for assessment and monitoring of community and ecosystem change based on multivariate abundance data integration from different taxonomic groups. *Environ. Syst. Res.*, 3, 1-9;
- Muñoz-Rojas, M., De la Rosa, D., Zavala, L. M., Jordán, A., & Anaya-Romero, M., 2011. Changes in land cover and vegetation carbon stocks in Andalusia, Southern Spain (1956-2007). *The Science of the Total Environment*, 409, 2796–806;

- Müller, F. & Burkhard, B., 2007. An ecosystem based framework to link landscape structures, functions and services. In: Mander, Ü.; Wiggering, H. & K. Helming (eds.): Multifunctional Land Use – Meeting Future Demands for Landscape Goods and Services, 37-64;
- Mutel, C. L., & Hellweg, S., 2009. Regionalized Life Cycle Assessment: Computational Methodology and Application to Inventory Databases. *Environmental Science & Technology*, 43, 5797–5803;
- Mutel, C. L., Pfister, S., & Hellweg, S., 2011. GIS-Based Regionalized Life Cycle Assessment: How Big Is Small Enough? Methodology and Case Study of Electricity Generation. *Environmental Science & Technology*, 46, 1096–1103;
- Nieto, O. M., Castro, J., & Fernández-Ondoño, E., 2012. Conventional tillage versus cover crops in relation to carbon fixation in Mediterranean olive cultivation. *Plant and Soil*, 365, 321–335;
- Nunes de Lima, M. V., 2005. IMAGE2000 and CLC2000. Ispra: EC, JRC and EEA;
- Nunes, L., Lopes, D., Castro Rego, F., & Gower, S. T., 2013. Aboveground biomass and net primary production of pine, oak and mixed pine–oak forests on the Vila Real district, Portugal. *Forest Ecology and Management*, 305, 38–47;
- Lopes, J., 2014. Indicadores de desempenho ambiental do sector do petróleo e gás natural em Portugal. Lisboa: Dissertação de Mestrado. FCT-UNL;
- Pegado, C., Melo, J. J., Ramos, T. B., 2001. EcoBlok – método de avaliação do desempenho ambiental;
- Pereira, J.M.C. & Duckstein, L., 1993. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. *International Journal of Geographical Information Systems* 7, 407–424;
- Rawat, J. S. & Kumar, M., 2015. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18, 77-84;
- Rodríguez, C. & Greve, S., 2016. Regionalized LCIA in openLCA;
- Ruiz-Peinado, R., Moreno, G., Juarez, E., Montero, G., & Roig, S., 2013. The contribution of two common shrub species to aboveground and belowground carbon stock in Iberian dehesas. *Journal of Arid Environments*, 91, 22–30;
- Saner, D., Vadenbo, C., Steubing, B., & Hellweg, S., 2014. Regionalized LCA-Based Optimization of Building Energy Supply: Method and Case Study for a Swiss Municipality. *Environmental Science & Technology*, 48, 7651–7659;
- Scharlemann, J. P., Tanner, E. V., Hiederer, R. & Kapos, V., 2014. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5, 81–91;
- Simões, M. P., Madeira, M., & Gazarini, L., 2012. Biomass and nutrient dynamics in Mediterranean seasonal dimorphic shrubs: Strategies to face environmental constraints. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 146, 500–510;
- Snacken, F., & Antrop, M., 1983. Structure and dynamics of landscape system. In J. Drdos (Ed.), *Landscape synthesis. Geoecological foundations of the complex landscape management*, 10–30;
- Souza, D.M., Flynn, D.F.B., DeClerck, F., Rosenbaum, R.K., Lisboa, H.M., & Koellner, T., 2013. Land use impacts on biodiversity in LCA: proposal of characterization factors based on functional diversity. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 18, 1231-1242;
- Souza, D. M., Teixeira, R. F., & Ostermann, O. P., 2015. Assessing biodiversity loss due to land use with Life Cycle Assessment: are we there yet?. *Global change biology*, 21, 32-47;
- Store, R. & Kangas, J., 2001. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. *Landscape and Urban Planning*, 55, 79–93;
- Teixeira, R. F. M., Maia de Souza, D., Curran, M. P., Antón, A., Michelsen, O., & Milà i Canals, L., 2016. Towards consensus on land use impacts on biodiversity in LCA: UNEP/SETAC Life Cycle Initiative preliminary recommendations based on expert contributions. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4283–4287;
- Thorne JH, Girvetz EH, McCoy MC, 2009. Evaluating aggregate terrestrial impacts of road construction projects for advanced regional mitigation. *Environ Man*, 43, 936–948;

