



Análise da Evolução Recente da Fragmentação da Paisagem do Parque Natural de Montesinho

João Vitor Martins Macome

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para
obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental*

Orientado por

José Manuel Correia Santos Ferreira Castro

Edivando Vitor Do Couto

Bragança

2017



Análise da Evolução Recente da Fragmentação da Paisagem do Parque Natural de Montesinho

Tese de Mestrado em Tecnologia Ambiental apresentada ao Programa de Dupla Diplomação em parceria do Instituto Politécnico de Bragança – IPB junto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Campo Mourão, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Correia Santos Ferreira Castro
Coorientador: Prof. Dr. Edivando Vitor Do Couto

BRAGANÇA

2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

Um especial agradecimento ao meu orientador, Professor Doutor José Castro pela imensa ajuda, disposição, sugestões, ensinamentos e confiança, que tornaram possível a elaboração e conclusão desse trabalho.

Ao coorientador Professor Doutor Edivando Vitor do Couto pela iniciativa e confiança para com minha vinda a Portugal.

Ao meu amigo Pedrão (Pedro Jandreice) que me ajudou no decorrer da elaboração deste trabalho com sugestões e contribuições.

Aos meus pais Ederaldo e Mylene e meu irmão Luís Felipe que estiveram comigo em todos os momentos que precisei, com confiança e amor. À minha família e amigos que sempre me apoiaram e me incentivaram.

À minha namorada Aline, que pretendo que seja minha futura esposa, que me ajudou de todas formas possíveis.

Agradeço também ao Instituto Politécnico de Bragança – IPB e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, pelo suporte e oportunidade.

A todos amigos e colegas do Brasil que me ajudaram e passaram pela minha caminhada acadêmica.

À Professora Doutora Elizabete Satsuki Sekine, que desde o início de minha jornada acadêmica sempre confiou em mim e me deu oportunidades e ensinamento acadêmicos.

A todos que contribuíram de alguma forma para elaboração e conclusão desta tese.

RESUMO

O presente trabalho analisa a fragmentação da paisagem, nomeadamente das florestas de carvalho (*Quercus pyrenaica* Willd.) no Parque Natural de Montesinho (PNM) localizado no nordeste de Portugal. O PNM é uma área Protegida muito importante para a preservação dos ecossistemas naturais e seminaturais da região. Estende-se por aproximadamente 75000 hectares e as características dos seus bosques de *Quercus pyrenaica* Willd., os carvalhais, representa um dos processos mais importantes para a manutenção da biodiversidade. Com o auxílio de *softwares* livres, como o QGIS e o FRAGSTATS, foi possível avaliar a configuração da paisagem desta área Protegida registrada em mapas de ocupação do solo com três origens distintas: Corine Land Cover (CLC 2006) e (CLC 2012) e Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS 2007). A metodologia se baseia na estimação de métricas da paisagem selecionadas criteriosamente para a aplicação a essas cartografias. Os resultados obtidos apontam para evolução da vegetação em comparação com as cartografias CLC do ano de 2006 para 2012, e em relação a comparação entre a cartografia CLC 2006 e COS 2007, podemos observar um tendência similar no comportamento das métricas, porém consideráveis diferenças nos seus valores, como no valor da métrica NP (Número de manchas) por exemplo, para a cartografia COS 2007 é quase 5 vezes maior comparado ao valor da cartografia CLC 2006. De uma maneira geral podemos atestar a validade das três cartografias para avaliar importante informação sobre o estado da fragmentação dos carvalhais, ainda que importaria contrastar os seus resultados com maior trabalho de campo para uma mais correta tomada de decisão na gestão da paisagem do PNM.

Palavras-chave: Carvalhal; fragmentação; métricas da paisagem; *softwares* livres.

ABSTRACT

The present work analyzes the fragmentation of the landscape, namely the oak forests (*Quercus pyrenaica* Willd.) in the Montesinho Natural Park (PNM) located in the northeast of Portugal. The PNM is a very important protected area for the preservation of the region's natural and semi-natural ecosystems. It extends over approximately 75000 hectares and as characteristics of its woods of *Quercus pyrenaica* Willd., the oak forests, represent one of the most important processes for a maintenance of the biodiversity. With the help of free software, such as QGIS and FRAGSTATS, it was possible to evaluate a landscape configuration of this Protected Area registered in land use maps with three different origins: CORINE Land Cover (CLC 2006 and CLC 2012), and Land Use and Occupancy (COS 2007). The methodology based on the estimation of landscape metrics carefully selected for an application to these cartographies. The results obtained point to vegetation evolution in comparison to the CLC cartographies from 2006 to 2012, and in relation to the comparison between CLC cartography 2006 and COS 2007, we can observe a similar tendency in the behavior of the metrics, but considerable differences in their Values. In general, we can attest to the validity of the three cartographies to evaluate important information about the state of the fragmentation of the oaks, although it would be necessary to contrast their results with more field work for a correct decision making in the management of the landscape of PNM.

Keywords: Oak forests; fragmentation; landscape metrics; free software.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ABREVIATURAS E SIGLAS	vii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Estrutura do Trabalho	2
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1 Ecologia e Fragmentação da Paisagem.....	3
2.2 Ocupação do Solo, Escala e Processos Ecológicos	6
2.3 FRAGSTATS: Métricas Utilizadas como Indicadores de Fragmentação	8
2.4 Parque Natural de Montesinho (PNM)	9
2.5 Carvalho-negral (<i>Quercus pyrenaica</i> Willd.)	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Área de Estudo.....	19
3.2 Metodologia e Aplicação	22
4 RESULTADOS	31
5 DISCUSSÃO	33
6 CONCLUSÕES	45
7 REFERÊNCIAS	47
8 ANEXOS	50
8.1 Anexo 1 – Mapa base para Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS 2007)	50
8.2 Anexo 2 - Mapa base para CORINE Land Cover (CLC 2006 e CLC 2012)	51
8.3 Anexo 3 – Legenda CORINE Land Cover	52
8.4 Anexo 4 - Legenda Carta de Uso e Ocupação do Solo.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Unidade de Paisagem Matas e Matos (PNM).	11
Figura 2 – Unidade de Paisagem Aberta (PNM), com uma parcela em descanso e outra que acabou de ser colhida.....	12
Figura 3 – Carvalho na Unidade de Paisagem Vinhais (PNM).	13
Figura 4 - Transição de vegetação espontânea rasteira, matos rasteiros, arbustivas altas e pinhal na Unidade de Paisagem Matos e Pinhais (PNM).	14
Figura 5 - Bosque de carvalho-negral (PNM).	16
Figura 6 - Bosque de carvalho-negral (PNM).	17
Figura 7 - Localização do Parque Natural de Montesinho em Portugal.....	19
Figura 8 - Avaliação do interesse de conservação da vegetação do PNM.	21
Figura 9 - Configuração das classes de ocupação do solo da CLC investigadas segundo 2006.	24
Figura 10 – Configuração das classes de ocupação do solo da CLC investigadas segundo 2012.	25
Figura 11 - Configuração das classes de ocupação do solo da COS investigadas segundo 2007.	26
Figura 12 - Comportamento das métricas CA, PROX_MN e NP para a hierarquia da CLC 2006.	34
Figura 13 - Comportamento das métricas CONNECT, ED e ENN_MN para a hierarquia da CLC 2006.	36
Figura 14 - Comportamento das métricas CA, PROX_MN e NP para a hierarquia da CLC 2012.	34
Figura 15 - Comportamento das métricas CONNECT, ED e ENN_MN para a hierarquia da CLC 2012.	36
Figura 16 - Comportamento das métricas CA, PROX_MN e NP para a hierarquia da COS 2007.	38
Figura 17 - Comportamento das métricas CONNECT, ED e ENN_MN para a hierarquia da COS 2007.	41
Figura 18 – Carvalho em regeneração após o fogo (PNM).	39
Figura 19 – Abertura de clareira em carvalho para plantação de castanheiros (PNM).	39
Figura 20 – Regeneração do carvalho em orla de pinhal (PNM).	42

ABREVIATURAS E SIGLAS

COS – Carta de Uso e Ocupação do Solo

CLC – CORINE Land Cover

ha – Hectares

QGIS – Quantum Gis

PNM – Parque Natural de Montesinho

CA – Área Total da Classe

NP – Número de Manchas

ED – Densidade de Orla

PROX_MN – Índice Médio de Proximidade

ENN_MN – Distância Média do Vizinho Mais Próximo

CONNECT – Índice de Conectividade

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Quem hoje percorre o Parque Natural de Montesinho (PNM) é capaz de perceber a recuperação do seu coberto vegetal natural. É uma dinâmica que pode ser atribuída a processos que veem ocorrendo ao longo do tempo como a generalização da mecanização agrícola, a partir dos anos 60, e a diminuição da população agrícola ativa, que procurando uma melhor forma de vida emigrou para os grandes centros urbanos no País e no estrangeiro (Pires e Moreira, 1995).

O carvalho-negral, *Quercus pyrenaica* Willd., devido a sua importância no PNM, como a manutenção da biodiversidade do Parque e o seu alto valor histórico, cultural e ecológico, faz com que seja essencial a monitorização e preservação dessa espécie.

Através de mapas de ocupação do solo e *softwares* específicos, é possível analisar a evolução destas alterações que ocorreram ao longo do tempo, bem como identificar as suas consequências na dinâmica da vegetação natural, nomeadamente nos carvalhais, um dos maiores valores naturais do PNM.

A ecologia da paisagem é a disciplina científica que abrange conteúdos que permitem analisar a paisagem, identificando os principais padrões e processos que determinam a fragmentação da vegetação (Rodrigues, 2011). As potencialidades do *software* FRAGSTATS, nomeadamente pelos cálculos de suas métricas, permitem-nos quantificar a configuração e a conectividade da paisagem expressa por um mapa qualitativo (Volotão, 1998).

1.2 Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é avaliar o processo de fragmentação dos sistemas de vegetação natural do PNM, nomeadamente aqueles que estão associados ao desenvolvimento dos bosques de *Quercus pyrenaica* Willd., os carvalhais. Para o conseguir, propõe-se como objetivos específicos, os seguintes:

- Obter e tratar informação relativa à ocupação do solo no PNM que discrimine os diferentes sistemas naturais associados aos carvalhais em duas datas consecutivas, com base em recursos informáticos de livre utilização;
- Selecionar as métricas da paisagem que melhor avaliem o processo de fragmentação no PNM, tendo em conta a informação de ocupação do solo obtida;

- Avaliar a configuração da paisagem do PNM associada aos carvalhais para duas datas consecutivas, com especial enfoque nas características e métricas que informam sobre a sua fragmentação, com base em recursos informáticos de livre utilização;
- Discutir os resultados e concluir sobre o processo de fragmentação da paisagem do PNM associada aos seus carvalhais, bem como sobre a validade da metodologia utilizada.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho tem como estrutura: o enquadramento do tema, onde são abordados tópicos chave para o entendimento do tema proposto; os objetivos principais e específicos da tese, a fundamentação teórica, abordando o PNM, onde são descritas as características importantes da área de estudo, o carvalho-negral, aprofundando informações sobre a espécie; a Ecologia da Paisagem, introduzindo conceitos bases para um estudo competente, analisando Ocupação do Solo, Escala e Processos Ecológicos, e ainda o FRAGSTATS e suas métricas mais utilizadas como indicadores de fragmentação, apresentando o seu potencial e informações necessárias ao *software*; a metodologia de trabalho, explicando os passos realizados tanto para obtenção dos resultados do estudo, bem como da interpretação dos mesmos; os resultados e discussão, onde são detalhados os valores encontrados para cada métrica, bem como análises comparativas entre os valores; e finalmente a conclusão, onde se tem o desfecho e os aspetos relevantes do trabalho, e as referências utilizadas para a sua fundamentação teórica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ecologia e Fragmentação da Paisagem

Para um estudo conciso e real dos processos de fragmentação florestal é necessário analisar mapas de ocupação do solo com os respectivos *software* de análise, avaliando a situação atual e interpretando os processos que ocorreram ao longo do tempo em determinado local ou paisagem, mediante métricas da paisagem, verificando e analisando esse índices específicos para o local de estudo. Segundo Saito *et al.* (2016), as métricas da paisagem: número de polígonos (NP), perímetro (PERIM), relação perímetro/área (PARA), índice de forma (SHAPE) e distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN), são as de maior valor e úteis ao estudo da fragmentação da paisagem. A fragmentação fica mais evidente ao se analisar as métricas de área e de forma, pois quanto mais regular forem as formas na paisagem menos efeito de orla se reproduzem e conseqüentemente menos suscetível fica a fragmentação.

Questões relacionadas com a ocupação do solo estudadas por meio de fotografia aérea para a interpretação das paisagens, foram estudadas por Carl Troll no ano de 1939, com a intenção de incentivar uma colaboração entre a Geografia e a Ecologia, combinando a aproximação “horizontal” do geógrafo examinando a interação espacial dos fenômenos, com a aproximação “vertical” dos ecólogos, no estudo das interações funcionais de um dado local, ou “ecótopo” (Naveh e Lieberman, 1984).

Segundo Nucci (2007) em meados do século XX, surge o termo Ecologia de Paisagem, sendo Alemanha e Holanda os primeiros países com uma grande quantidade de trabalhos produzidos na área e relacionados com o tema. Um dos primeiros trabalhos sobre o tema escrito em inglês foi o de Naveh e Lieberman (1984).

Segundo Forman e Godron (1986) a ecologia da paisagem pode ser estudada considerando três características da paisagem: estrutura, função e mudança. A estrutura e função consistem nas relações espaciais entre os ecossistemas e a biodiversidade do local, como troca de energia, relação predador-presa, manutenção dos ciclos hídricos, bem como muitas outras funções essenciais na natureza. Já a mudança é dita como alterações na estrutura e função do meio em relação ao tempo (Forman e Godron, 1986).

A fragmentação de um habitat é geralmente definida como um processo à escala da paisagem que envolve tanto a perda de habitat e as perdas além do habitat. Desse modo, estudos empíricos sugerem que a perda de habitat tem efeitos negativos sobre a biodiversidade (Fahrig,

2003). Uma pesquisa recente do banco de dados de Cambridge Scientific Abstracts revelou que mais de 1600 artigos contêm a expressão "fragmentação do habitat" (Fahrig, 2003).

Segundo Fahrig (2003), os efeitos negativos da fragmentação como o efeito de orla e o fato de que cada mancha de habitat ficar muito pequena para sustentar uma população local, acabam muitas vezes mascarando os processos positivos que a fragmentação pode proporcionar. Huffaker (1958) realizou um experimento que sugeriu que as subdivisões da mesma quantidade de habitat em muitos pedaços pequenos podem melhorar a relação de um sistema predador-presa. A hipótese é de que a subdivisão de habitat fornece refúgios temporários para as espécies de presas, onde eles podem aumentar em número e dispersarem para outros lugares antes de o predador ou parasita os encontrar.

Outros pesquisadores sugeriram que a subdivisão do habitat poderia até estabilizar a dinâmica da população de uma única espécie, pois as perturbações acontecem em tempos e locais diferentes, reduzindo assim a probabilidade de extinção simultânea de toda a população (Den Boer, 1981).

Del Castillo *et al.* (2015) fez um estudo sobre um Parque Natural que nunca tinha sido estudado antes sob a perspectiva das métricas da paisagem, trazendo resultados significativos para a conservação do mesmo, e uma base de estudo para futuras gerações. As métricas utilizadas como, Área total da paisagem em hectares (CA), Percentagem de Paisagem (PLAND) e Índice de Diversidade de Shannon (SHDI), apontam uma visão geral da estrutura florestal e das alterações que nela ocorrem, indicando que é importante gerir essas estruturas florestais para se obter uma manutenção dos padrões estruturais e da paisagem. Índices quantitativos de paisagem apontam informações importantes para gerir um local que necessita de atenção e preservação, como no caso de Parques Naturais e zonas de proteção.

