

INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA DEL PAISAJE EN LAS COMUNIDADES AVIFAUNÍSTICAS. CASO DE ESTUDIO: BEIRA INTERIOR SUL

INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM NAS COMUNIDADES AVIFAUNÍSTICAS. CASO DE ESTUDO: BEIRA INTERIOR SUL

Tomé, José.¹; Quinta-Nova, Luís²; Fernandez, Paulo³

¹ Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal, josectome2010@gmail.com

² Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal, Inova@ipcb.pt

³ Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal, palex@ipcb.pt

Resumen: El objetivo del estudio fue identificar la relación entre las comunidades de aves que anidan en la subregión de Beira Interior Sul (BIS) y la estructura y composición del paisaje del territorio. Tratamos de comprobar también la importancia de la rugosidad del terreno en la distribución de estas comunidades.

Otro objetivo del estudio fue identificar un conjunto de indicadores que caracterizan la estructura espacial del paisaje, así como los tipos fisonómicos de hábitat que podrían influir en la distribución de las comunidades paseriformes.

La información relacionada con el uso del suelo se procesó utilizando la extensión Patch Analyst de ArcGIS 9.3.1. El análisis de la rugosidad del terreno se ha hecho con la extensión Land Facet Corridor Tools. Los datos resultantes y la información de las aves reproductoras fueron analizados a continuación por Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) y Análisis de Clasificación (AC).

Los resultados muestran que la BIS tiene sitios con una riqueza específica significativa con respecto a las comunidades de aves reproductoras, aunque los resultados no son idénticos para toda la sub-región, La riqueza media de especies tiene el valor de 11,7, que es razonable, pero tiene una desviación estándar de 5,2, que expresa esta realidad. Esto puede explicarse por otros factores como la zonificación del territorio, en el que se distingue en la zona oeste un sector más uniforme, con un claro dominio forestal y menor disponibilidad de nichos ecológicos, de un sector este con mayor heterogeneidad y proporcionalidad de las ocupaciones del suelo, esto permite la existencia de más nichos ecológicos para las diferentes especies de aves.

Los resultados de la ACC, aunque que muestran la importancia de la estructura del paisaje en la distribución de las aves, con una explicación el 16% de la varianza total, mostraron que en la BIS, el uso del suelo es el factor más importante y expresa el 37% de la variación total.

También fue señalada la importancia de añadir el índice de rugosidad del terreno, ya que esta opción ha mejorado en 5% la explicación de la variación total de la estructura del paisaje.

El análisis de clasificación permitió la identificación de importantes tipos fisonómicos en lo que prevalecen los estratos de árboles y arbustos, los resultados están de acuerdo con la alimentación y los gremios de anidación característicos de las aves estudiadas.

Resumo: O estudo teve como objetivo identificar a relação existente entre as comunidades de aves que nidificam na sub-região Beira Interior Sul (BIS) e a estrutura e composição da paisagem desse território. Procurou-se, igualmente, verificar a importância da rugosidade do terreno na distribuição destas comunidades.

Foi também objectivo deste estudo identificar um conjunto de métricas espaciais que caracterizem a estrutura da paisagem, bem como as tipologias fisionómicas de habitat passíveis de determinar a distribuição das comunidades de passeriformes nidificantes.

A informação referente à ocupação do solo foi processada no programa ArcGIS 9.3.1, com recurso à extensão Patch Analyst. A informação relativa à rugosidade do terreno foi analisada através extensão

da Land Facet Corridor Tools. Os dados resultantes, juntamente com a informação referente às aves nidificantes, foram posteriormente analisados através de Análise Canónica de Correspondências (ACC) e de Análise Classificativa (AC).

Os resultados mostram que a BIS apresenta locais com uma riqueza específica significativa no que diz respeito às comunidades de passeriformes nidificantes, embora os resultados obtidos não sejam idênticos para toda a sub-região. O valor de 11,7, correspondente à riqueza específica média é razoável, mas apresenta um desvio padrão de 5,2, que expressa essa realidade. Este facto pode ser explicado por diversos factores como o zonamento do território, em que se distingue um sector oeste mais homogéneo, com clara dominância florestal e menor disponibilidade de nichos ecológicos, de um sector este com maior heterogeneidade e proporcionalidade de ocupações do solo, permitindo a existência de mais nichos ecológicos para as diferentes espécies de aves.