- Thorsen B.J., Mavsar R., Tyrväinen L., Prokofieva I. & Stenger A., 2014. The Provision of Forest Ecosystem Services - Vol II. What Science Can Tell Us. European Forest Institute.
- Townshend, J. R., Masek, J. G., Huang, C., Vermote, E. F., Gao, F., Channan, S., Sexton, J. O., Feng, M., Narasimhan, R., Kim, D. Song, K., Song, D., Song, X.-P., Noojipady, P., Tan, B., Hansen, M. C., Li, M., and Wolfe. R. E., 2012. Global Characterization and Monitoring of Forest Cover Using Landsat Data: Opportunities and Challenges. *International Journal of Digital Earth*, 5, 373 – 397;
- Turner, B. L., E. F. Lambin, and A. Reenberg., 2007. The Emergence of Land Change Science for Global Environmental Change and Sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 20666 – 20671;
- Vogt, K. A., Vogt, D. J., Palmiotto, P. A., Boon, P., Jennifer, O., & Asbjorsen, H., 1996. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant and Soil*, 187, 159–219;
- Wackernagel, M., 1994. Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Toward Sustainability. Ph.D. Thesis. School of Community and Regional Planning. The University of British Columbia.
- Wu, J., 2008. Land use changes: Economic, social, and environmental impacts. *Choices*, 23, 6-10;
- Wulder, M. A., Coops, N. C., Roy, D. P., White, J. C., & Hermosilla, T., 2018. Land cover 2.0. *International Journal of Remote Sensing*, 39, 4254 – 4284;
- Yang, Y., 2016. Toward a more accurate regionalized life cycle inventory. *Journal of Cleaner Production*, 112, 308–315;

ANEXO 1 – Correspondência das classes de uso do solo.

	Nome da Classe	GLCMNO	CLC2012	COS2015	NALCMS 2010	Japan High Resolution Land Use Land Cover Diagram	Vietnam High-Resolution Land Use and Land Cover Map ²	NLUM Australia 2010-11 ³	NZ LUCAS 2012
1.1.1	Espaços Florestais de Folhosas - <i>Broad-leaved Forest</i>	Broadleaf Evergreen Forest Broadleaf Deciduous Forest	Broad-leaved forest	Florestas de outras folhosas Florestas de castanheiro	Tropical or sub-tropical broadleaf evergreen forest Tropical or sub-tropical broadleaf deciduous forest Temperate or sub-polar broadleaf deciduous forest	Evergreen broad-leaved tree (EBF) Deciduous hardwood (DBF)	-	-	-
1.1.2	Espaços Florestais de Folhosas Nativas - <i>Native Broad-leaved Forest</i>	-	-	Florestas de outros carvalhos Florestas de azinheira Florestas de sobreiro	-	-	-	-	-
1.1.3	Espaços Florestais de Folhosas Não Nativas - <i>Non Native Broad-leaved Forest</i>	-	-	Florestas de eucalipto	-	-	-	-	-
1.2.1	Espaços Florestais de Coníferas - <i>Coniferous Forest</i>	Needleleaf Evergreen Forest Needleleaf Deciduous Forest	Coniferous forest	Florestas de outras resinosas	Temperate or sub-polar needleleaf forest Sub-polar taiga needleleaf forest	Evergreen conifers (ENF) Deciduous softwood (DNF)	-	-	-
1.2.2	Espaços Florestais de Coníferas Nativas - <i>Native Coniferous Forest</i>	-	-	Florestas de pinheiro manso	-	-	-	-	-
1.2.3	Espaços Florestais de Coníferas Não Nativas - <i>Non Native Coniferous Forest</i>	-	-	Florestas de pinheiro bravo	-	-	-	-	-
1.3.1	Espaços Florestais Mistos - <i>Mixed Forest</i>	Mixed Forest Tree Open	Mixed forest	-	Mixed forest	-	-	-	Post-1989 forest
1.3.2	Espaços Florestais Mistos Nativos - <i>Native Mixed Forest</i>	-	-	-	-	-	-	-	Natural forest
1.3.3	Espaços Florestais Mistos Não Nativos - <i>Non Native Mixed Forest</i>	-	-	-	-	-	-	-	Pre-1990 planted forest
1.4.1	Espaços Florestais de Espécies Invasoras - <i>Invasive Species Forest</i>	-	-	Florestas de espécies invasoras	-	-	-	-	-
1.5.1	Pastos - <i>Grassland</i>	-	-	-	Tropical or sub-tropical grassland Sub-polar or polar grassland-lichen-moss	Grassland (grass)	Grassland	-	Grassland – with woody biomass Grassland – high producing