Em relação ao uso de *softwares*, o uso de *softwares* livres para diversas funções, como para o estudo dos processos que ocorrem em uma dada paisagem, vem crescendo muito no Brasil, tendo que nos últimos 25 anos um aumento muito significativo. No Brasil os seis *softwares* mais utilizados foram o Spring; Google Earth; SGI/SITIM; MODIS Reprojection Tools; TerraView e FRAGSTATS, mostrando assim a grande variedade de *softwares* livres que podem ser usados nos mais diversos tipos análises e trabalhos, chegando à conclusão de que os *softwares* livres são importantes e necessários, tanto por desenvolver tecnologias para países, onde que qualquer pessoa pode aprender adequadamente e usar, quanto por gerar benefícios econômicos e sociais para os países, como mais empregos (Milaré *et al.* 2016). Segundo Willis (2015), os satélites mais utilizados em áreas protegidas nos Estados Unidos são o Landsat

(Thematic Mapper (M, Enhanced Thematic Mapper Plus ETM +, Land Operational Imager OLI), QuickBird e MODIS, que por si só tem características de amostragem ideal para monitoramento diversos tipos de ocupação do solo.

Alguns erros também são detetados nas análises e classificações da ocupação do solo que não devem passar despercebidas. Segundo Del Castillo *et al.* (2015), é importante destacar que algum grau de erro é esperado, e deve ser dada atenção às limitações que isso pode ter para a análise das imagens obtidas. O estudo de Santos *et al.* (2015) conclui que a ambiguidade temática (classificação imprecisa de elementos da paisagem) que pode afetar o processo de classificação, não tem influência significativa no cálculo das métricas e também que as métricas espaciais não são afetadas. Mas em virtude da quantidade de processos implicados, é de extrema importância se tomar cuidados específicos e ter atenção ao local escolhido, as datas a analisar, a resolução da imagem, e os tipos de análises que se desejam executar.

Os sistemas ecológicos são obrigatoriamente heterogêneos, onde as interações e o desenvolvimento ocorrem ao longo do tempo e do espaço. Dessa forma, para identificar as manchas e as relações entre elas, podem ser usados mapas categóricos, que identificam todos esses processos e também o “point data” (Gustafson, 1998).

A alteração da heterogeneidade dos sistemas paisagísticos depende da escala temporal e espacial. Um exemplo é uma plantação agrícola, basicamente uma paisagem homogênea, ou com pouca heterogeneidade, mas se expandirmos o tamanho do campo de visão, vamos obter uma paisagem muito heterogênea, abrangendo área urbana e mais espaços que interferem com a plantação agrícola.

Segundo O'Neill (1986), dois pontos chave e importantes a escala que afeta as medidas de heterogeneidade, são o grão, que diz respeito ao tamanho do pixel, ou seja, a resolução mínima dos dados a ser utilizado, e a extensão, que se refere ao tamanho da área mapeada. Também não podemos esquecer da escala temporal, que mostra o intervalo de tempo entre as observações que vão ser analisadas.

Gustafson (1998), traz uma abordagem comparando dois métodos para medir a heterogeneidade da paisagem, a análise baseada em “patch” (mancha), que aborda uma descrição mais abrangente e simples do sistema, tornando assim, uma interpretação mais fácil e direta, e a análise de “point data”, que aborda dados coletados por amostragem e não propriamente os mapas. Esse segundo método pode responder a duas das questões chave na análise da heterogeneidade espacial de uma paisagem, como: que escala utilizar para a realização da sua análise? E qual é a natureza da sua estrutura espacial? Esta análise fornece

informações relevantes sobre a escala, tais como se há hierarquias de escala e se a distribuição espacial é aleatória, agregada ou uniforme por exemplo, tornando-se assim métodos mais complexos. Porém, a conclusão que se chega, é que cada método fornece uma maneira diferente, porém válida, para descrever e analisar fenômenos espaciais, e sempre haverá a necessidade de conhecer e estudar o sistema paisagístico em questão para depois aplicar o método correto.

Assim, para uma análise correta e completa da heterogeneidade de uma paisagem alguns pontos são essenciais, como a escolha da melhor escala a se trabalhar, a escolha dos métodos de análise, bem como das métricas da paisagem que mais condizem com o estudo a ser realizado, e por último passo, a formulação da relação teórica com os valores obtidos pelas métricas da paisagem (Gustafson, 1998).

2.2 Ocupação do Solo, Escala e Processos Ecológicos

A ocupação e uso do solo são por si só conceitos distintos, pois uso do solo é considerado como a utilização antrópica da paisagem, onde são enquadrados a agricultura, função habitacional e proteção ambiental, enquanto a ocupação do solo se refere ao tipo de cobertura existente numa determinada área, podendo ela ser vegetal, mineral, hidrológica ou de origem antrópica (Batista, 2014). Batista (2014) também menciona que a classificação e interpretação da ocupação do solo é limitada à sua ocupação, ou seja, não são referidas informações sobre seu uso, pois podem existir, e existem, usos diferentes numa só mancha de um determinado tipo de ocupação. Por exemplo, uma área classificada como pastagem, não significa que seja utilizada somente para pastagem, pois a área pode ser usada para a produção de feno, porém a ocupação do solo é do tipo pastagem. Torna-se importante assim se tomar cuidados necessários de acordo com os mapas que vão ser estudados e analisados, pois uso e ocupação do solo podem trazer informações ambíguas.

Dessa forma, os mapas de ocupação do solo apresentam estrutura visível da paisagem, e são de fácil obtenção, além de serem uma ferramenta indispensável para estudos territoriais, ambientais, na gestão de recursos naturais, em planejamento e ordenamento do território (Batista, 2014). Assim é possível obter informações do tipo de vegetação que se pretende estudar, observando manchas homogêneas em cada mapa de ocupação do solo e as interações que ali ocorrem.

Para executar a análise de uma paisagem, como de um Parque Natural por exemplo, e medir o impacto dos processos ecológicos que ali ocorrem ou já ocorreram, muitos aspetos necessitam ser levados em conta. Um deles é a escolha da escala correta. Dessa forma, a escala espacial e temporal devem ser devidamente assumidas para uma melhor escolha de dados e assim tornar possível a realização de análises mais concretas e que não apresentam muitos erros grosseiros. A escala espacial representa a resolução espacial, que é capacidade de distinguir objetos, indicada pelo grão, ou tamanho do pixel, a resolução mínima que se pode obter. Quanto maior for a resolução espacial, mais objetos podem ser identificados, porém com uma definição de detalhes menos significativa. Uma imagem com resolução de 20m x 20m por exemplo, representa que cada pixel corresponde a 400 m² do local de estudo, podendo ser uma resolução ótima para o estudo de uma dada espécie, como as parcelas de vegetação de carvalhos, mas insuficiente para o estudo de habitats de pequenos insetos. Além do grão, também a indicação da extensão, que é o tamanho da área, é determinante para o sucesso do nosso estudo.

A escala temporal diz respeito ao intervalo de tempo, ou seja, a frequência com que a cartografia de determinada área é atualizada (IBGE, 2001).

É necessário a escolha de uma escala espacial e temporal correta para executar as análises de um dado local e de um dado processo que se pretende estudar. A medida que aumentamos a escala espacial torna-se necessário aumentar a escala temporal, ou seja, se pretende realizar análises de local muito pequeno, não são necessárias análises para diversos e longos períodos de tempo. Porém se as análises serão feitas para uma reserva ecológica por exemplo, a escala espacial terá que ser detalhada de acordo com o que se pretende estudar na área, e a escala temporal necessita ser aumentada, pois os processos ecológicos a interpretar, como a fragmentação ou a evolução da paisagem, tiveram variações ao longo de períodos tempo prolongados.

Muitos processos ecológicos ocorrem simultaneamente em uma paisagem, e dessa maneira, a cada escala espacial correspondem transformações do território ao longo de determinado intervalo de tempo. São os processos ecológicos que moldam uma paisagem mais ou menos natural, com implicações na manutenção da biodiversidade, na cadeia alimentar, no ciclo de nutrientes, no clima, entre outros (Batista, 2014). A biodiversidade pode ser descrita como uma entidade extremamente complexa, com diversas interações entre a diversidade genética, específica, de comunidades, de ecossistemas e de paisagens (Clergue *et al.* 2005). A biodiversidade de um local é também resultado das interações históricas e das relações do homem com o seu meio, tornando a biodiversidade um valor patrimonial (Batista, 2014).

2.3 FRAGSTATS: Métricas Utilizadas como Indicadores de Fragmentação

Através de índices é possível quantificar a heterogeneidade e, conseqüentemente os processos espaciais e temporais presentes numa paisagem. Dessa forma, foram desenvolvidos *softwares* que calculam esses valores, que posteriormente podem ser interpretados. O FRAGSTATS, versão 2.0, desenvolvido por Kevin McGarigal e Barbara J. Marks (1994) é um desses *softwares* que permite o cálculo simultâneo de inúmeras métricas e assim estabelecer uma relação das imagens visuais de diferentes datas com processos espaciais e temporais que ocorreram em uma dada paisagem, como o uso intensivo da terra pelo homem, que induz a fragmentação e muitos outros processos que alteram a paisagem. Nada mais é que um programa que faz o cálculo geral da estrutura de uma paisagem (McGarigal *et al.* 2012).

Pode-se dizer que com o decorrer dos anos, a disponibilização gratuita de recursos computacionais, como o uso de SIGs livres por exemplo, e do próprio FRAGSTATS, acabou proporcionando a maior utilização de métricas em Ecologia da Paisagem. Apesar da facilidade de encontrar esses *softwares* no meio digital, a interpretação dos seus resultados não é tão simples quanto parece, pois é necessário um estudo complementar e associativo do que cada métrica significa, e quais as relações que podem ser feitas com cada uma (Volotão, 1998).

O FRAGSTATS, sendo uma ferramenta que quantifica o padrão da paisagem, apresenta 8 conjuntos de métricas, apresentadas em três níveis (Mancha, Classe e Paisagem), que englobam: métricas de área, de mancha, de orla, de forma, de área central, de vizinho mais próximo, de contágio e mistura/agrupamento e de diversidade. A maior parte das métricas de classe são as mesmas da paisagem, porém as métricas de diversidade só estão presentes no nível Paisagem. Aqui é apresentada brevemente o significado de cada grupo de métricas. (McGarigal *et al.* 2012 e Volotão, 1998).

- Métricas de Área: as métricas de áreas podem ser mencionadas como bases para o estudo de uma paisagem, pois a abundância de indivíduos de uma espécie, seja ela de fauna ou de flora, depende das dimensões das manchas para existir. Por exemplo, para pequenos roedores a fragmentação de um habitat pode não ser tão negativo como para felinos de médio porte.
- Métricas de Mancha: Essas métricas são calculadas para a caracterização de cada mancha.

- Métricas de Orla: representam a configuração da paisagem, quantidade total de orlas (efeito de orla).
- Métricas de Forma: A forma de uma mancha pode influenciar em processos como a migração de pequenos mamíferos e a colonização de plantas de médio e grande porte, como também na relação predador presa, onde animais menores podem fugir mais facilmente de seus predadores. A forma tem uma grande relação com o efeito de orla, pois é o efeito de orla que pode moldar a forma de uma mancha.
- Métricas de Área Central (“Core”): Área dentro de uma mancha separada da orla por uma distância pré-definida. Tem sido considerada uma medida mais indicativa de qualidade de habitats do que a área das manchas.
- Métricas de Vizinho Mais Próximo: Podem ser definidas como a distância de uma mancha para a mancha que está à sua volta, do mesmo tipo, e medido na distância orla-a-orla.
- Métricas de Agregação e Intercalação ou Mistura: Medem a estrutura da paisagem, com valores elevados indicando agregação, e valores reduzidos indicando dispersão.
- Métricas de Diversidade: Métricas que quantificam a diversidade da paisagem, indicadas pela riqueza de classes e sua uniformidade.

Apesar do FRAGSTATS ser um *software* que permite grandes quantidades de resultados e que possui vantagens significativas para a análise de uma paisagem, como análises temporais e espaciais, ele também possui algumas limitações. As características das métricas do FRAGSTATS não permitem que seus cálculos levem em consideração a altimetria ou declividade do terreno, fazendo assim com que o efeito da direção dos ventos e do clima por exemplo não sejam levados em consideração no cálculo das métricas (Volotão, 1998). Portanto, é extremamente importante observar e analisar todos os parâmetros de uma paisagem, ou seja, analisar os resultados com uma visão ecológica, e não somente os valores numéricos por si só que métricas apresentam.

2.4 Parque Natural de Montesinho (PNM)

O Parque Natural de Montesinho compreende uma área de 74229 ha, abrangendo uma área complexa de estruturas de vegetação e relevo. Está situado no extremo nordeste de Portugal, fazendo fronteira com Espanha, compreendendo as serras de Montesinho e da Coroa, e abrangendo parte dos concelhos de Vinhais e Bragança, com uma população inferior a 8000

habitantes, divididos em 88 aldeias, 38 freguesias dos citados concelhos. O solo é predominantemente de origem xistosa e seu clima é úmido com precipitação média anual entre 1000 e 1600 mm e uma temperatura média anual entre 8 e 14 °C (ICN, 2007).

Criado em 1979 pelo Decreto de Lei 355 de 30 de agosto de 1979, o PNM visa, segundo Pires e Moreira (1995) e ICN (2007), promover a manutenção da integração do homem com meio ambiente, através da preservação dos diferentes usos e ocupações do solo, nomeadamente o carvalhal, soutos, lameiros e campos agrícolas. Além de promover a manutenção deste património natural paisagístico presente, preserva também as espécies de fauna e flora e recupera os seus habitats e formações geológicas, estabelecendo assim um padrão de conservação para as gerações atuais e futuras.

Considera-se que o Parque apresenta 5 tipologias de paisagens distintas, todas elas mais ou menos naturais, seminaturais ou urbanizadas. As unidades de paisagem são descritas como Matas e Matos, Matos e Pinhais, Vinhais, Montanha Granítica e Paisagem Aberta, cada uma com as suas particularidades e ligações entre si (ICN, 2007). A primeira Unidade de Paisagem – Matas e Matos - é a que maior área ocupa, predominando comunidades arbustivas de composição florística diversa e contendo matos de porte médio, não muito elevados com algumas plantações de carvalhos introduzidos pelo homem para reconstruir futuramente um possível carvalhal, estabelecendo uma regeneração de áreas afetadas por agricultura que foram abandonadas. É interessante destacar também que essa é a Unidade que apresenta menos carácter próprio, devido às aleatoriedades das intervenções do homem (Figura 1) (ICN, 2007).



Figura 1 – Unidade de Paisagem Matas e Matos (PNM).

Outra Unidade de Paisagem do Parque é designada Montanha Granítica, com solo predominantemente cinzento e arenoso, mais húmida, com uma precipitação maior em relação as outras paisagens, de aproximadamente 1300 mm. É a paisagem de maior altitude no PNM, com pouca vegetação arbustiva e apenas alguma pastagem. Um ponto interessante, são as casas das aldeias localizadas nesta Unidade serem predominantemente construídas em granito, devido a esta matéria-prima ser abundante no local (ICN, 2007).

A Unidade de Paisagem denominada Aberta, tem uma área reduzida, relevo plano, com aproximadamente 6% do total da área do Parque, igualando-se ao nível da Unidade denominada Montanha Granítica, citada anteriormente. Podemos encontrar aqui terras de uso agrícola muitas vezes sem rega, que é característico do local e das culturas produzidas nas aldeias presentes nestas áreas. Os ritmos paisagísticos também podem ser percebidos pelo descanso do solo de dois em dois anos, numa diversidade temporal que determina os funcionamentos ecológicos, como a recuperação dos microrganismos e posteriormente a regeneração do solo para cultivo de diferentes produções agrícolas. Identifica-se como uma paisagem que sofre uma perturbação antrópica contínua, devido ao fato da proximidade a centros urbanos, como Bragança - Portugal (Figura 2) (ICN, 2007).



Figura 2 – Unidade de Paisagem Aberta (PNM), com uma parcela em descanso e outra que acabou de ser colhida.

Uma outra Unidade de Paisagem do PNM é denominada “Vinhais”, a terceira maior, com um solo predominantemente de origem xistosa e onde podemos encontrar diversas plantações de castanheiros – soutos muito bem cuidadas, sobretudo devido ao aumento do preço das castanhas nos últimos 10 anos. Aqui também está presente o carvalhal (Figura 3) num equilíbrio entre a matriz florestal e a matriz agrícola, ambos com um padrão determinado pela distância a aldeia (ICN, 2007).



Figura 3 – Carvalho na Unidade de Paisagem Vinhais (PNM).