Os resultados da ACC, embora mostrem a importância da estrutura da paisagem na distribuição dos passeriformes nidificantes, ao explicar 16% da variação total, demonstraram que na BIS, a ocupação do solo é um factor mais relevante, na medida em que explica 37% da variação total.

Foi também demonstrada a importância de incluir índices de rugosidade da superfície do terreno, porque esta opção permitiu melhorar a explicação da variação total da estrutura da paisagem em 5%.

A análise classificativa permitiu a identificação de tipologias fisionómicas importantes em que predominam os estratos arbóreo e arbustivo, cujos resultados estão em conformidade com os grêmios de alimentação e nidificação identificados para as aves estudadas.

Abstract: The study aims to identify the relationship between the communities of nesting birds in the Beira Interior Sul (BIS) subregion, and the structure and landscape composition of that territory. We also tried to verify the importance of the terrain roughness in the distribution of these communities. It is also an objective of this study to identify a set of spatial metrics that characterize the landscape structure and the physiognomic types of habitat that could determine the breeding passerine communities' distribution.

The information concerning the soil occupation was processed in GIS software, ArcGIS 9.3.1, using the Patch Analyst extension. The information on the terrain roughness was analyzed in the Land Facet Corridor Tools extension. The resulting data, together with information concerning breeding birds were further studied through Canonical Correspondence Analysis (CCA) and Classification Analysis (CA).

The results show that BIS presents significant local species richness with respect to breeding passerines communities, but the results aren't identical to the whole sub-region. The 11.7 value, corresponding to the species richness average is reasonable, but has a standard deviation of 5.2, which expresses this reality. This can be explained by several factors, such as the territory zoning, being the western sector a more homogeneous one, with clear forest dominance and lower availability of ecological niches, differentiating from the eastern sector, with greater heterogeneity and proportionality of soil occupations, allowing the existence of more ecological niches for different bird species.

The results of CCA, although they show the importance of the landscape structure in the distribution of breeding birds, explaining 16% of the total variance, showed that at the BIS, the land use is a more important factor, because explains 37% of the total variation.

It has also shown the importance of including roughness index, because this option has improved the explanation of the total variation of landscape structure in 5%.

The classification analysis allowed the identification of important physiognomic types, with predominance of woody and shrub stratum, whose results are in accordance with the food and nesting guilds identified for the studied birds.

INTRODUCCIÓN

La ecología del paisaje es una disciplina que se ha destacado en el estudio de las interacciones recíprocas entre patrones espaciales y procesos ecológicos (Turner, 2005), mediante la cuantificación de la heterogeneidad espacial, permitiendo, por

INTRODUÇÃO

A Ecologia da Paisagem é uma disciplina que se tem destacado no estudo das interações recíprocas entre os padrões espaciais e os processos ecológicos (Turner, 2005), através da quantificação da heterogeneidade espacial, permitindo, por

ejemplo, entender los cambios en la distribución de especies (Dramstad, 2009). Por tanto, es natural que esta área científica dé gran atención al estudio, análisis e interpretación de los patrones espaciales (Haines-Young e Chopping, 1996), ya que los sistemas ecológicos son complejos, espacialmente heterogéneos y variables en el espacio y el tiempo (Gustafson, 1998), pero esta variabilidad puede ser representada por mapas, donde la identificación de manchas relativamente homogéneas y las que tienen transiciones bruscas a las zonas adyacentes permiten la cuantificación de esa variabilidad. Por lo tanto, se hizo un esfuerzo por desarrollar métodos de cuantificación de los patrones que dan lugar a una proliferación de medidas estadísticas sobre la estructura del paisaje (Cushman *et al.*, 2008), que Gustafson (1998) contaba por centenares.

El enfoque explícito en la comprensión de la heterogeneidad espacial y la aplicación de los métodos disponibles (Turner, 2005), tales como las métricas espaciales (Dramstad, 2009) han permitido estudiar mejor los procesos complejos (Honrado *et al.*, 2012) como la relación de los seres vivos con el medio ambiente.