					Temperate or sub-polar grassland				Grassland – low producing
1.5.2	Pastos Naturais - <i>Natural Grassland</i>	-	Natural grasslands	Vegetação herbácea natural	-	-	-	Residual native cover Grazing native vegetation	-
1.6.1	Matos - <i>Shrub</i>	Shrub	-	Matos	Tropical or sub-tropical shrubland Temperate or sub-polar shrubland Sub-polar or polar shrubland-lichen-moss	-	-	-	-
1.6.2	Herbáceas - <i>Herbaceous</i>	Herbaceous	Moors and heathland		-	-	-	-	-
1.6.3	Herbáceas/Matos - <i>Herbaceous/Shrub</i>	Herbaceous with Sparse Tree/Shrub	Sclerophyllous vegetation Transitional woodland-shrub	-	-	-	-	-	-
1.7.1	Vegetação Dispersa - <i>Sparse Vegetation</i>	Sparse vegetation	Sparsely vegetated areas	Espaços descobertos ou com pouca vegetação	-	-	-	-	-
2.1.1	Zonas de Cultivo - <i>Cropland</i>	Cropland Cropland / Other Vegetation Mosaic	Vineyards Fruit trees and berry plantations Olive groves Pastures Complex cultivation patterns	Vinhas Pomares Olivais Sistemas culturais e parcelares complexos	Cropland	Upland (crop)	Crops Orchards	Grazing modified pastures Native/exotic pasture mosaic Woody fodder plants Pasture legumes Pasture legume/grass mixtures Sown grasses Cropping Beverage and spice crops Hay and silage Oil seeds Sugar Cotton Pulses Tree fruits Oleaginous fruits Tree nuts Vine fruits Cereals Shrub nuts, fruits and berries Grapes	-
2.1.2	Culturas Irrigadas Permanentemente - <i>Permanently Irrigated Land</i>	-	Permanently irrigated land	-	-	-	-	Irrigated woody fodder plants Irrigated pasture legumes	-

								Irrigated legume/grass mixtures Irrigated sown grasses Irrigated cropping Irrigated cereals Irrigated beverage and spice crops Irrigated hay and silage Irrigated oil seeds Irrigated sugar Irrigated cotton Irrigated alkaloid poppies Irrigated pulses Irrigated perennial horticulture Irrigated tree fruits Irrigated oleaginous fruits Irrigated tree nuts Irrigated vine fruits Irrigated shrub nuts, fruits and berries Grazing irrigated modified pastures Production from irrigated agriculture and plantations Irrigated citrus Irrigated grapes Irrigated turf farming Irrigated land in transition	
2.1.2	Culturas Não Irrigadas - <i>Non-Irrigated Arable Land</i>	-	Non-irrigated arable land	-	-	-	-	Production from dryland agriculture and plantations	-
2.1.3	Culturas Permanentes - <i>Permanent Crops</i>	-	Annual crops associated with permanent crops	Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes Pastagens permanentes	-	-	-	-	Cropland – annual
2.1.4	Culturas Temporárias - <i>Temporary Crops</i>	-	-	Culturas temporárias de sequeiro e regadio	-	-	-	Irrigated seasonal horticulture Irrigated seasonal fruits Irrigated seasonal flowers and bulbs	Cropland – perennial