Por fim, na Unidade de Paisagem “Matos e Pinhais” encontramos lameiros com vegetação espontânea, mais precisamente vegetação rasteira e arbustos que acabam formando manchas densas, e para complementar essa paisagem, podemos destacar os pinhais que crescem em altura juntamente com os arbustos (Figura 4). Esses pinhais foram na sua totalidade introduzidos na generalidade do País, a partir do século XIV/XV, plantados e cultivados para proteger os terrenos de cultivo, não nativos no local. (ICN, 2007). Um ponto a destacar são as áreas de caça controlada ao veado e corso, separadas em caça associativa (associação de caçadores) e nacional (pertence ao estado). Uma espécie de valor muito significativa é o lobo ibérico (*Canis lupus*), presente sobretudo no seu chamado “triângulo dourado”, entre as aldeias de Varge, Deilão e Rio de Onor, com um número significativo de indivíduos na alcateia.



Figura 4 - Transição de vegetação espontânea rasteira, matos rasteiros, arbustivas altas e pinhal na Unidade de Paisagem Matos e Pinhais (PNM).

Nos anos 60 inicia-se um êxodo rural e assim a agricultura foi perdendo potência, permitindo assim a recuperação florestal, mesmo que lenta. As perturbações cotidianas do homem diminuíram consideravelmente, influenciando positivamente a manutenção das espécies de fauna e flora encontradas no PNM. Outro ponto necessário a se destacar, é que nos últimos 10 anos o preço da castanha e da sua produção subiu consideravelmente e consequentemente as áreas de cultivo de castanheiro e adjacentes ficaram mais preservadas.

A paisagem do PNM é assim muito influenciada por processos econômicos. Porém a maior escala, os padrões se mantêm, pois, a paisagem tem uma grande inércia e resistência a esses processos, seja positivo ou negativo, como a caça, a exploração de madeira, o pastoreio, entre outros. Em todas as suas Unidades de Paisagem do PNM, o fogo, o pastoreio e a agricultura são processos principais que a mantêm com suas características próprias, ambos causados racionalmente e controladamente pelo homem.

2.5 Carvalho-negral (*Quercus pyrenaica* Willd.)

As três principais espécies de carvalho caducifólio em Portugal são: carvalho-português, carvalho-negral e carvalho-roble, todas do gênero *Quercus*. Três pontos principais fazem ser difícil de encontrar grandes bosques de carvalhos: cortes, queimas e pastoreio. O fato implica sua distribuição dispersa na paisagem, dificultando a formação de floresta compacta (Carvalho *et al.* 2007a).

É importante salientar que o papel dos carvalhais vai além da manutenção da biodiversidade e do significado das plantas e dos animais que acompanham essa floresta. Dessa forma se torna necessário o alerta para a conservação dos carvalhais em Portugal, visto que essa espécie é um patrimônio natural de alto valor (Carvalho *et al.* 2007b).

Este trabalho analisa mais especificamente a espécie comumente denominada como carvalho-negral, a mais abundante no PNM. O carvalho-negral (Figura 5) é uma espécie do interior e da montanha, que ocorrem em muitas paisagens transmontanas. Pode ser chamado também de carvalho-das-beiras ou carvalho-pardo, isso devido no outono a folhagem adquirir uma coloração parda característica. Essa espécie apresenta um valor cultural, histórico e ecológico indiscutível (Carvalho *et al.* 2007a).

Sob a sua majestosa copa, que podem chegar de 25 a 30 metros de altura, e tronco rugoso, forma-se habitats naturais para diversas espécies de fauna (invertebrados e aves) e flora. Além de possuir estatura, beleza ornamental e matéria-prima para diversos fins, são também essenciais na conservação da água, mantendo sua qualidade, e do solo, prevenindo risco de erosão. Sua longevidade e resistência podem ir além dos 500 anos (Carvalho *et al.* 2007a).



Figura 5 - Bosque de carvalho-negral (PNM).

Suas características morfológicas são: tronco reto com casca castanha-cinzenta-anegrada espessa e fendida em pequenas placas e linhas longitudinais, dependendo das características genéticas de cada árvore e do local onde estão inseridas. As folhas são caducas marcescentes, tomentosas, lobadas e profundamente fendidas e produz um fruto, conhecido como bolota. Apresenta um crescimento em altura muito rápido nas fases iniciais (Carvalho *et al.* 2007a).

O carvalhal é geralmente uma comunidade vegetal constituída por uma formação arbórea de grande altura onde debaixo se desenvolvem outras espécies de plantas de menor porte (Figura 6), numa estrutura vertical dividida em três níveis, onde inicialmente se tem plantas herbáceas e cogumelos, espécies arbustivas lenhosas e semilenhosas e o estrato superior arbóreo (Carvalho *et al.* 2007a).



Figura 6 - Bosque de carvalho-negral (PNM).

A valorização dos carvalhais é um ponto-chave para assegurar sua conservação e preservação. Diante desse fato, Carvalho *et al.* (2007b) apresenta algumas funcionalidades dos carvalhais, como: manutenção da qualidade do ar, conservação do solo e da biodiversidade, regularização do ciclo hídrico, preservação da paisagem natural, incremento turístico, produção de bens não lenhosos como cogumelos comestíveis que crescem nos bosques de carvalho-negral, além de produzir madeira de qualidade e combustível lenhoso. Para a conservação da sua biodiversidade é necessário promover a manutenção e conservação dos ecossistemas em que se desenvolvem. No carvalhal podem encontrar-se muitas espécies de plantas, musgos, líquenes, fungos, mamíferos, aves e insetos que dependem diretamente dos bosques de carvalho-negral. Os bosques de carvalho-negral apresentam algumas plantas raras do ponto de vista botânico, e de modo geral uma composição florística elevada comparada a outras formações florestais (Carvalho *et al.* 2007b).

Dessa forma Carvalho *et al.* (2007b) descreve as principais potencialidades do carvalho-negral. Fornecem uma madeira de elevado valor monetário, apresentando uma madeira de boa qualidade em termos físicos, mecânicos e tecnológicos, sendo usada principalmente para

decoração, construção mobiliária, pavimentos e carpintaria. Contém um elevado poder calorífico, tornando assim muito interessante para a produção de lenha. Apresenta baixa combustibilidade, resultando assim na menor propagação do fogo e como consequência a não devastação das florestas. O pastoreio também pode ser gerido com eficiência no subcoberto de florestas de carvalho-negral, onde também podem ser desenvolvidas atividades recreativas e turísticas, bem como a caça controlada, como é realizado no Parque Natural de Montesinho. Servindo não só para interesses particulares, mas também para toda comunidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho é o Parque Natural de Montesinho (PNM), com uma área aproximada de 75000 ha, localizado no nordeste de Portugal (Figura 7). Segundo ICN (2007) o PNM apresenta um total de 1099 espécies vegetais, além das mais influentes tipologias de vegetação e ocupação do solo, como os carvalhais, os sotos de castanheiro, as vinhas, os lameiros que asseguram a manutenção do gado, os matos que apresentam vegetação arbustiva espontânea, além das galerias ripícolas que margeiam rios e lameiros. A aplicação de métricas no limite do PNM as cartografias (CLC 2006, CLC 2012 e COS 2007), torna possível caracterizar os padrões e inferir os processos inerentes a sua ocupação do solo, nomeadamente as formações florestais como os carvalhais.

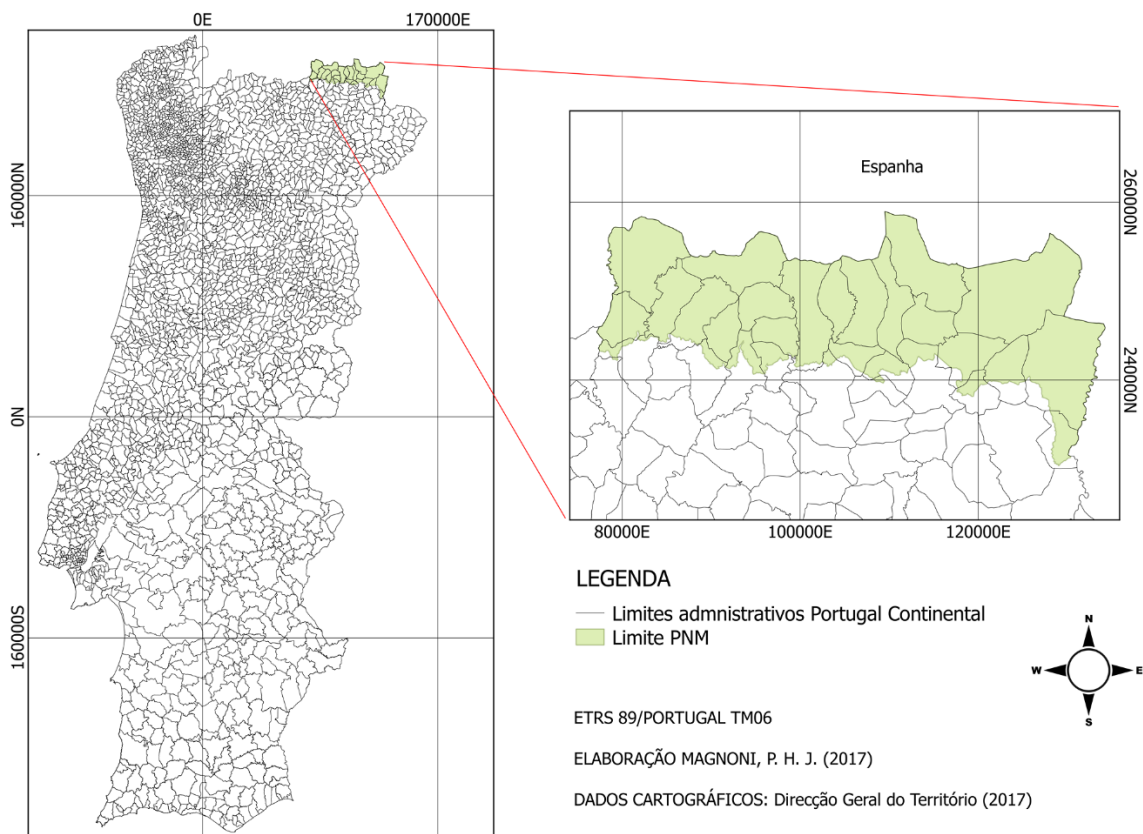


Figura 7 - Localização do Parque Natural de Montesinho em Portugal.

O PNM apresenta valores naturais importantes que devem ser tidos como patrimônio natural do local, requerendo assim uma contínua preservação desses locais e espécies.

Inicialmente, o PNM foi instituído para a preservação das paisagens naturais que ocorrem no local, tendo por base as formações florestais e espécies de fauna que compunham a composição paisagística da área. Porém, no final dos anos 80 e início dos anos 90 começou a haver uma preocupação mais de cunho conservacionista, e assim, a partir dos anos 2000, ao se elaborar um Plano de Ordenamento para promover a harmonia da sua sustentabilidade e seu valor natural, valorizou-se a conservação da geologia, fauna e flora do Parque. Segundo o Plano de Ordenamento do PNM (ICN, 2007), os valores naturais presentes no Parque com maior importância para a conservação local são os relativos a geologia, flora (vegetação) e fauna (biótopos).

Juntos compõem interações entre si essenciais para a manutenção de cada parte. Em relação a geologia, três aspetos são importantes: os seus valores científicos, didáticos e turísticos. Dessa forma em relação ao valor científico, dois elementos geológicos se destacam: os icnofósseis, que nada mais são que fósseis de pegadas, de marcas de dentadas, de excrementos, de ovos, de túneis e de galerias de habitação, presentes na Serra das Barreiras Brancas, e as formas geomorfológicas graníticas, que compõe um maciço. Estes locais e monumentos geológicos devem ser preservados em grande escala, e não havendo um turismo dedicado a esses locais, podem construir um valor didático (ICN, 2007).

A fauna também merece muita atenção em relação à sua conservação, pois o PNM mantém muitas espécies, tanto de mamíferos, como o lobo ibérico (*Canis lupus*) e a toupeira-de-água (*Galemys pyrenaicus*), aves, como a águia-real (*Aquila chrysaetus*), e ainda répteis, anfíbios e peixes. Seus valores conservacionistas foram determinados por metodologias que tem em conta o seu estatuto de conservação, onde estão presentes as espécies ameaçada de extinção em Portugal, o estatuto biológico, que apresenta a fecundidade, biomassa média, entre outros pontos importantes de cada espécie, e por fim, o estatuto biogeográfico, que mostra a distribuição global e em Portugal de cada espécie (ICN, 2007).

A flora e vegetação, do PNM também apresentam espécies que são de grande valor conservacionista, como a vegetação natural. Sinteticamente, as áreas de grande valor natural dependem de dois aspetos, a integridade do ecossistema e o tempo em que essa integridade permaneceu sem atividade antrópica.

O Plano de Ordenamento do PNM (ICN, 2007) apresenta a metodologia que foi utilizada tendo em conta o interesse de conservação das espécies presentes no PNM. O grau de conservação leva em consideração critérios de interesse natural e cultural, consolidando assim aspetos importantes e relevantes para a conservação de muitas espécies vegetais encontradas

no PNM. Segundo a metodologia apresentada no Plano de Ordenamento, os critérios que dão base para concluir que uma determinada espécie vegetal necessita de uma maior atenção, e, portanto, necessita de ações para promover sua conservação são, diversidade, representatividade, maturidade, regenerabilidade, raridade, endemidade, relicismo, caráter finícola e funções geomorfológicas, climáticas, hidrológicas, edáficas e faunísticas.

Tendo por base este trabalho que visa analisar a configuração dos carvalhais presentes no PNM através das métricas da paisagem, é importante ter em consideração os critérios usados nessa metodologia, representatividade e maturidade, que são parâmetros de grande importância para uma análise completa de uma formação vegetal, como a qualidade e a quantidade de carvalhais clímax, respetivamente, ou os carvalhais com função faunística, ou seja, pelas espécies animais que dependem deles (ICN, 2007).

O Plano de Ordenamento do PNM apresenta um gráfico que mostra com clareza que os Bosques Caducifólios Mesofílicos de Rochas Básicas (Carvalhais), apresentam o segundo maior valor de interesse de conservação (ICN, 2007) (Figura 8). No gráfico, o interesse de conservação resume 4 níveis: valor excepcional, superior a 120; valor alto, entre 90 e 120; valor médio, entre 70 e 90; valor baixo, inferior a 70.

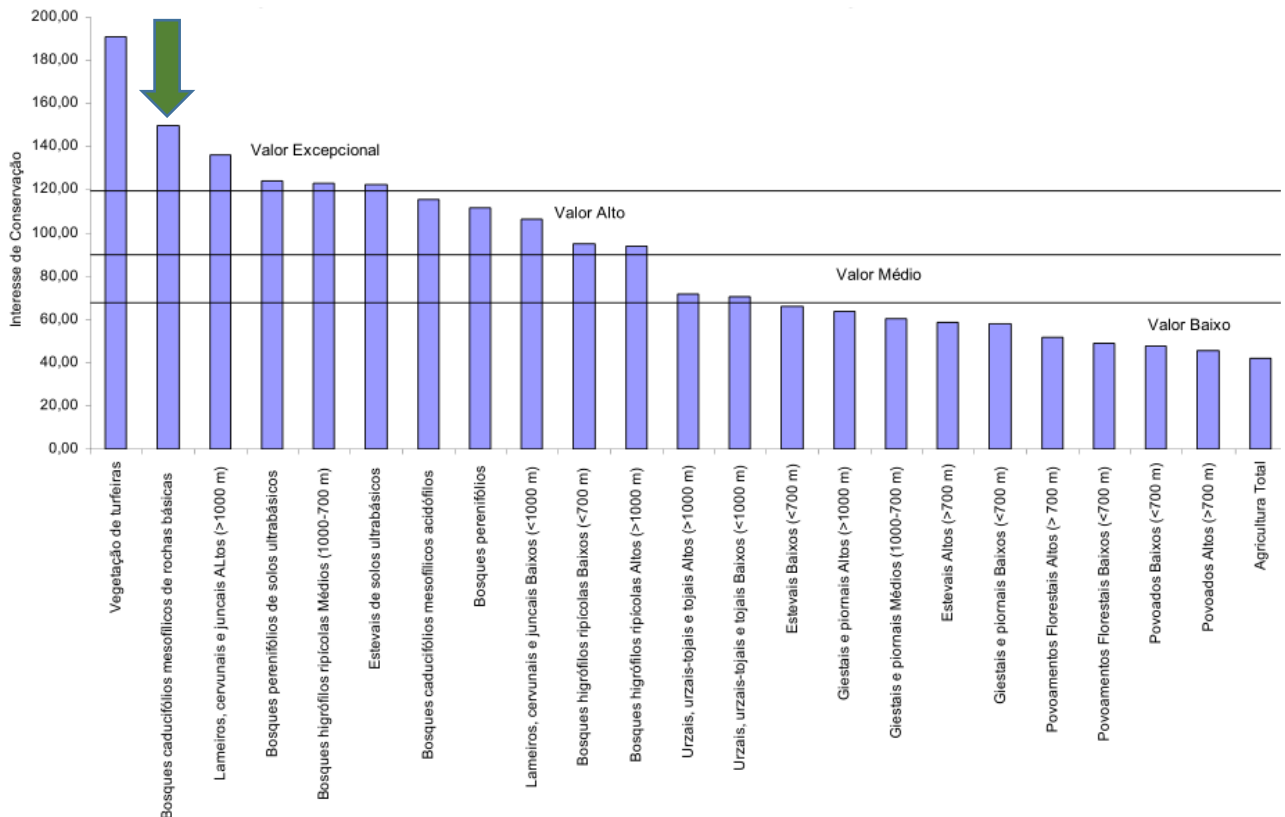


Figura 8 - Avaliação do interesse de conservação da vegetação do PNM.