Esto, unido a la creciente preocupación por la pérdida de la biodiversidad que surge en la década de 1980 (McGarigal y Marks, 1995), plantea la necesidad de recopilar datos fiables para establecer programas de vigilancia de esta biodiversidad (Godinho y Rabaça, 2011) en espacio y tiempo.

Un caso particular de estudio de la biodiversidad en ecología del paisaje son las aves, porque son un grupo de vertebrados considerados como indicadores importantes (Birdlife International, 2004), por lo que es natural que hayan sido objeto de varios trabajos de investigación que han intentado relacionar la riqueza de especies de aves con la heterogeneidad del paisaje. Atauri y Lucio (2001) recurrieron a los índices de la estructura del paisaje y el atlas de distribución de datos de las aves reproductoras para relacionar la

ejemplo, elucidar as mudanças na distribuição das espécies (Dramstad, 2009). É assim natural perceber que esta disciplina dê grande atenção ao estudo, análise e interpretação dos padrões espaciais (Haines-Young e Chopping, 1996), pois os sistemas ecológicos são complexos, espacialmente heterogéneos e variáveis no espaço e no tempo (Gustafson, 1998), mas essa variabilidade pode ser representada através de mapas, onde a identificação de manchas relativamente homogéneas e as que apresentam transições abruptas com as áreas adjacentes permitem a quantificação dessa variabilidade. Deste modo, houve um esforço de desenvolvimento de métodos de quantificação dos padrões dando origem a uma proliferação de medidas estatísticas sobre a estrutura da paisagem (Cushman *et al.*, 2008), que já Gustafson (1998) contabilizava na ordem das centenas.

O foco explícito na compreensão da heterogeneidade espacial e na aplicação de métodos que se foram tornando disponíveis (Turner, 2005), como as métricas espaciais (Dramstad, 2009) tem permitido estudar melhor os processos complexos (Honrado *et al.*, 2012) como são a relação dos seres vivos com o ambiente.

Este facto, associado à crescente preocupação pela perda de biodiversidade que emerge na década de 1980 (McGarigal e Marks, 1995), faz surgir a necessidade de compilar dados fiáveis de modo a estabelecer programas de monitorização dessa biodiversidade (Godinho e Rabaça, 2011) no espaço e no tempo.

Um caso particular de estudo da biodiversidade no âmbito da Ecologia da Paisagem é o das aves, por serem um grupo de vertebrados considerados como importantes indicadores (Birdlife International, 2004), por isso é natural que tenham sido objecto de vários trabalhos de investigação que tentaram relacionar a riqueza específica da avifauna com a heterogeneidade da paisagem. Atauri e Lucio (2001) recorreram a índices de estrutura da paisagem e aos dados do atlas

heterogeneidad con la riqueza de especies en la región de Madrid, mientras que Santos *et al.* (2008) utilizaron diferentes variables, el clima, la topografía y el paisaje para caracterizar la riqueza en una zona de Cataluña. En el Alentejo (Reino *et al.*, 2009, 2010) aplicaron métricas del paisaje para demostrar la influencia de las prácticas agrícolas en la riqueza de especies. Dallimer *et al.* (2010) y Rabaça y Godinho (2011) realizaron transectos para la prospección de la diversidad ornitológica, utilizando diferentes métodos de análisis multivariante, Análisis de Componentes Principales y Análisis de Correspondencia Canónica, respectivamente.

El área de estudio corresponde a la sub-región de Beira Interior Sul (BIS), que se encuentra en el centro de Portugal, cerca de la frontera española, y es constituida por cuatro concelhos: Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor y Vila Velha de Ródão. Esta área se ajustó a 48 UTM presentes en el Atlas de las aves reproductoras en Portugal (Equipa Atlas, 2008).

Esta es una zona de transición entre la penillanura alentejana y la cordillera central, que limita al sur con el río Tajo, al oeste con el río Ocreza, al norte el eje Gardunha-Malcata y a este la frontera española, el río Erges.