								Irrigated seasonal vegetables and herbs Perennial horticulture Perennial flowers and bulbs Seasonal horticulture Irrigated perennial flowers and bulbs Irrigated perennial vegetables and herbs Seasonal fruits Seasonal vegetables and herbs Intensive horticulture Intensive uses	
2.1.5	Culturas associadas com espaços naturais - <i>Cultures Associated With Natural Spaces</i>	-	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	-	-	-	Environmental forest plantation	-
2.1.6	Sistemas Agro-Florestais - <i>Agro-Forestry Systems</i>	-	Agro-forestry areas	Sistemas agro-florestais de outras espécies Sistemas agro-florestais de outros carvalhos Sistemas agro-florestais de sobreiro Sistemas agro-florestais de azinheira Sistemas agro-florestais de outras misturas Sistemas agro-florestais de pinheiro manso Sistemas agro-florestais de sobreiro com azinheira	-	-	-	Irrigated plantation forestry Irrigated hardwood plantation Production forestry Wood production Hardwood plantation Softwood plantation Other forest plantation Irrigated softwood plantation	-
2.2.1	Arrozais - <i>Paddy Field</i>	Paddy field	Rice fields	Arrozais	-	Paddy field (rice paddy)	Rice paddy	-	-
3.1.1	Áreas Descobertas Consolidadas - <i>Consolidated Bare Area</i>	Bare area, consolidated (gravel, rock)	Bare rocks	-	Barren lands Sub-polar or polar barren-lichen-moss	bare land (bareland)	Bare land	-	Other land
3.2.1	Áreas Descobertas Não Consolidadas - <i>Unconsolidated Bare Area</i>	Bare area, unconsolidated (sand)	Beaches, dunes, sands	-	-	-	-	-	-

3.3.1	Áreas Sem Vegetação/Áreas Áridas - <i>No Vegetation/Burned Areas</i>	-	Burnt areas	-	-	-	-	Land under rehabilitation Abandoned perennial horticulture Rehabilitation Abandoned land Degraded irrigated land	-
4.1.1	Águas Sem Oceano ou Mar - <i>Non Ocean or Sea Water</i>	Water bodies ¹	-	-	Water ¹	Water area (water) ¹	Water ¹	Water	-
4.2.1	Zonas de Água Doce - <i>Freshwater Bodies</i>	-	Water courses Water bodies	Planos de água Cursos de água	-	-	-	Lake Lake - conservation Lake - production Lake - intensive use River River - conservation River - production River - intensive use Surface water supply	Wetland – open water
4.3.1	Pantanal - <i>Wetland</i>	Wetland	Inland marshes Peat bogs	Zonas húmidas	Wetland	-	-	Marsh/wetland Marsh/wetland - conservation Marsh/wetland - production	-
4.4.1	Zonas de Água Salobra - <i>Brackish Water Zones</i>	Mangrove	Coastal lagoons Estuaries Salt marshes Salines Intertidal flats	Lagoas costeiras Desembocaduras fluviais	-	-	Mangrove	Marsh/wetland - saline Estuary/coastal waters Estuary/coastal waters - conservation Estuary/coastal waters - intensive use	Wetland – vegetated
4.5.1	Oceano/Mar - <i>Ocean/Sea</i>	Water bodies ¹	Sea and ocean	Oceano	Water ¹	Water area (water) ¹	Water ¹	-	-
4.6.1	Zonas de Neve/Gelo - <i>Snow/Ice</i>	Snow / Ice	Glaciers and perpetual snow	-	Snow and Ice	-	-	-	-
4.7.1	Aquacultura - <i>Aquaculture</i>	-	-	-	-	-	-	Aquaculture	-
4.8.1	Águas Subterrâneas - <i>Groundwater</i>	-	-	-	-	-	-	Groundwater	-
5.1.1	Zonas Urbanas Contínuas - <i>Continuous Urban</i>	-	Continuous urban fabric	Tecido urbano contínuo	-	-	-	Shadehouses Glasshouses Intensive animal husbandry	-