Fonte: ICN (2007).

3.2 Metodologia e Aplicação

Foram trabalhadas duas fontes de informação geográfica, uma relativa à cartografia Corine Land Cover (CLC) e outra a Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental (COS). A primeira fonte corresponde aos anos de 2006 e 2012. A CLC resulta do programa CORINE (CO-ordination of Information on the Environment) de 1985 pela Comunidade Europeia, que vem desenvolvendo um sistema de informação geográfica sobre o estado do ambiente a nível europeu, produzindo mapas de ocupação do solo para os países da União Europeia. As imagens que estiveram na base da sua elaboração foram obtidas através dos satélites SPOT-4 e IRS P6, com escala nominal de 1/100000 e unidade mínima cartográfica (MMU - Minimum mapping Unit) de 25 ha para a CLC 2012 e 5 ha para a CLC 2006. A nomenclatura Corine tem 44 classes agrupadas numa hierarquia de 3 níveis (DGT, 2017, Copernicus, 2017a e Copernicus, 2017b). Já a COS é do ano de 2007, produzida com base na interpretação visual de imagens aéreas ortorrectificadas, adquiridas entre julho e outubro de 2007, conjuntamente com a ajuda de informações auxiliares. Apresenta uma unidade mínima cartográfica de 1 ha e 193 classes de solo ao nível mais detalhado dos seus cinco níveis hierárquicos (DGT, 2017). É importante deixar claro que a cartografia CLC sendo elaborada a nível Europeu apresenta classificações das suas classes de ocupação do solo mais homogeneizadas, já a COS foi elaborada somente para Portugal, expressando um gama de detalhes mais significativo.

Estes três mapas vetoriais foram trabalhados no *software* livre QGIS 2.18.1, um “open source” (QGIS Development Team, 2017), delimitando a área do PNM e retendo apenas as classes de ocupação do solo trabalhadas (Florestas e áreas semi-naturais; Florestas e Florestas de folhosas para CLC 2006 e CLC 2012) e (Florestas e meio naturais e semi-naturais; Florestas; Florestas de folhosas; Florestas de outras folhosas; Florestas de outros carvalhos para COS 2007) (Figura 9 a 11). Após essa transferência dos mapas para o QGIS, eles necessitaram sofrer um processo rasterização, que nada mais é que a conversão de um mapa vetorial para um mapa raster, ou seja, uma matriz numérica. Somente assim, os dados podem ser aplicados no *software* FRAGSTATS para o cálculo das métricas. É importante lembrar que o processo de rasterização, tanto para COS quanto para CLC foi executado para cada nível hierárquico a partir de seus respectivos mapas vetoriais. Dessa forma o mapa vetorial da COS 2007 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) foi rasterizados a partir de seu mapa base (Anexo 1) com todas classes de ocupação do solo presente no PNM, e para os mapas CLC 2006 e 2012 (Figura 9 e

10) o mesmo processo foi realizado (Anexo 2). Os mapas foram definidos tendo por limites Xmin: 76000 e Xmáx: 136000 e Ymin: 228000 e Ymáx: 261000 no referencial UTM, com uma resolução de 2000 colunas por 1100 linhas, relativa a uma resolução de 30 m por 30 m, ou seja, 900 m² de área por pixel.

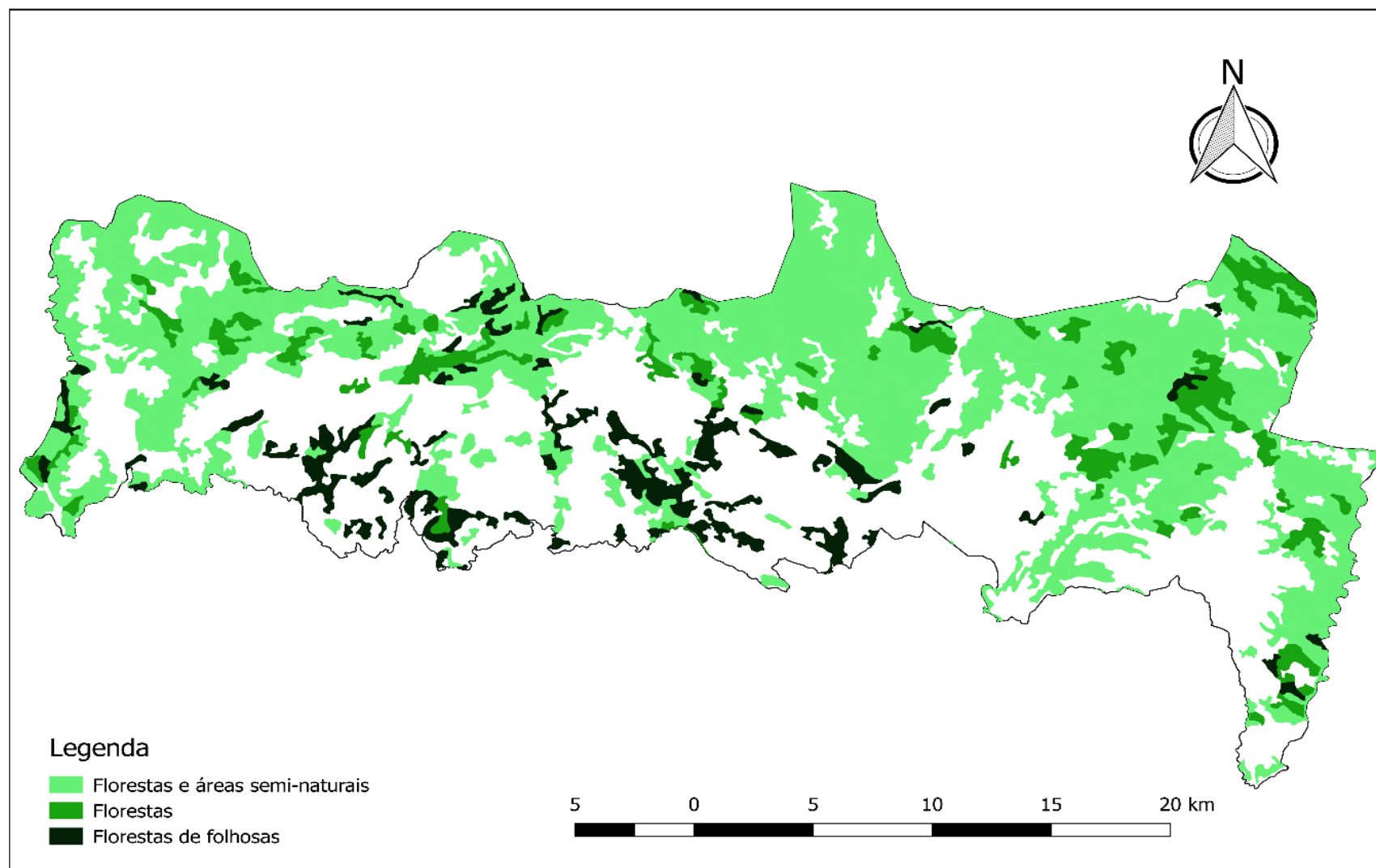


Figura 9 - Configuração das classes de ocupação do solo da CLC investigadas segundo 2006.

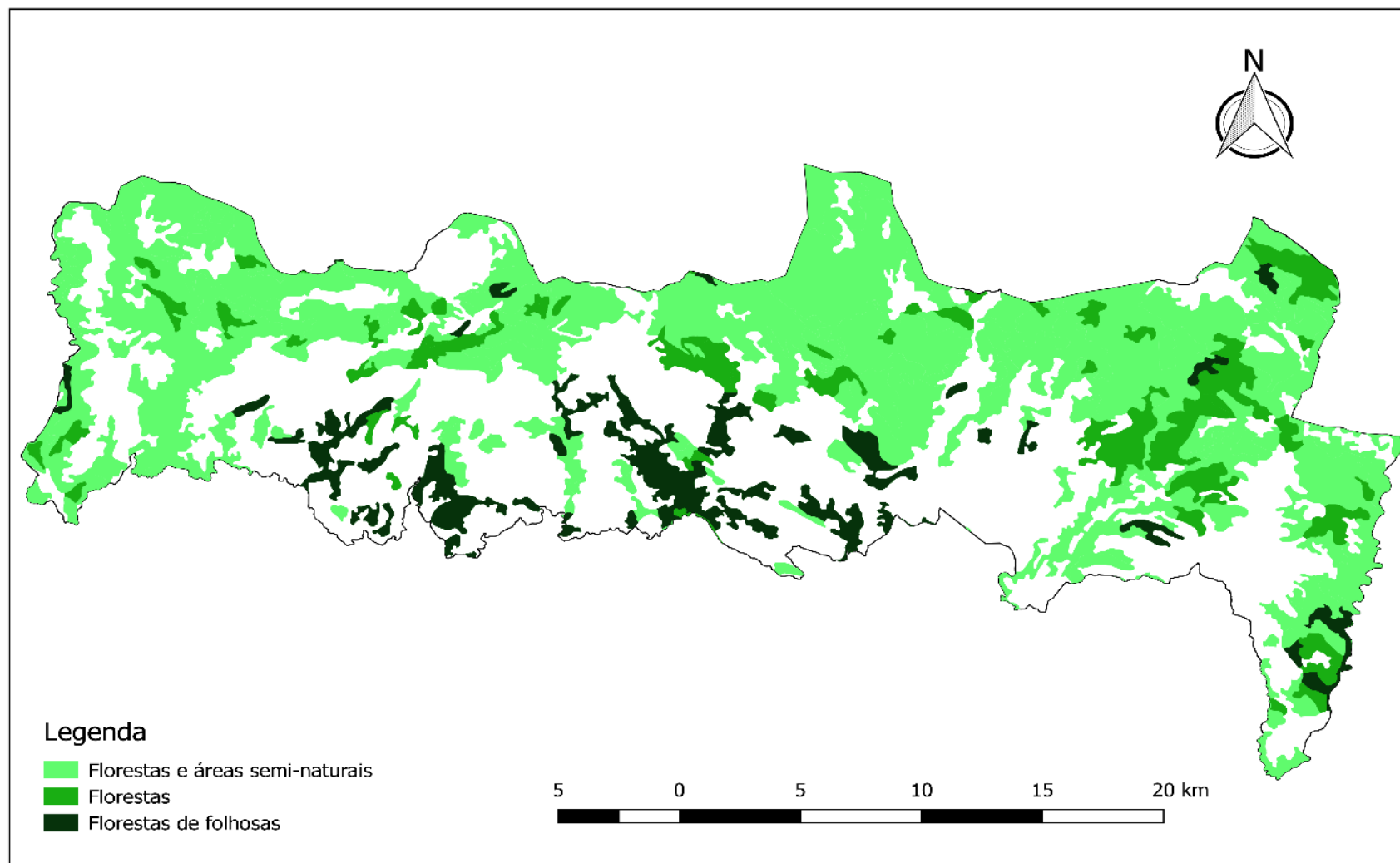


Figura 10 – Configuração das classes de ocupação do solo da CLC investigadas segundo 2012.

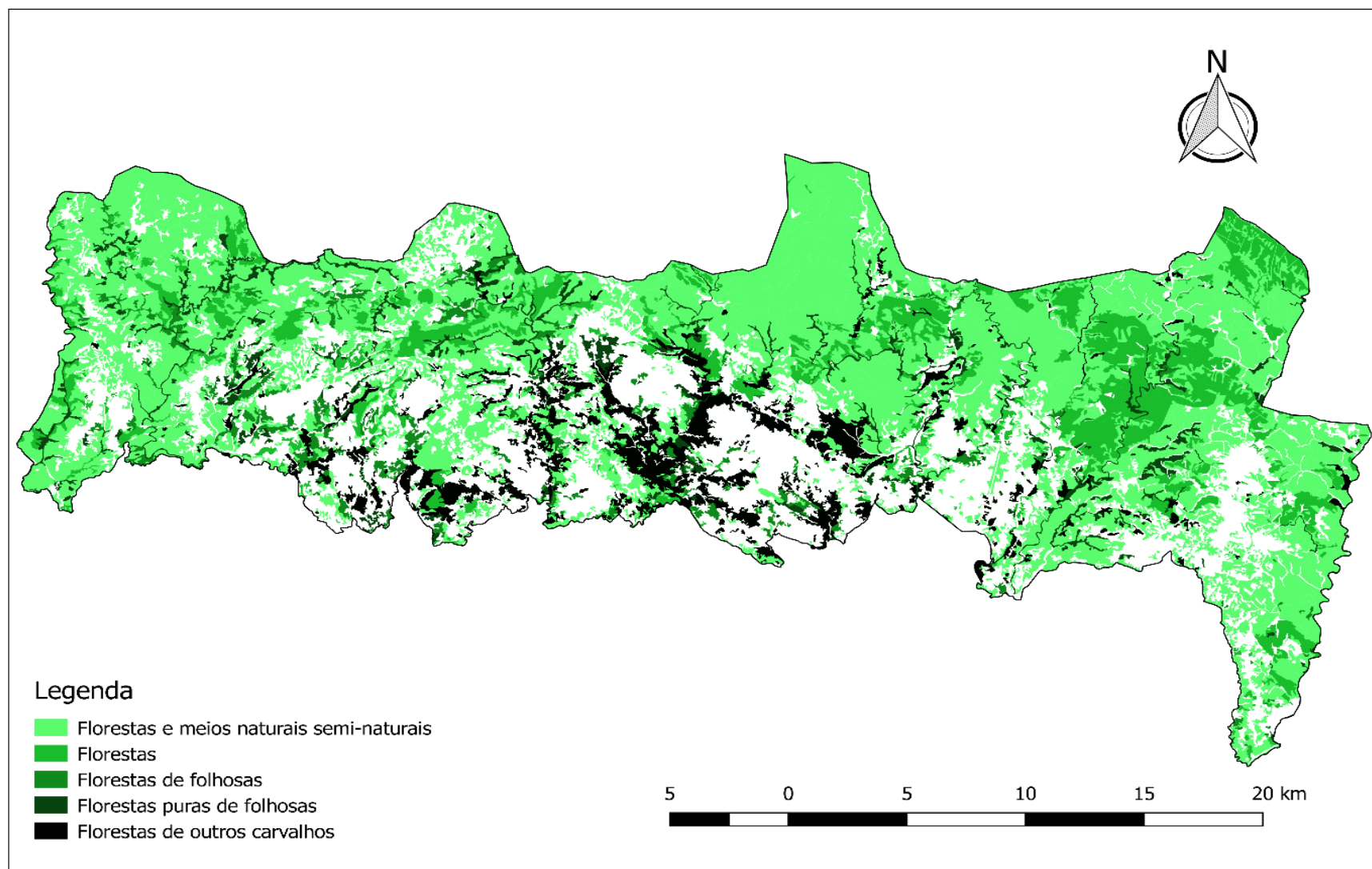


Figura 11 - Configuração das classes de ocupação do solo da COS investigadas segundo 2007.

Posteriormente ao processo de rasterização da informação geográfica, onde se modela e se transforma a informação geográfica, os dados foram transportados e trabalhados no *software* FRAGSTATS versão 4.2.1 (McGarigal *et al.* 2012), que incorpora inúmeras métricas.

Foram selecionadas 6 delas para a análise dos mapas vetoriais. A escolha das métricas para a análise de uma paisagem deve ser cautelosa. No trabalho de Hargis *et al.* (1998), foram selecionadas 6 métricas da paisagem: densidade de orla (ED), contágio (CONTAG), distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN), índice médio de proximidade (PROX_MN), dimensão fractal da área perimetral (PAFRAC) e dimensão fractal da massa (FRAC_MN), que segundo os autores, são fundamentais para caracterizar uma determinada paisagem. A escolha de métricas de análise de uma paisagem deve ter em conta os processos que se pretendem avaliar e os padrões que os traduzem. Apontam-se alguns problemas que ocorrem pelo uso incorrecto das métricas, derivados de falhas conceituais na análise da estrutura da paisagem, como por exemplo, quantificar o seu padrão sem considerar os processos que lhe estão na origem e uso demasiado de métricas, afetando os resultados finais da análise (Li e Wu, 2004).

A escolha das métricas a serem utilizadas depende do processo ecológico em causa, e dessa forma, para a análise da configuração da paisagem no ecótono amazônico-savana no noroeste do Brasil, onde o local de estudo sofreu intensas transformações de uso e ocupação do solo, as métricas selecionadas por Garcia *et al.* (2017) foram o maior índice de mancha (LPI), a área média da mancha (AREA_MN), a densidade de orla (ED), a média da relação perímetro-área (PARA_MN), core área (CORE_MN) e índice médio de proximidade (PROX_MN).

Diante das inúmeras possibilidades de métricas para a análise de cada um dos três mapas (CLC 2006 e 2012, COS 2007), as métricas foram selecionadas com base na paisagem alvo que consideramos importante para descrever a configuração dos carvalhais, a informação singular e sua disponibilidade na literatura para comparar os resultados com estudos anteriores e recentes descritos na literatura, como de Pereira *et al.* (2001); Hargis *et al.* (1998); Couto (2004); Batista (2014) e Uuemaa *et al.* (2009). São elas a Área total da classe (CA), que corresponde a área de todas as manchas da classe em hectares; Número de manchas (NP), que corresponde ao número total de manchas da classe que está sendo estudada; Densidade de orla (ED), que é explícito pelo número total de orlas de uma determinada classe, dividido pela área total em hectares; Índice médio de proximidade (PROX_MN), que enuncia a soma de cada área das manchas de mesma classe em metros quadrados, dividida pela distância orla-a-orla mais próxima, elevada ao quadrado, considerando somente as manchas dentro de um determinado raio de busca;

Distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN), que indica a soma de todas as distâncias entre cada mancha e o vizinho mais próximo de mesma classe, dividido pelo número de manchas da classe, e a última métrica, Índice de conectividade (CONNECT) que exibe o número de uniões funcionais entre as manchas do mesmo tipo, dividido pelo número total de uniões possíveis entre todas as manchas do mesmo tipo, multiplicado por 100 para expressar o valor em porcentagem. Estas 6 métricas escolhidas disponibilizam a informação básica para a análise da conectividade do carvalhal no PNM, não cometendo assim o erro de abordar um excesso de informação redundante e, eventualmente, confusa. Para a métrica PROX_MN e CONNECT foi necessário estabelecer um parâmetro de 500 m para o raio da distância dentro do qual o programa vai procurar manchas da mesma classe (McGarigal *et al.* 2012) e (Volotão, 1998), Este valor foi estabelecido devido a análise de estudos descritos na literatura já citados anteriormente, mostrando assim um valor favorável de distância entre as manchas de carvalhais no Parque, para o interesse de conservação do carvalhal.

A escolha das seis métricas como já mencionado, foi com base em trabalhos anteriores que reforçam sempre a necessidade de não utilização um excesso de métricas. No trabalho de Couto (2004) é afirmado que as 33 métricas calculadas podem ser completamente substituídas por 5 métricas, sendo elas: Índice de Área do Núcleo (CAI_MN); Índice de Uniformidade de Simpson's (SIEI), Área total (CA); Riqueza das manchas (PR) e Dimensão Fractal (FRACT_MN).

Já no trabalho de Pereira *et al.* (2001) as métricas foram escolhidas de forma que abrangessem todos os oito grupos de métricas encontradas no FRAGSTATS: métricas de área (CA), de manchas (NP), de orlas (ED), de forma (LSI), de área (C%LAND), de vizinho mais próximo (ENN_MN), de diversidade (SIDI), de contágio e agrupamento (CONTAG).

Assim é possível através do estudo de literaturas passadas e o conhecimento da área de estudo, determinar um número de métricas que disponibilizam a informação básica e essencial para a análise da conectividade do carvalhal no PNM, não cometendo o erro de abordar um excesso de informação redundante e, eventualmente, confusa.

Todas as métricas escolhidas foram calculadas para o nível de classe, correspondendo o Número de manchas (NP) ao grupo de métricas de “manchas”; Índice médio de proximidade (PROX_MN) e Distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN) ao grupo de métricas de “vizinho mais próximo”; a métrica Área total da classe (CA) ao grupo de métricas de “área”; Densidade de orla (ED) ao grupo de “orla” e pôr fim a métrica Índice de conectividade (CONNECT) pertencente ao grupo de métricas de “agregação”.

As métricas escolhidas foram calculadas para cada mapa contendo classes de ocupação do solo que integram os carvalhais nas respectivas classificações CLC e COS, interpretando o seu comportamento ao longo dos diversos níveis das suas hierarquias, desde os mais gerais até os mais específicos.

4 RESULTADOS

Este estudo analisa as classes de ocupação com florestas, desde as mais generalistas até às mais específicas (carvalhais), comparando os resultados encontrados para as métricas de classe para cada mapa, CLC 2006 e 2012, e COS 2007, interpretando assim as diferenças de resultados.

Para a CLC 2006, foram obtidos valores das seis métricas da paisagem (Tabela 1), segundo os níveis da legenda da CLC (Anexo 2), onde os níveis hierárquicos correspondentes aos carvalhais se apresentam em níveis específicos - 3.1.1 = Florestas de folhosas, até os mais globais - 3 = Florestas e áreas semi-naturais e 3.1 = Florestas. Para o mapa vetorial CLC 2012, os valores das 6 métricas da paisagem também foram calculados (Tabela 2) segundo os níveis da legenda da CLC (Anexo 2), onde os níveis hierárquicos correspondem igualmente aos níveis apresentados para o mapa CLC 2006.

As seis métricas da paisagem calculadas para o mapa COS 2007, também seguiram o mesmo padrão de cálculo embora com uma sucessão de níveis hierárquicos maior inerente à respetiva classificação (Anexo 3), 3 = Florestas e meios naturais e semi-naturais; 3.1 = Florestas; 3.1.1 = Florestas de folhosas; 3.1.1.01 = Florestas puras de folhosas; e por fim, 3.1.1.01.3 = Florestas de outros carvalhos, correspondentes aos carvalhais (Tabela 3).

Tabela 1 – Valores das métricas da paisagem para o mapa CLC 2006.

Níveis Hierárquicos	CA (ha)	NP	ED (m/ha)	PROX_MN	ENN_MN (m)	CONNECT (%)
3 = Florestas e áreas semi-naturais	40633	70	6,83	2109,44	231,53	2,98
3.1 = Florestas	9395	106	4,31	62,41	451,90	1,24
3.1.1 = Florestas de folhosas	4290	73	2,33	38,60	608,52	1,67

Tabela 2 – Valores das métricas da paisagem para o mapa CLC 2012.

Níveis Hierárquicos	CA (ha)	NP	ED (m/ha)	PROX_MN	ENN_MN (m)	CONNECT (%)
3 = Florestas e áreas semi-naturais	42683	51	6,50	2969,07	218,60	4,55
3.1 = Florestas	10457	95	3,97	88,39	446,39	1,30
3.1.1 = Florestas de folhosas	4722	51	2,07	101,95	714,34	2,35

Tabela 3 - Valores das métricas da paisagem para o mapa COS 2007.

Níveis Hierárquicos	CA (ha)	NP	ED (m/ha)	PROX_MN	ENN_MN (m)	CONNECT (%)
3 = Florestas e meios naturais e semi-naturais	53358	379	21,99	58655,48	85,39	1,22
3.1 = Florestas	17895	795	20,02	514,46	115,13	0,59
3.1.1 = Florestas de folhosas	9715	692	14,21	174,86	141,81	0,61
3.1.1.01 = Florestas puras de folhosas	7653	639	11,77	137,14	163,39	0,60
3.1.1.01.3 = Florestas de outros carvalhos	4741	329	6,05	89,24	238,35	0,91

A partir dos resultados encontrados apresentados nas tabelas acima (Tabela 1 a 3), foram elaborados gráficos que enunciam o comportamento de cada métrica em seus respectivos níveis hierárquicos, para posterior análise, sempre levando em consideração as principais diferenças que estão na base de elaboração de cada informação geográfica, ou seja, a CLC 2006 e CLC 2012 foram elaboradas com base em imagens de satélites e a COS 2007 através de imagens aéreas e interpretação visual, além de que, são de anos diferentes.

A Figura 12 e 13 apresentam as 6 métricas da paisagem para o mapa CLC 2006, enunciando os seus respectivos comportamentos através dos 3 níveis hierárquicos, a Figura 14 e 15 mostram o comportamento das 6 métricas para o mapa CLC 2012 em seus níveis hierárquicos igualmente do mapa CLC 2006. Já a Figura 16 e 17 apresentam as 6 métricas para o mapa COS 2007, apresentando também o seu comportamento em relação aos seus 5 níveis hierárquicos.

5 DISCUSSÃO

A primeira comparação a ser realizada se diz respeito aos mapas CLC 2006 e CLC 2012, onde temos uma diferença de seis anos entre as informações analisadas. Analisando o comportamento da primeira métrica (**Figura 12 e 14**), NP, é possível observar que o número de manchas que representa os carvalhais em seu nível hierárquico 3.1.1 – Florestas de folhosas, diminui de um mapa para o outro, onde para 2006 temos 73 manchas e em 2012, 51 manchas. Porém esse decréscimo também é observado em seus outros níveis de florestas. Comparando os dois anos, pode-se afirmar que essas manchas podem ter se agregado, formando maiores manchas, sendo importante para a configuração dos carvalhais no PNM. McGarigal e Marks (1994) afirmam que um maior número de manchas é indicador de uma maior fragmentação da classe ou paisagem, embora tal deva ser analisado tendo em consideração o nível de detalhe do mapa base, além de que, é sempre necessário ter a informação da composição de cada elemento que compõe a floresta para uma mais perfeita validação dos dados. A métrica CA também apresentada na **Figura 12 e 14** mostra um aumento de área das áreas semi-naturais e florestas do ano de 2006 para 2012, além de um aumento aproximado de 400 ha de carvalhais, exibindo relação entre os mapas e conseqüentemente sobre a quantidade dos carvalhais no PMN. Esta métrica de área pode ser calculada em m² ou em ha, indicando que à medida que se diminui a área da classe, teremos mais classes a ocupar menor área (McGarigal e Marks, 1994). Em relação ao Índice de Proximidade (PROX_MN) também apresentado na **Figura 12 e 14**, há uma diminuição considerável do primeiro nível hierárquico (3 = Florestas e áreas semi-naturais) para o segundo nível (3.1 = Florestas) para as duas datas. Hargis *et al.* (1998) afirma em seu estudo que o tamanho da mancha afeta o índice de proximidade, uma vez que a área é usada no cálculo dessa medida. Comparando assim as duas datas, o comportamento desse índice indica valores favoráveis para o interesse de conservação dos carvalhais, pois há um aumento do índice de proximidade do mapa CLC 2006 (38,60) para o CLC 2012 (101,94). Considerando que o tamanho e a proximidade mínima entre manchas são calculados entre as orlas dessas manchas, é um valor positivo para informação sobre a configuração espacial dos carvalhais, pois mostra que eles estão substancialmente conectados no PNM. O uso do índice de proximidade pode ser difícil de interpretar ecologicamente, pois segundo Hargis *et al.* (1998) ligeiras diferenças na disposição espacial das manchas podem variar muito os valores observados.

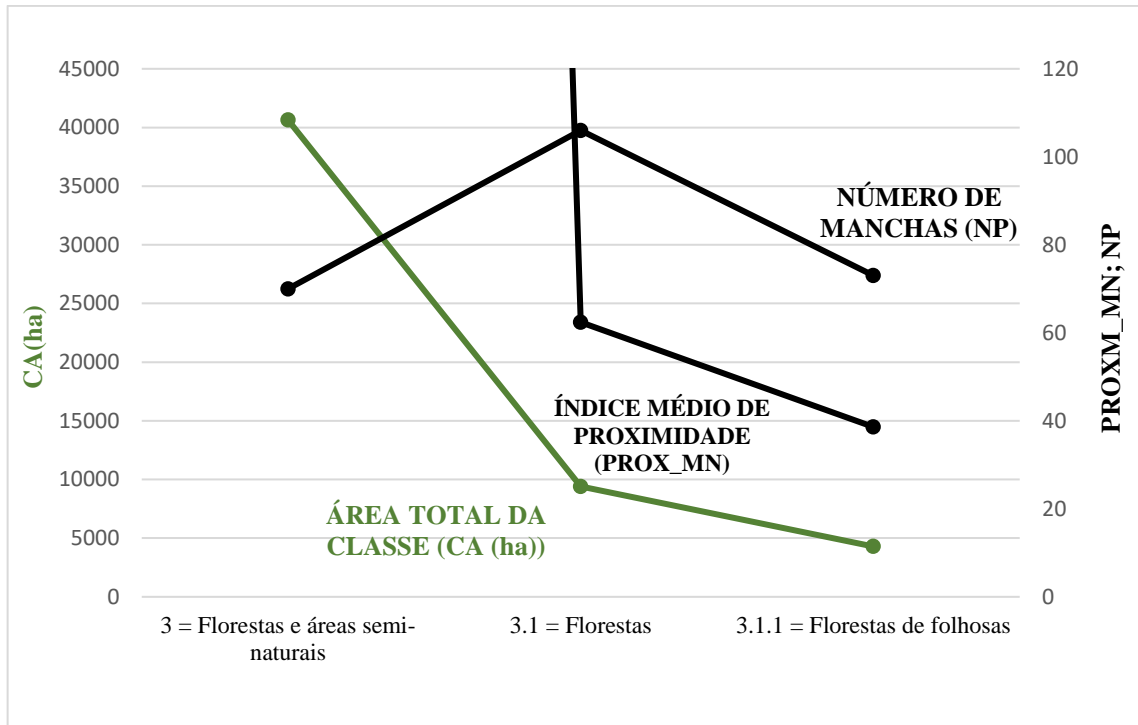


Figura 12 - Comportamento das métricas CA, PROX_MN e NP para a hierarquia da CLC 2006.

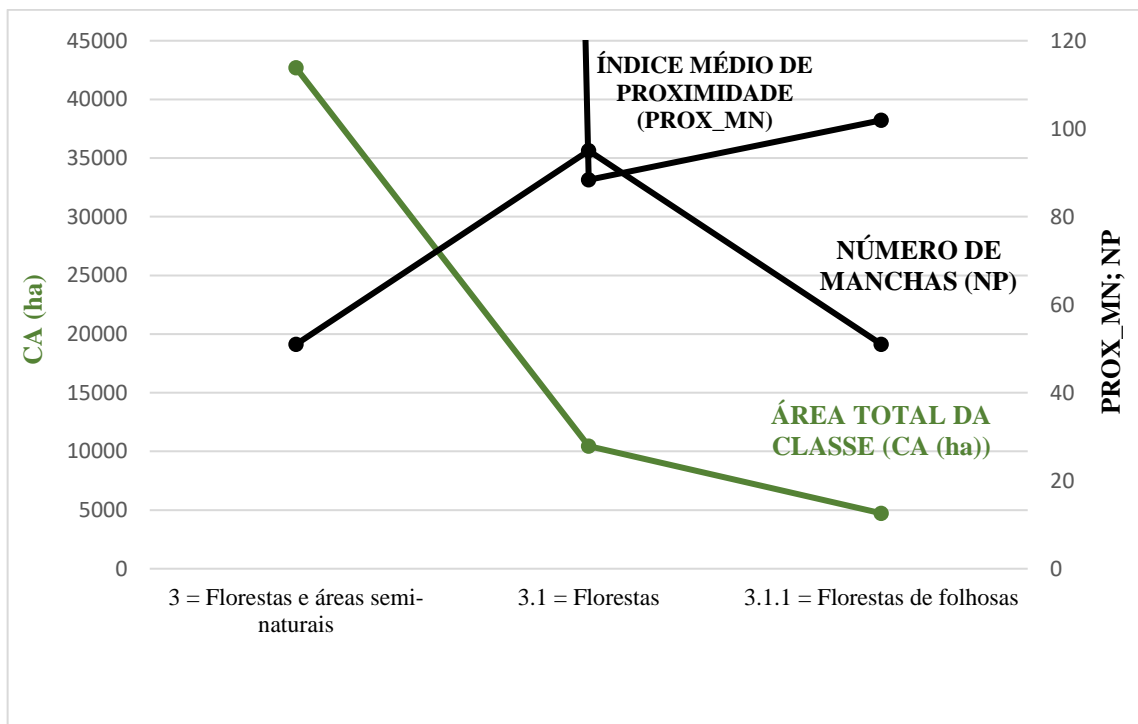


Figura 14 - Comportamento das métricas CA, PROX_MN e NP para a hierarquia da CLC 2012.