								Supply channel/aqueduct Channel/aqueduct Reservoir/dam Reservoir Water storage - intensive use / farm dams	
5.1.2	Zonas Urbanas Descontínuas - <i>Discontinuous Urban</i>	-	Discontinuous urban fabric	Tecido urbano descontínuo	-	-	-	Rural residential with agriculture Rural residential without agriculture Farm buildings/infrastructure	-
5.1.3	Zonas Urbanas Não Classificadas - <i>Non Classify Urban Areas</i>	Urban	-	-	Urban	City (urban)	Urban and built-up	-	Settlements
5.1.4	Zonas Verdes Urbanas - <i>Green Urban Areas</i>	-	Green urban areas	Espaços verdes urbanos	-	-	-	-	-
5.2.1	Extracção Mineira - <i>Extraction Sites</i>	-	Mineral extraction sites	Áreas de extração de inertes	-	-	-	Mining Mines Quarries Tailings Extractive industry not in use	-
5.3.1	Zonas de Deposição de Resíduos - <i>Dump Sites</i>	-	Dump sites	Áreas de deposição de resíduos	-	-	-	Landfill Solid garbage	-
5.3.2	Zonas de Tratamento de Águas - <i>Water Treatment</i>	-	-	-	-	-	-	Waste treatment and disposal Effluent pond Sewage / sewerage	-
5.4.1	Campos de Golfe - <i>Golf Field</i>	-	-	Campos de golfe	-	-	-	-	-
6.1.1	Sem Dados ou Outros Usos - <i>No Data or Other Uses</i>	-	NODATA	-	No data	No data (nodata)	No data	Other minimal use Land in transition Evaporation basin No defined use No defined use (irrigation)	-

ANEXO 2 - Lista dos indicadores e componentes dos serviços dos ecossistemas, justificações e possíveis indicadores.