Analisando agora as outras 3 métricas para cada data (2006 e 2012) (Figura e 15) são também comparados os seus comportamentos para os 3 níveis hierárquicos. Os aumentos de orla são um dos efeitos iniciais da fragmentação do habitat e são efetivamente quantificados

pela métrica de densidade de orla (Hargis *et al.* 1998). A métrica densidade de orla (ED) enuncia o total de orla dividido pela área das manchas, podendo ser calculada por m/m^2 ou como no trabalho, onde são calculadas por m/ha . A métrica mostra um comportamento semelhante para os dois mapas, onde ao longo dos seus níveis hierárquicos, diminui. É natural que a densidade de orla aumenta com a perturbação crescente da floresta (Hargis *et al.* 1998). Os valores observados apontam que os carvalhais não sofreram grandes efeitos de orla e a maioria das manchas de carvalho não estão localizadas nas orlas da floresta, e sim no seu interior, informação essa, importante para a manutenção e prospeção dos carvalhais.

A análise de métricas de vizinho mais próximo, como o PROX_MN ou mesmo o ENN_MN podem levar a conclusões sobre o nível de isolamento das manchas e ao grau de fragmentação da paisagem (Lucas e Fonseca, 2011). Em relação à métrica ENN_MN, importante para análise da fragmentação de um determinado tipo habitat, calculada em metros, esta define a distância média orla a orla entre uma mancha e sua vizinha mais próxima na paisagem, produzindo valores absolutos. Pode ser usada para avaliar distâncias entre as manchas remanescentes do habitat original quando a perturbação é alta ou baixa (Hargis *et al.* 1998). Analisando os valores encontrados para cada data é observado que a distância média do vizinho mais próximo aumenta consecutivamente através dos níveis hierárquicos (**Figura 9** e **Figura 10**), e em relação ao nível do carvalho, essa distância média cresce de 2006 para 2012 (608,52 m para 714,34 m), estabelecendo assim uma alta ligação entre as duas cartografias. Segundo Calegari *et al.* (2010), altos valores indicam altas oscilações para distâncias entre manchas, prejudicando o fluxo genético. Explorando a **Figura 9** e **Figura 10** é possível observar que além de manchas de carvalhais isoladas no PNM, existem grandes manchas de carvalhais que no ano de 2006 estavam mais afastadas, e no ano de 2012 houve a união dessas manchas, como foi observado na relação entre as métricas anteriormente discutidas, podendo explicar o valor médio alto da distância ao vizinho mais próximo. Esta distância cresce à medida que se aumenta o número de variáveis (McGarigal e Marks, 1994), dessa forma não se pode afirmar que os carvalhais estão isolados em sua totalidade, mas sim que estão presentes no PNM agrupados separadamente e em manchas isoladas.

Para a métrica CONNECT, que representa a percentagem de área da mancha que estão a menos de uma determinada distância, os valores diferentes de zero significam que há conexão entre as manchas a uma certa distância, sendo que maiores valores indicam uma maior conexão entre eles (Escada, 2011). Segundo McGarigal *et al.* 2012, cada par de manchas estão conectados ou não, com base em um critério de distância especificado pelo usuário, onde no

presente trabalho foi estabelecido um valor de 500 m, igualmente para a métrica PROX_MN. Dessa forma, analisando os valores encontrados para as duas datas (Figura e 15) é possível deduzir que os valores das métricas aumentam do segundo nível (3.1 = Florestas) para o nível que corresponde aos carvalhais (3.1.1 = Florestas de folhosas), indicando conectividade entre as manchas de carvalhos. Analisando também o aumento do valor do mapa CLC 2006 de (1,67%) para CLC 2012 (2,35%), indicando maior conectividade carvalhais ao passar dos anos.

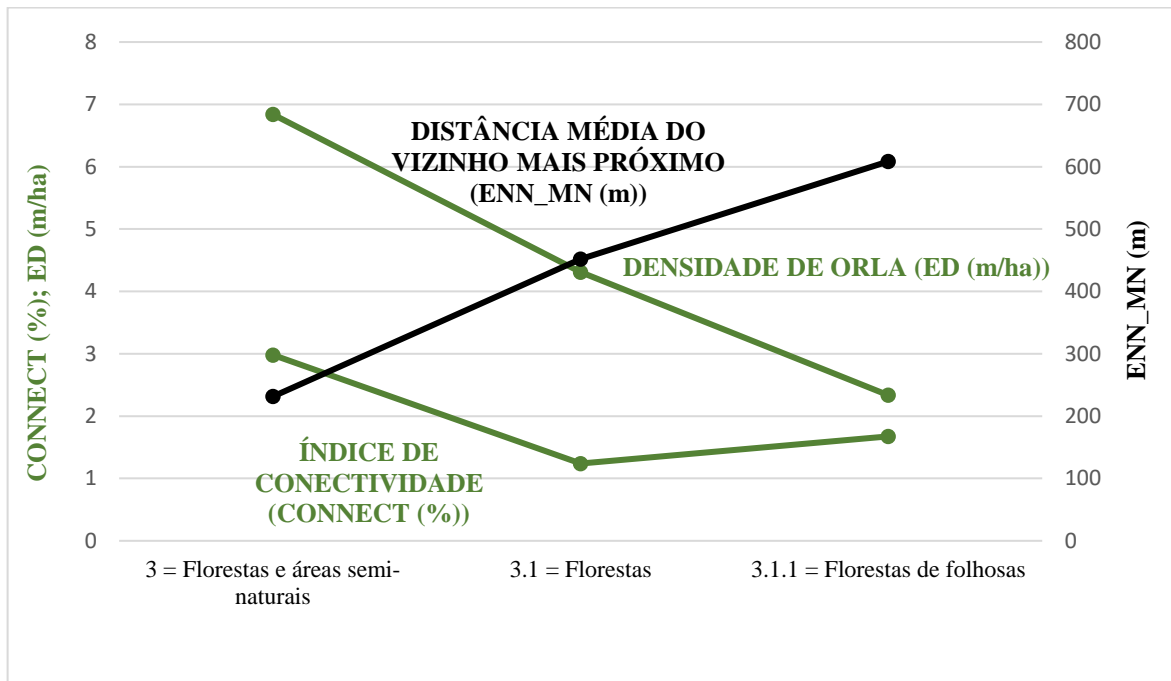


Figura 13 - Comportamento das métricas CONNECT, ED e ENN_MN para a hierarquia da CLC 2006.

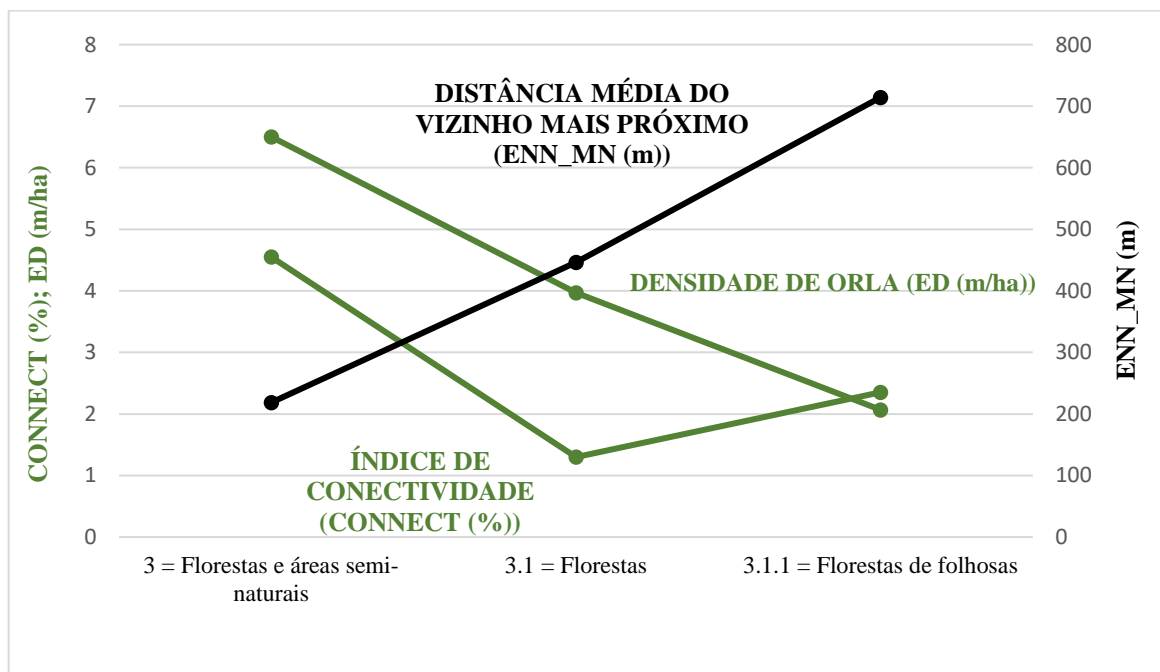


Figura 15 - Comportamento das métricas CONNECT, ED e ENN_MN para a hierarquia da CLC 2012.

A comparação realizada entre as cartografias CLC (2006 para com a 2012), referenciando apenas a diferença de datas, mostrou, além de uma amostra significativa da configuração e conectividade do carvalho-negral no PNM, exibiu também, uma evolução da vegetação tanto nas áreas semi-naturais e florestas, quanto dos carvalhais, indicando resultados fundamentais para o interesse de conservação e preservação da espécie.

Na comparação entre CLC 2006 e a COS 2007, é importante levar em consideração o fato do mapa vetorial COS ser elaborado através de imagens aéreas e o mapa vetorial CLC através de imagens de satélites, ainda que os mapas tenham uma diferença de 1 ano, que não se mostra muito significativo em termos de evolução da paisagem. Devido a diferença de níveis encontrados entre as duas cartografias (CLC, 3 níveis hierárquicos e COS, 5 níveis) a comparação será abordada relativamente ao comportamento das classes que integram os carvalhais.

Para a métrica NP (Figura 12 e 16), quando comparada essa métrica calculada para o nível hierárquico que designa os carvalhais (3.1.1.01.3 – Florestas de outros carvalhos para COS 2007) e (3.1.1 = Florestas de folhosas para CLC 2006), o resultado obtido para o primeiro é quase 5 vezes maior quando comparado com o resultado obtido para o mapa CLC. Já a métrica CA mostra valores próximos em relação a área ocupada pelos carvalhos no PNM (4290,66 ha para CLC e 4741,47 ha para COS). A última métrica comparada entre os mapas (Figura 12 e 16), PROX_MN, apresenta valores não equivalentes, sendo porém, valores diferentes de zero, indicando uma boa conectividade entre as manchas de carvalhais.

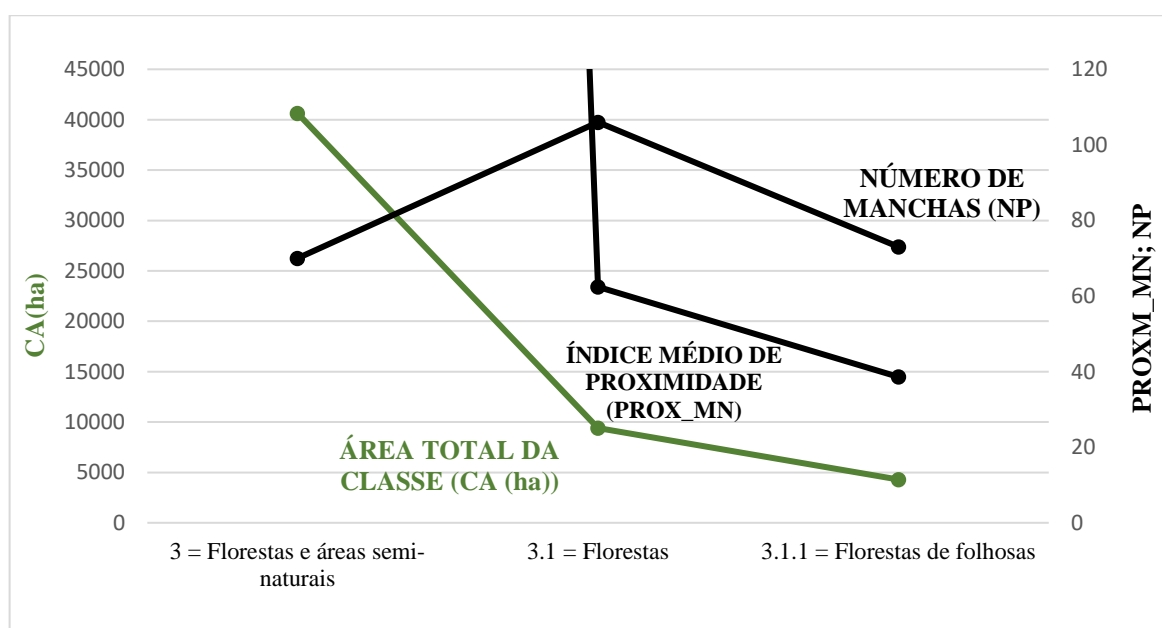


Figura 12 - Comportamento das métricas CA, PROX_MN e NP para a hierarquia da CLC 2006.

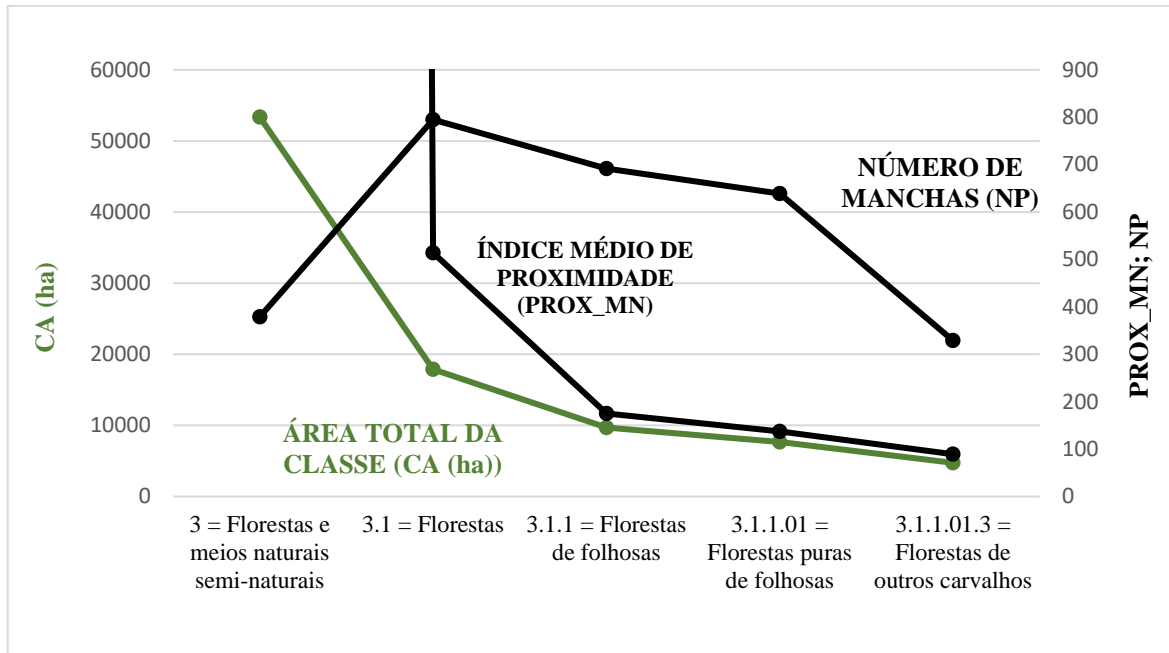


Figura 16 - Comportamento das métricas CA, PROX_MN e NP para a hierarquia da COS 2007.