	Rationales	Potential indicators
Ecological integrity		
Abiotic heterogeneity	The provision of suitable habitats for different species, for functional groups of species and for processes is essential for the functioning of ecosystems.	Abiotic habitat components' diversity indices; Heterogeneity indices, e.g. humus contents in the soil; Number/area of habitats
Biodiversity	The presence or absence of selected species, (functional) groups of species, biotic habitat components or species composition.	Indicator species representative for a certain phenomenon or sensitive to distinct changes
Biotic water flows	Referring to the water cycling affected by plant processes in the system.	Transpiration/ total evapotranspiration
Metabolic efficiency	Referring to the amount of energy necessary to maintain a specific biomass, also serving as a stress indicator for the system.	Respiration/biomass (metabolic quotient)
Exergy capture	The capability of ecosystems to enhance the input of usable energy. Exergy is derived from thermodynamics and measures the energy fraction that can be transformed into mechanical work. In ecosystems, the captured exergy is used to build up biomass (e.g. by primary production) and structures.	Net primary production; Leaf area index LAI
Reduction of nutrient loss	Referring to the irreversible output of elements from the system, the nutrient budget and matter flows.	Leaching of nutrients, e.g. N, P
Storage capacity	Is referring to the nutrient, energy and water budgets of the system and the capacity of the system to store them when available and to release them when needed.	Solved organic matter; N, C _{org} in the soil; N, C in biomass
Regulating ecosystem services		
Local climate regulation	Changes in land cover can locally affect temperature, wind, radiation and precipitation.	Temperature, albedo, precipitation, wind; Temperature amplitudes; Evapotranspiration
Global climate regulation	Ecosystems play an important role in climate by either sequestering or emitting greenhouse gases.	Source-sink of water vapour, methane, CO ₂
Flood protection	Natural elements dampening extreme flood events	Number of floods causing damages
Groundwater recharge	The timing and magnitude of runoff, flooding, and aquifer recharge can be strongly influenced by changes in land cover, including, in particular, alterations that change the water storage potential of the system, such as the conversion of wetlands or the replacement of forests with croplands or croplands with urban areas.	Groundwater recharge rates
Air quality regulation	The capacity of ecosystems to remove toxic and other elements from the atmosphere.	Leaf area index; Air quality amplitudes
Erosion regulation	Vegetative cover plays an important role in soil retention and the prevention of landslides.	Loss of soil particles by wind or water; vegetation cover
Nutrient regulation	The capacity of ecosystems to carry out (re)cycling of, e.g. N, P or others.	N, P or other nutrient turnover rates
Water purification	Ecosystems have the capacity to purify water but can also be a source of impurities in fresh water.	Water quality and quantity
Pollination	Ecosystem changes affect the distribution, abundance, and effectiveness of pollinators. Wind and bees are in charge of the reproduction of a lot of culture plants.	Amount of plant products; Distribution of plants; Availability of pollinators
Provisioning ecosystem services		
Crops	Cultivation of edible plants.	Plants/ha; kJ/ha
Livestock	Keeping of edible animals.	Animals/ha; kJ/ha
Fodder	Cultivation and harvest of animal fodder.	Fodder plants/ha; kJ/ha
Capture fisheries	Catch of commercially interesting fish species, which are accessible for fishermen.	Fishes available for catch/ha; kJ/ha
Aquaculture	Animals kept in terrestrial or marine aquaculture.	Number of animals/ha; kJ/ha
Wild foods	Harvest of, e.g. berries, mushrooms, wild animal hunting or fishing.	Plant biomass/ha; Animals available/ha; kJ/ha
Timber	Presence of trees or plants with potential use for timber.	Wood/ha; kJ/ha
Wood fuel	Presence of trees or plants with potential use as fuel.	Wood or plant biomass/ha; kJ/ha
Energy (biomass)	Presence of trees or plants with potential use as energy source.	Wood or plant biomass/ha; kJ/ha
Biochemicals and medicine	Production of biochemicals, medicines.	Amount or number of products; kg/ha
Freshwater	Presence of freshwater.	Liters or m ³ /ha
Cultural ecosystem services (<i>selection</i>)		
Recreation & aesthetic values	Refers specifically to landscape and resp. case study area (scenery, scenic beauty). The benefit is the sense of beauty people get from looking at the landscape and related recreational benefits.	+ further case study specific cultural ecosystem services and indicators.
Intrinsic value of biodiversity themselves, beyond	The value of nature and species economic or human benefits.	

Based on de Groot et al. (2010), Burkhard et al. (2009), Müller and Burkhard (2007) and MA (2005).

ANEXO 3 – Valores base para o cálculo do stock de carbono.

Autores	Localização	Categoria ou espécie	Biomassa acima do solo	Biomassa abaixo do solo	Carbono no solo	Carbono na manta morta
			t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹
(Vogt <i>et al.</i> , 1996)		Floresta mediterrânea folhosa perene	269	5	11	
(Davies <i>et al.</i> , 2011)		Vegetação herbácea	1,4 (0,1)			
		Matos	137,9 (32,5)			
		Matos altos	123,5 (33,8)			
		Arvores	280,6 (32,9)			
		Jardins domésticos	7,9 (2,3)			
(Simões <i>et al.</i> , 2012)	Évora, Portugal (Matos dimórficos mediterrâneos)	<i>Cistus salviifolius</i>	9,1 (0,63)	9,73 (1,97)		0,66 (0,12)
		<i>Cistus ladanifer</i>	15,74 (0,85)	13,56 (0,23)		0,86 (0,27)
(Almagro <i>et al.</i> , 2010)	Espanha (ecossistema mediterrâneo)	Floresta	32,938 (20,726)	3,054 (0,429)	51,893 (1,549) ^b	
		Campo Abandonado 25 anos - Matos típicos Mediterrâneos	3,513 (0,4964)	2,529 (0,42,9)	30,6 (4,41) ^b	
		Olival	8,303 (0,521)	1,622 (0,43,8)	26,58 (5,1482) ^b	
(Ruiz-Peinado <i>et al.</i> , 2013)	Oeste de Espanha (Dehesas Ibéricas)	<i>Cistus ladanifer</i> L.	8,551			
		<i>Retama sphaerocarpa</i>	3,492			
(Fonseca <i>et al.</i> , 2012)	Montesinho, Portugal	<i>C. ladanifer</i>	5,3	3,2		
		<i>C. multiflorus</i>	4,8	2,3		
		<i>E. australis</i>	6,9	17,1		
(Nunes <i>et al.</i> , 2013)	Vila Real, Portugal	Pinheiro (ano 2008)	78,4 (11,4)			
		Carvalho (ano 2008)	58,0 (8,8)			
		Misto de pinheiro e carvalho (ano 2008)	104 (24,9)			
		Pinheiro (ano 2009)	83,4 (11,9)			
		Carvalho (ano 2009)	61,4 (8,9)			