A tendência que se nota do comportamento das métricas em relação os seus níveis hierárquicos é muito equivalente em comparação aos mapas, porém é notável grande variação de resultados para as 3 primeiras métricas comparadas entre os mapas. Como Hoechstetter (2009) explica, o cálculo das métricas não consideram o relevo da superfície terrestre e a existência de gradientes ecológicos, além de que, não julgam o valor da composição dos padrões, tais como o tipo de vegetação, densidade, e a existência de espécies raras. Como pode ser constatado na visita a campo (Figura), a devastação pelo fogo é potente e pode induzir erros na interpretação das métricas por excluir muitos carvalhais dessa área, ou clareiras para plantação de castanheiro, que já foram e vem sendo abertas (Figura).



Figura 18 – Carvalho em regeneração após o fogo (PNM).



Figura 19 – Abertura de clareira em carvalho para plantação de castanheiros (PNM).

Nas últimas três métricas a serem comparadas (Figura e 17), a métrica ED apresenta valores diferentes para cada mapa (6,04 m/ha para COS e 2,33 m/ha para CLC). Através de seus níveis hierárquicos, como podem ser observados nos gráficos (Figura e 17), os valores diminuem, indicando um reduzido efeito de orla para os carvalhais. Outra métrica com valores consideravelmente divergentes entre as cartografias é a ENN_MN (608,52 m para CLC e 238,34 m para COS). A subdivisão ou fragmentação de um tipo de habitat pode afetar particularmente uma espécie ou um processo ecológico e quanto maior for a distância média entre a mancha e as restantes manchas da mesma classe, maior será o isolamento dessa mancha (Batista, 2014). Por fim, a métrica CONNECT apresenta valores relativamente próximos (0,91% para COS e 1,67% para CLC 2006) em comparação com as duas cartografias, apresentando conectividade dos carvalhais no PNM. Aqui também notamos a grande equivalência na tendência do comportamento das métricas, porém, mais uma vez os valores encontrados e comparados de cada métrica foram totalmente divergentes.

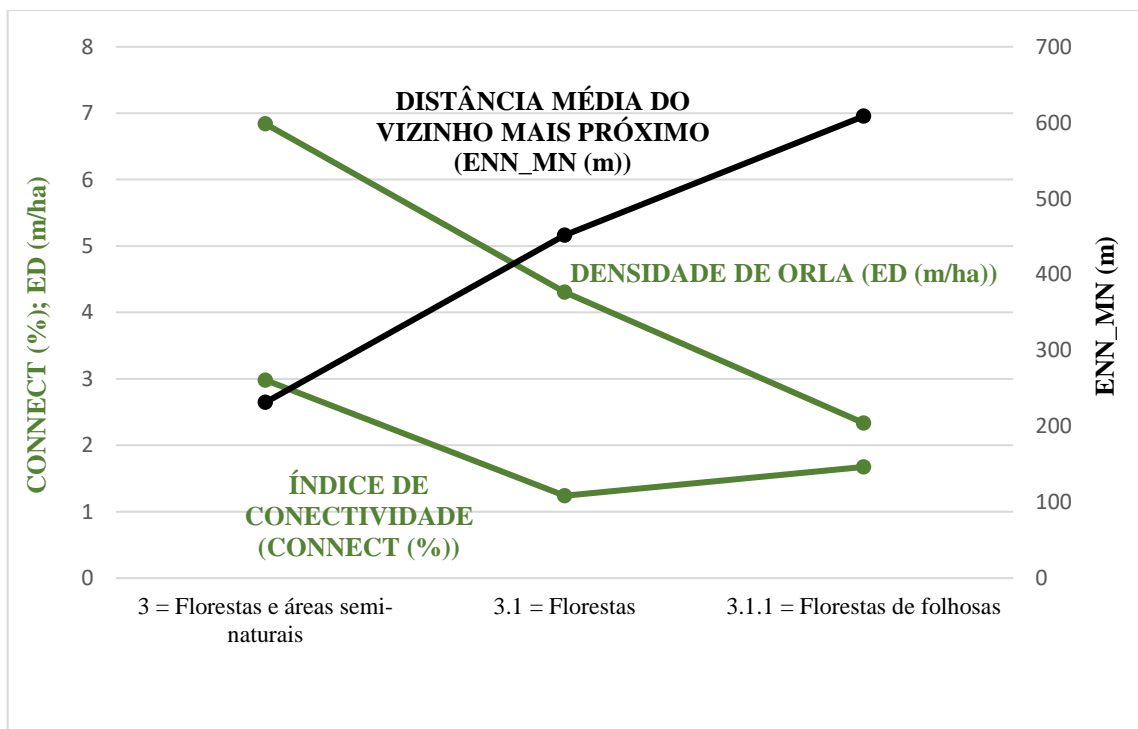


Figura 13 - Comportamento das métricas CONNECT, ED e ENN_MN para a hierarquia da CLC 2006.

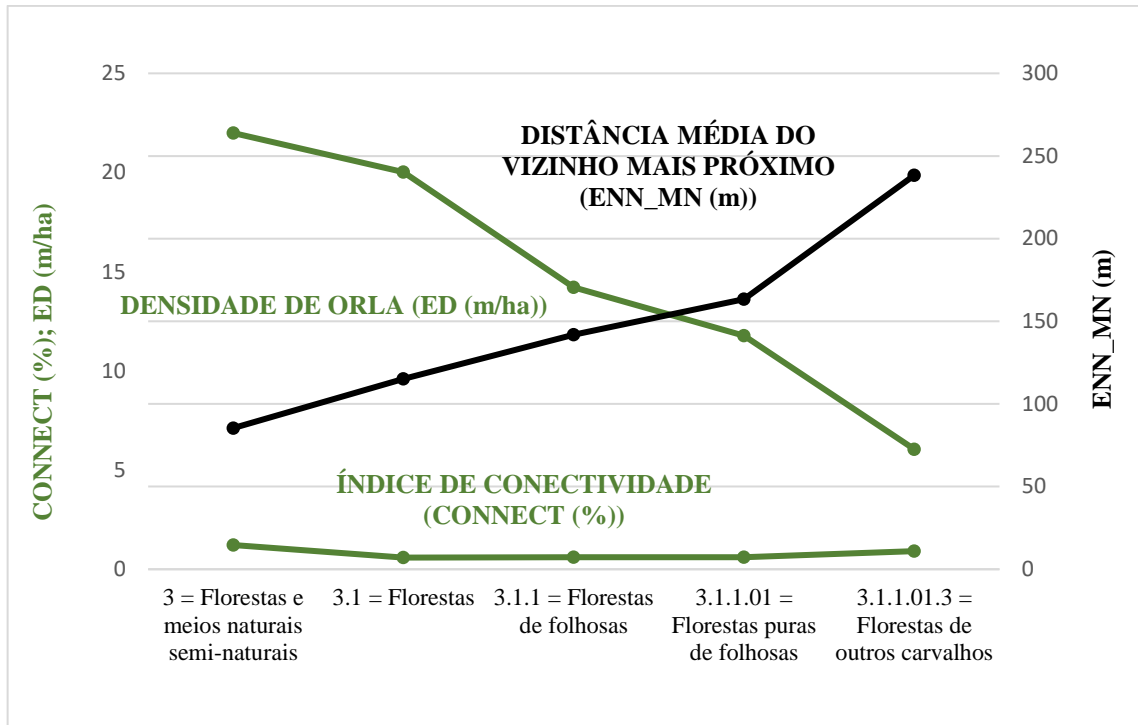


Figura 17 - Comportamento das métricas CONNECT, ED e ENN_MN para a hierarquia da COS 2007.

Atendendo à variação de resultados encontrados nas métricas e respectivos níveis para cada mapa, é importante responder a uma pergunta. Qual o significado ecológico da aplicação de métricas da paisagem e qual o motivo a essa variação de resultados?

Buyantuyev e Wu (2007) publicaram os resultados da análise dos efeitos da resolução temática na análise dos padrões da paisagem e da detecção de alterações ao longo do tempo, concluindo que: 1- diferentes resoluções temáticas podem conduzir a diferenças consideráveis nas métricas de paisagem; 2- os efeitos da resolução temática tendem a exibir alguns padrões gerais: aumento e diminuição, sem erros; 3- o efeito da resolução temática pode afetar significativamente a consistência das métricas de paisagem na caracterização dos padrões espaciais e temporais da paisagem.

Batista (2014) menciona também duas das limitações mais comuns no cálculo das métricas, que são as respostas variáveis às alterações no padrão da paisagem e as dificuldades em interpretar as métricas de paisagem uma vez que diversos índices têm respostas semelhantes em diferentes tipos de paisagens.

A paisagem evolui continuamente sob a influência de processos naturais e antrópicos. Dessa forma, a paisagem, caracterizada pela sua estrutura, função e dinâmica, e sua estrutura, caracterizada pela sua composição e configuração, afeta a infiltração da água no solo pela

densidade da vegetação, pela geologia, solo e declive, e que por sua vez, afeta o crescimento da própria vegetação através da disponibilidade de água para as plantas (Batista, 2014). Assim podemos afirmar que as métricas da paisagem são adequadas para caracterizar as paisagens e aportam informações importantes sobre o estado da vegetação de um determinado local, bem como outros aspetos fundamentais em uma paisagem natural, mas exigem cuidado na sua análise e suas interpretações.

A interpretação das métricas de paisagem só é possível quando os valores de cada medida são totalmente compreendidos e o utilizador está ciente de mudanças potenciais no intervalo de valores quando aplicados a paisagens com características estruturais diferentes (Hargis *et al.* 1998).

Outra limitação das métricas é a sua sensibilidade a resolução espacial. Como pode ser visto na Figura a presença de carvalho na encosta, entre pinheiro que predomina em campo inclinado, não foi considerado no cálculo das métricas.

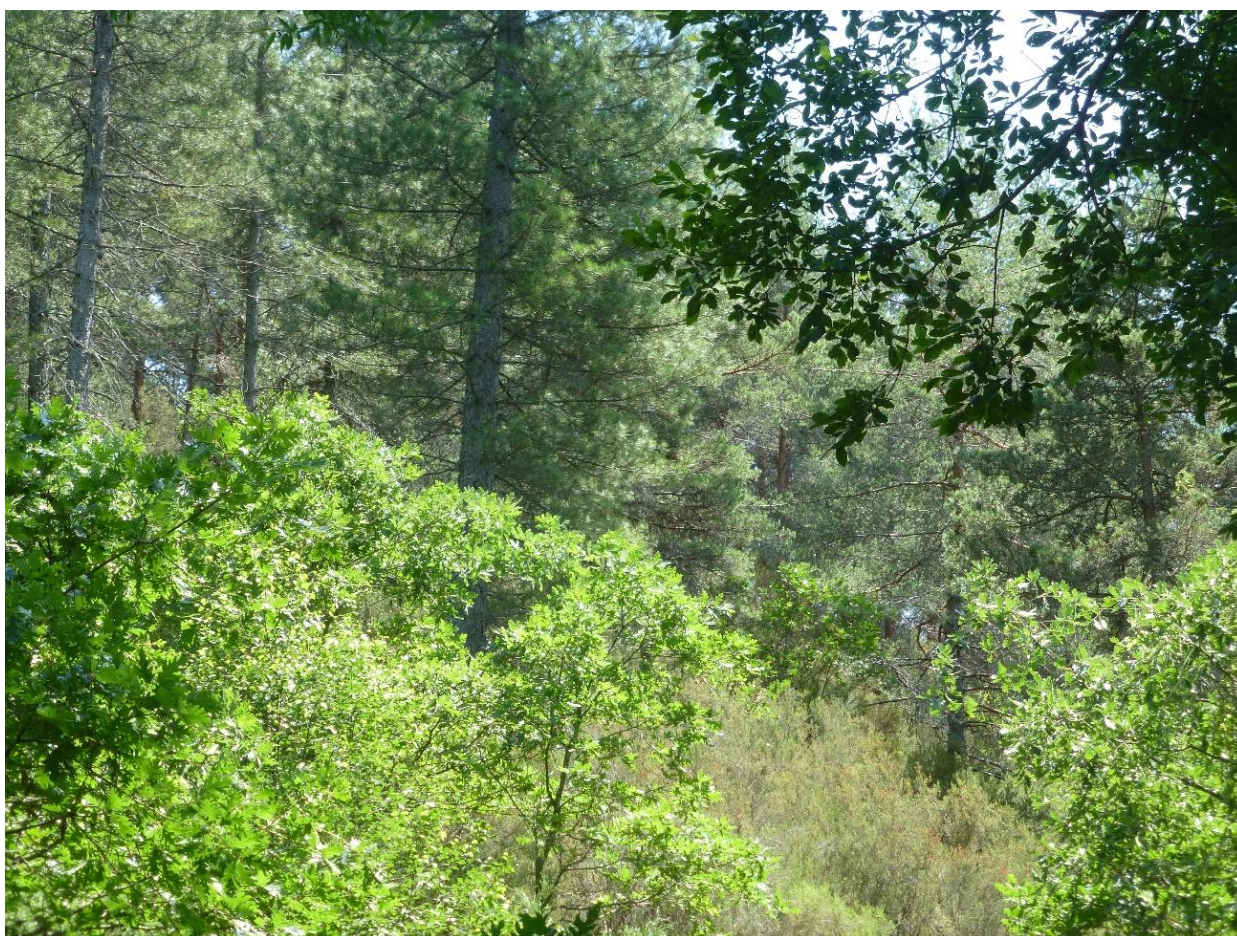


Figura 20 – Regeneração do carvalho em orla de pinhal (PNM).

As comparações realizadas as três cartografias (CLC 2006, CLC 2012 e COS 2007) apontam para tendências igualitárias no comportamento das métricas em seus respectivos níveis hierárquicos, porém grandes diferenças entre os valores das métricas. Como exemplo, o número de manchas (NP) para o nível que representa os carvalhais da COS 2007, é quase 5 vezes maior comparada com o resultado obtido para o CLC 2006, ou também a densidade de orla (ED), onde para CLC 2006 é de 2,33 m/ha e para COS 2007 é de 6,06 m/ha. Um dos fatores principais que reforçam essa diferença de valores encontrados é o fato dos mapas vetoriais CLC, tanto do ano de 2006 como de 2012, serem elaborados através de imagens de satélites e para o limite europeu, e o mapa vetorial COS através de imagens aéreas, e somente para o limite de Portugal. Pode-se citar também a diferença não significativa de período, um ano, que em termos de evolução da vegetação não é nada expressivo, porém deve ser considerada.

Em trabalho que decorre paralelo com este, Pedro Henrique Jandreice Magnoni (Comunicação pessoal, 2017), desenvolvido através da detecção remota e validação em campo para uma classificação mais rigorosa dos carvalhais presentes no PNM, aponta para a existência de menor área de carvalhais no PNM e suas manchas localizados diferentemente do que é expressado em COS 2007. Dessa forma, se torna fundamental o estudo do comportamento e da evolução do carvalho-negral no PNM, promovendo sua monitorização e estabelecendo parâmetros para a correta tomada de decisão e gestão dessa espécie.

6 CONCLUSÕES

A paisagem do PNM se mostra melhor mais compacta, apresentando uma evolução da vegetação significativa, tanto de florestas e áreas naturais e semi-naturais, como dos carvalhais. Os resultados discutidos no presente trabalho permitem concluir que entre 2006 e 2012, o processo de fragmentação dos sistemas de vegetação natural do PNM, nomeadamente aqueles sistemas que estão associados ao desenvolvimento dos bosques de *Quercus pyrenaica* Willd., evoluiu no sentido de uma paisagem natural mais compacta e coerente, o que favorece as funções ecológicas e paisagísticas associadas aos componentes de maior valor natural da paisagem do PNM. Através dos valores obtidos, as métricas CA, NP, PROX_MN e CONNECT aumentaram seus valores, a métrica ED teve uma diminuição, o que contempla também os valores das métricas anteriores citadas, explicitando que a vegetação analisada sofre agora menor efeito de borda.

Por outro lado, a informação sobre a ocupação do solo obtida e tratada – Corine Land Cover para 2006 e 2012 e Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 – bem como as métricas selecionadas e calculadas: Número de manchas (NP), Área total da classe (CA), Densidade de orla (ED), Índice médio de proximidade (PROX_MN), Índice de conectividade (CONNECT) e Distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN), revelaram-se adequadas para a avaliação a fragmentação da paisagem do PNM. Tal como em resultados anteriores discutidos no presente trabalho, onde as métricas utilizadas estão altamente correlacionadas entre si e as funções ecológicas que avaliam são influenciadas pela composição interna das manchas; conclui-se também neste trabalho que a avaliação da paisagem é sempre muito sensível à interpretação que é feita dos resultados obtidos para as métricas da paisagem. Comparando a COS e CLC, podemos verificar a concordância que essas cartografias nos trazem, expressando tendências equivalentes, porém com valores distintos, apresentando informação singular em relação ao carvalhal no PNM.