Autores	Localização	Categoria ou espécie	Biomassa acima do solo	Biomassa abaixo do solo	Carbono no solo	Carbono na manta morta
			t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹
		Misto de pinheiro e carvalho (ano 2009)	110,5 (25,0)			
(Canaveira <i>et al.</i> , 2013)	Portugal	<i>Pinus pinaster</i>	26,74	3,14		
		<i>Quercus suber</i>	20,04	2,94		
		<i>Quercus rotundifolia</i>	8,37	4,92		
		<i>Quercus spp.</i>	15,87	4,69		
		Outras folhosas	30,79	13,34		
		<i>Pinus pinea</i>	18,79	1,46		
		Outras coníferas	14,51	1,76		
		Áreas agrícolas de regadio	0,31	0,31		
		Áreas agrícolas de sequeiro	0,31	0,31		
		Vinhas	3,34	2,87		
		Olival	7,85	1,15		
		Outras zonas agrícolas permanentes	8,46	1,48		
		Outras pastagens	0,53	0,94		
		Zonas alagadas	0	0		
		Zonas Urbanizadas	0	0		
		(Nieto <i>et al.</i> , 2012)	Espanha	Matos (vegetação nativa)		
Olival					22,9 (8,0) ^c	
(Boix-Fayos <i>et al.</i> , 2009)	Espanha (ecossistema mediterrâneo)	Floresta grande densidade			14,19 (8,96) ^a	
		Floresta media densidade			12 ^{a*}	
		Floresta baixa densidade			11 ^{a*}	
		Matos			7,5 ^{a*}	
		Pastos			7,55 ^{a*}	
		Zona agrícola sequeiro			4,57 (2,01) ^a	
(Muñoz-Rojas <i>et al.</i> , 2011)	Andaluzia		Biomassa Aérea e raízes t ha ⁻¹			

Autores	Localização	Categoria ou espécie	Biomassa acima do solo	Biomassa abaixo do solo	Carbono no solo	Carbono na manta morta
			t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹
		Tecido urbano contínuo	0			
		Tecido urbano descontínuo	3,23			
		Vias	0			
		Áreas urbanas verdes	6,46			
		Terreno agrícola	5			
		Vinhas	21			
		Árvores de Fruto e bagas	21			
		Olivais	21			
		Plantações anuais associadas a plantações permanentes	13			
		Padrões de cultivo complexos	11,52			
		Área inicialmente Agrícola mas com zonas ocupadas por vegetação natural	11,37			
		Áreas agroflorestais	8,22			
		Florestas folha larga	28,24			
		Florestas coníferas	59,48			
		Florestas mistas	40,8			
		Herbáceas naturais	3,4			
		Vegetação esclerofila	17,74			
		Praias, Dunas, Areias	0			
		Rochas	0			
		Zonas de baixa densidade de vegetação	1,52			
		Área ardida	1,52			
		Mar e oceano	0			
		Estuários	0			

ANEXO 4 – Valores Final Base, zonas em estudo (Portugal e Espanha), sem quantificação do património.

Classe	Serviços de Ecossistema	Stock de Carbono	Total	Valor escala real	Calibração	Valor final
Espaços Florestais de Folhosas	0.89	0.17	0.53	0.49	1.00	0.49
Espaços Florestais de Folhosas Nativas	0.89	0.17	0.53	0.49	0.90	0.44
Espaços Florestais de Folhosas Não Nativas	0.89	0.17	0.53	0.49	1.10	0.53
Espaços Florestais de Coníferas	0.88	0.21	0.54	0.47	1.00	0.47
Espaços Florestais de Coníferas Nativas	0.88	0.21	0.54	0.47	0.90	0.42
Espaços Florestais de Coníferas Não Nativas	0.88	0.21	0.54	0.47	1.10	0.51
Espaços Florestais Mistos	0.90	0.27	0.59	0.41	1.00	0.41
Espaços Florestais Mistos Nativos	0.90	0.27	0.59	0.41	0.90	0.37
Espaços Florestais Mistos Não Nativos	0.90	0.27	0.59	0.41	1.10	0.45
Espaços Florestais de Espécies Invasoras	0.75	0.21	0.48	0.56	2.00	1.11
Pastos	0.60	0.02	0.31	0.89	1.00	0.89
Pastos Naturais	0.60	0.02	0.31	0.89	0.90	0.80
Matos	0.29	0.24	0.26	1.06	1.00	1.06
Herbáceas	0.61	0.04	0.32	0.86	1.00	0.86
Herbáceas/Matos	0.32	0.19	0.26	1.16	1.00	1.16
Vegetação Dispersa	0.13	0.01	0.07	5.39	0.25	1.35
Zonas de Cultivo	0.36	0.04	0.20	2.21	1.00	2.21
Culturas Irrigadas Permanentemente	0.39	0.00	0.19	2.31	1.00	2.31
Culturas Não Irrigadas	0.41	0.01	0.21	1.95	1.00	1.95
Culturas Permanentes	0.39	0.06	0.22	1.80	1.00	1.80
Culturas Temporárias	0.24	0.06	0.15	3.32	1.00	3.32
Culturas associadas com espaços naturais	0.47	0.06	0.27	1.00	1.00	1.00
Sistemas Agro-Florestais	0.52	0.04	0.28	0.97	1.10	1.07
Arrozais	0.30	0.04	0.17	2.80	1.00	2.80
Áreas Descobertas Não Classificadas	0.08	0.00	0.04	6.58	0.25	1.64
Áreas Descobertas Consolidadas	0.10	0.00	0.05	6.12	0.25	1.53
Áreas Descobertas Não Consolidadas	0.19	0.00	0.09	4.67	0.25	1.17
Áreas Sem Vegetação/Áreas Ardidas	0.08	0.01	0.04	6.41	0.25	1.60
Águas Sem Oceano ou Mar	0.41	0.00	0.20	2.12	0.25	0.53
Zonas de Água Doce	0.39	0.00	0.19	2.35	0.25	0.59
Pantanal	0.54	0.00	0.27	1.00	1.00	1.00

Zonas de Água Salobra	0.29	0.00	0.15	3.34	0.25	0.83
Oceano/Mar	0.37	0.00	0.19	2.51	0.25	0.63
Zonas de Neve/Gelo	0.17	0.00	0.09	4.91	0.25	1.00
Aquacultura	0.06	0.00	0.03	7.11	1.00	7.11
Águas Subterrâneas	0.12	0.00	0.06	5.81	0.25	1.00
Zonas Urbanas Contínuas	0.04	0.00	0.02	7.54	1.00	7.54
Zonas Urbanas Descontínuas	0.09	0.02	0.05	5.92	1.00	5.92
Zonas Urbanas Não Classificadas	0.00	0.01	0.00	8.90	1.00	8.90
Zonas Verdes Urbanas	0.31	0.04	0.17	2.77	1.00	2.77
Extracção Mineira	0.04	0.00	0.02	7.41	1.00	7.41
Zonas de Deposição de Resíduos	0.03	0.00	0.02	7.76	1.00	7.76
Zonas de Tratamento de Águas	0.00	0.00	0.00	10.00	0.90	9.00
Campos de Golfe	0.28	0.01	0.14	3.44	1.00	3.44
Sem Dados ou Outros Usos	0.00	0.00	0.00	10.00	1.00	10.00