A utilização de recursos informáticos de livre utilização – QGIS versão 2.18.1 e FRAGSTATS versão 4.2.1, revelaram-se igualmente suficientes para a obtenção de resultados e validade da sua discussão e conclusão.

Como recomendação, sugere-se a repetição dos procedimentos na medida da disponibilidade de nova informação sobre a ocupação do solo, bem como a investigação adicional a diferentes resoluções geográficas, com sistemas mais apurados e dedicados aos carvalhais, atendendo ao

seu elevado valor ecológico e significado cultural. Maior trabalho de campo melhorará e deverá confirmar que pelo refinamento dos dados, uma avaliação mais rigorosa e atual destas métricas, e também uma cartografia mais atenta e dedicada, será de maior valia para analisar os verdadeiros e atuais valores dos carvalhais no PNM, bem como a sua evolução mais recente, será fundamental para a gestão destes sistemas naturais.

Tomando em consideração a importância dos carvalhais para a conservação da biodiversidade do PNM e do País, tanto de espécies vegetais como animais, bem como para a regulação climática, do solo e das águas, o presente trabalho ressalta a importância que avaliações dos serviços desses ecossistemas, ainda que conduzam a resultados numéricos não coincidentes nas diferentes cartografias, apresentam sempre uma elevada relação.

7 REFERÊNCIAS

- Batista, T. (2014). Modelação geográfica em processos de caracterização e avaliação da paisagem numa perspectiva transfronteiriça (Doctoral dissertation, IFA, Universidade de Évora). 264 p.
- Buyantuyev, A., e Wu, J. (2007). Effects of thematic resolution on landscape pattern analysis. *Landscape Ecology*, 22(1), 7-13.
- Calegari, L., Martins, S. V., Gleriani, J. M., Silva, E., e Busato, L. C. (2010). Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. *Revista Árvore*, 34(5).
- Carvalho, J., Alves, P. C., Silva, J. M. G., Santos, T. M. (2007a). Biologia e ecologia das florestas de carvalho-negral. Capítulo II. 1. p. 99-118. Os carvalhais um património a conservar. Fundação Luso-Americana. Público. 275 p.
- Carvalho, J., Santos, J. A., Reimão, D., Santos, J. (2007b). A valorização dos carvalhais. Capítulo II. 2 p. 121-135. Os carvalhais um património a conservar. Fundação Luso-Americana. Público. 275 p.
- Clergue, B., Amiaud, B., Pervanchon, F., Lasserre-Joulin, F., e Plantureux, S. (2005). Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review. *Agronomy for sustainable development*, 25(1), 1-15.
- Copernicus (Europe's eyes on Earth) (2017a). Dowload: Corine Land Cover 2006 vector. Disponível em: < <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/lcc-2006-2012>>. Acedido em: 25 mai 2017
- Copernicus (Europe's eyes on Earth) (2017b). Dowload: Corine Land Cover 2012 vector. Disponível em: < <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012/view>>. Acedido em: 24 nov. 2016.
- Couto, P. (2004). Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. *Investigação Operacional*, 24(1), 109-137.
- Del Castillo, E. M., García-Martin, A., Aladrén, L. A. L., e de Luis, M. (2015). Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain). *Applied Geography*, 62, 247-255.
- Den Boer, P. J. (1981). On the survival of populations in a heterogeneous and variable environment. *Oecologia*, 50(1), 39-53.
- DGT (Diretório Geral do Território) (2017). Cartografia e Geodesia - Corine Land Cover 2012. Disponível em: <http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/projetos_em_curso/clc_2012/>. Acedido em 10 jan. 2017.

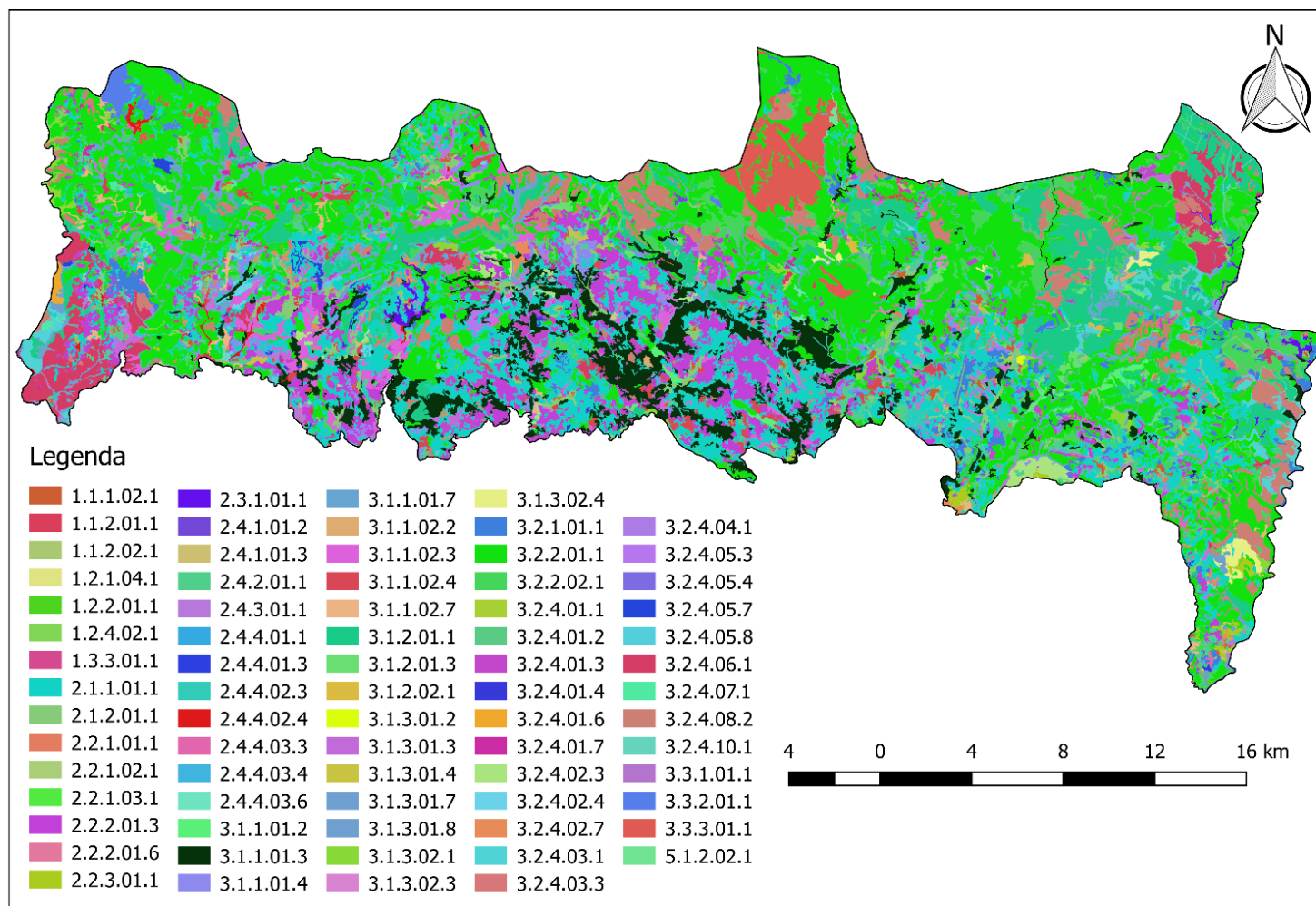
- DGT (Diretório Geral do Território) (2017). Cartografia e Geodesia - Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS2007). Disponível em: <http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/cartografia_tematica/carta_de_ocupacao_do_solo__cos_/cos__2007/>. Acedido em: 12 jan. 2016.
- Escada, M. I. S. (2011). Padrões e Processos em Dinâmica de uso e Cobertura da Terra. Análise das Métricas de Paisagem através do Fragstats.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 487-515.
- Forman, R. T., e Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. 619pp. Jhon Wiley e Sons, New York.
- Garcia, A. S., Sawakuchi, H. O., Ferreira, M. E., e Ballester, M. V. R. (2017). Landscape changes in a neotropical forest-savanna ecotone zone in central Brazil: The role of protected areas in the maintenance of native vegetation. *Journal of Environmental Management*, 187, 16-23.
- Gustafson, E. J. (1998). Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystems*, 1(2), 143-156.
- Hargis, C. D., Bissonette, J. A., e David, J. L. (1998). The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape ecology*, 13(3), 167-186.
- Hoechstetter, S. (2009). Enhanced methods for analysing landscape structure. Landscape metrics for characterising three-dimensional patterns and ecological gradients. Band 6 der Reihe, Fernerkundung und angewandte Geoinformatik. Rhombos-Verlag, Berlin. 156 p.
- Huffaker, C. (1958). Experimental studies on predation: dispersion factors and predator-prey oscillations. *California Agriculture*, 27(14), 343-383.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2001). *Introdução ao Processamento Digital de Imagens*. Primeira Divisão de Geociências do Nordeste. 94 p. 2001. Rio de Janeiro.
- ICN (Instituto da Conservação da Natureza) (2007). *Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho*. Bragança, 17 de agosto de 2007. Disponível em: <<http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/ordgest/poap/popnm/popnm>>. Acesso em: 12 jan. 2017.
- Li, H., e Wu, J. (2004). Use and misuse of landscape indices. *Landscape ecology*, 19(4), 389-399.
- Lucas, D. F. e Fonseca, B. M. (2011). Análise Espacial dos Fragmentos Florestais no Município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG. XIII Curso de Especialização em Geoprocessamento. Instituto de Geociências. UFMG. 55 p.
- McGarigal, K., Cushman, S.A. e Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer *software* program produced

by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Acedido em: 13 nov. 2016.

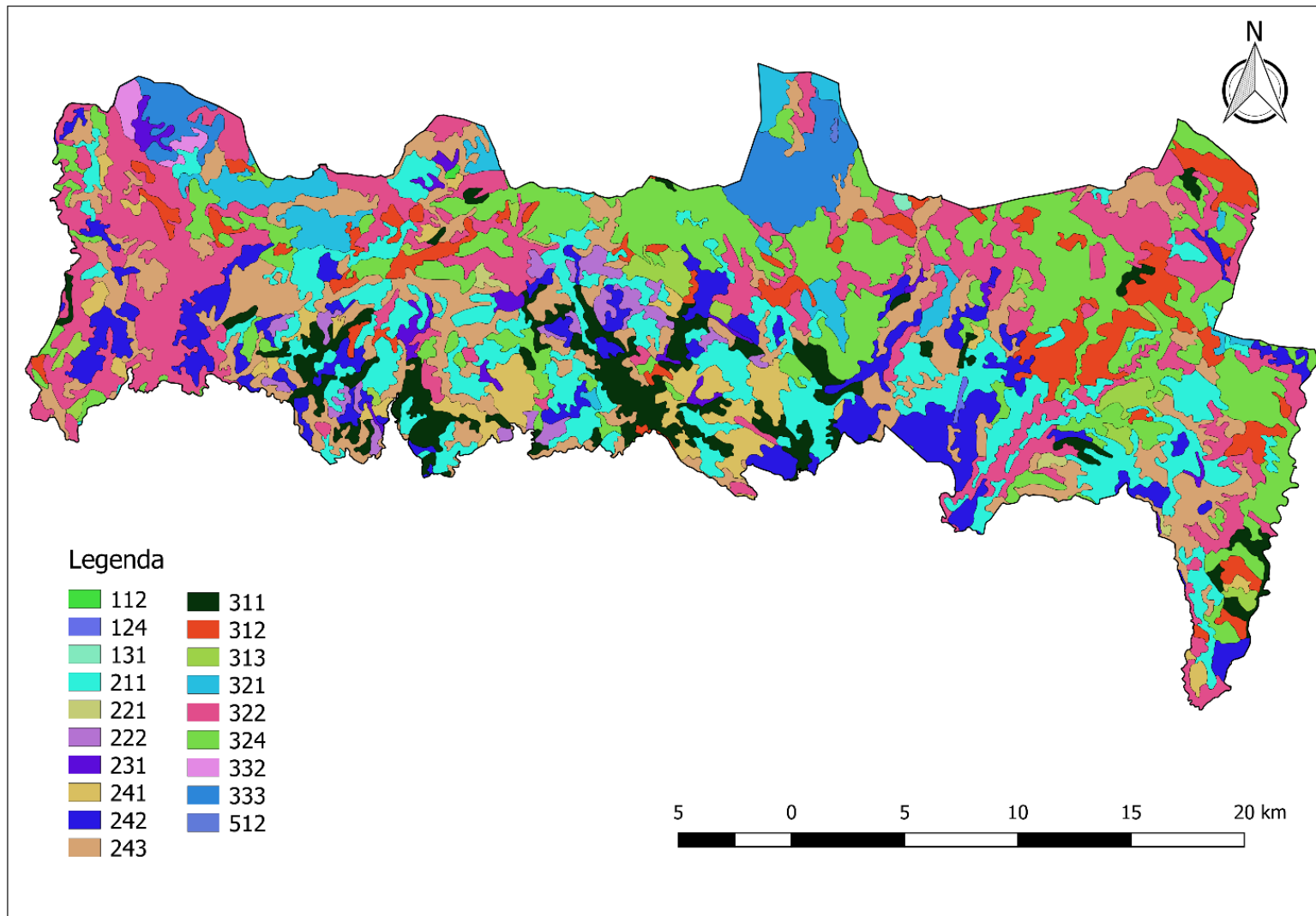
- McGarigal, K., e Marks, B. J. (1994). FRAGSTATS versão 2.0: Spatial Pattern Analysis Program For Quantifying Landscape Structure. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis.
- Milaré, G., da Silva, N. M., e Paranhos Filho, A. C. (2016). Cenário do Uso de *Software* Livre em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no Brasil. Anuário do Instituto de Geociências, 39(3), 111-115.
- Naveh, Z., e Lieberman, A. S. (1984). Landscape ecology: theory and application. Springer Science e Business Media. 2ª edition. 357 p.
- Nucci, J. C. (2007). Origem e Desenvolvimento da Ecologia e da Ecologia da Paisagem. Revista Eletrônica Geografar, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 77-99.
- O'Neill, R. V. (1986). A hierarchical concept of ecosystems (Vol. 23). Princeton University Press. 33 p.
- Pereira, J. L. G., Batista, G. T., Thalês, M. C., Roberts, D. A., e Venturieri, A. (2001). Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. Geografia, 26(1), 59-90.
- Pires, J., e Moreira, N. (1995). O subsistema pecuário de bovinocultura na área do Parque Natural de Montesinho. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária. 65 p.
- QGIS Development Team (2017). A Free and Open Source Geographic Information System. Disponível em: <<http://www.qgis.org/en/site/>>. Acedido em: 12 nov. 2016.
- Rodrigues, G. O. (2011). Análise de métricas da paisagem utilizando o FRAGSTATS 3.3. Programa De Pós-Graduação Em Ciência Do Sistema Terrestre. Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais (INPE). 8 p.
- Saito, N. S., Moreira, M. A., Santos, A. R. D., Eugenio, F. C., e Figueiredo, Á. C. (2016). Geotecnologia e ecologia da paisagem no monitoramento da fragmentação florestal. Floresta e Ambiente: 23(2): 201-210.
- Santos, J. F. D. (2015). Efeito da Ambiguidade temática no cálculo de métricas da paisagem. ATAS das I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica, p. 237.
- Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R., e Mander, Ü. (2009). Landscape metrics and indices: an overview of their use in landscape research. Living reviews in landscape research, 3(1), 1-28.
- Volotão, C. D. S. (1998). Trabalho de análise espacial: Métricas do FRAGSTATS. São José dos Campo: Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais (INPE). 48 p.
- Willis, K. S. (2015). Remote sensing change detection for ecological monitoring in United States protected areas. Biological Conservation, 182, 233-242.

8 ANEXOS

8.1 Anexo 1 – Mapa base para Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS 2007)



8.2 Anexo 2 - Mapa base para CORINE Land Cover (CLC 2006 e CLC 2012)



8.3 Anexo 3 – Legenda CORINE Land Cover

8.4 Anexo 4 - Legenda Carta de Uso e Ocupação do Solo