El hecho de que la BIS muestre un mosaico de paisajes heterogéneos con cobertura forestal significativa permite la existencia de una razonable biodiversidad de anfibios y reptiles que fue confirmada por el estudio de Cunha (2004) así como de aves (Catry *et al.*, 2010), incluyendo las áreas protegidas de la Reserva Natural da Serra da Malcata y del Parque Natural do Tejo Internacional.

El objetivo principal del estudio fue verificar la relación entre las comunidades de aves reproductoras y de la estructura del paisaje, incluyendo la rugosidad del terreno y relacionar la importancia de estos datos con respecto a la composición del paisaje. También trató de caracterizar la estructura del paisaje basada en el uso del suelo, el uso

de distribuição de aves nidificantes para relacionar a heterogeneidade com a riqueza específica na região de Madrid; enquanto Santos *et al.* (2008) utilizaram diferentes variáveis, climáticas, do relevo e da paisagem para caracterizar a riqueza específica numa área da Catalunha. No Baixo Alentejo (Reino *et al.*, 2009, 2010) aplicaram as métricas da paisagem para demonstrar a influência de práticas agrícolas na riqueza específica. Dallimer *et al.* (2010) e Godinho e Rabaça (2011) realizaram transectos para levantamento da diversidade ornitológica, contudo utilizaram diferentes métodos de análise multivariada, Análise de Componentes Principais e Análise Canónica de Correspondências, respectivamente.

A área em estudo corresponde à sub-região da Beira Interior Sul (BIS), localizada no centro de Portugal, junto à fronteira com Espanha, sendo constituída por quatro concelhos: Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor e Vila Velha de Ródão. Esta área foi ajustada a 48 quadrículas UTM presentes no Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008).

Esta é uma região de transição entre a peneplanície alentejana e a cordilheira central, e que se encontra delimitada a sul pelo rio Tejo, a ocidente pelo rio Ocreza, a norte pelo eixo Gardunha-Malcata e a oriente pela fronteira espanhola, materializada no rio Erges.

O facto da BIS apresentar um mosaico paisagístico heterogéneo com uma importante cobertura florestal permite a existência de uma biodiversidade razoável quer de anfibios e de répteis que foi confirmada pelo estudo de Cunha (2004), quer de aves (Catry *et al.*, 2010), e que se materializa nas áreas protegidas da Reserva Natural da Serra da Malcata e no Parque Natural do Tejo Internacional.

O estudo teve como principal objectivo verificar a relação existente entre as comunidades de aves nidificantes e a estrutura da paisagem, incluindo a

de las métricas del paisaje y las métricas del relieve.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la elaboración de este trabajo se utiliza la información geográfica del Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008), en formato vectorial, que representa la distribución espacial de las especies de aves para el territorio de la BIS.

El censo que llevó a la producción de este Atlas se llevó a cabo entre marzo y julio de 1999 y 2005 en el conjunto de Portugal, que se dividió en parcelas UTM 10x10 km (Equipa Atlas, 2008). Esta división del territorio en cuadrículas se ha aplicado para el estudio, en el cual fue necesario seleccionar sólo las que corresponden a cuadrados perfectos, lo que obligó a la eliminación de 11 de las 59 parcelas que constituyen la BIS (Figura 1). Por lo tanto, el área de estudio corresponde a 4.800 km².

rugosidade do terreno e relacionar a importância desses dados com os referentes à composição da paisagem. Procurou ainda caracterizar a estrutura da paisagem a partir da ocupação do solo, com recurso às métricas da paisagem e às métricas de relevo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na elaboração deste trabalho foi utilizada informação geográfica do Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008), em formato vectorial, que representa a distribuição espacial das espécies de aves para o território da BIS.

Os censos que estiveram na base da produção deste Atlas foram realizados entre Março e Julho de 1999 a 2005 em todo o território de Portugal, o qual foi dividido em parcelas UTM de 10x10 km (Equipa Atlas, 2008). Esta divisão do território em quadrículas foi transposta para o estudo, no qual houve a necessidade de seleccionar apenas aquelas que correspondessem a quadrados perfectos, obrigando à eliminação de 11 das 59 parcelas que abrangem a BIS (Figura 1). Deste modo, a área de estudo corresponde a 4.800 km².

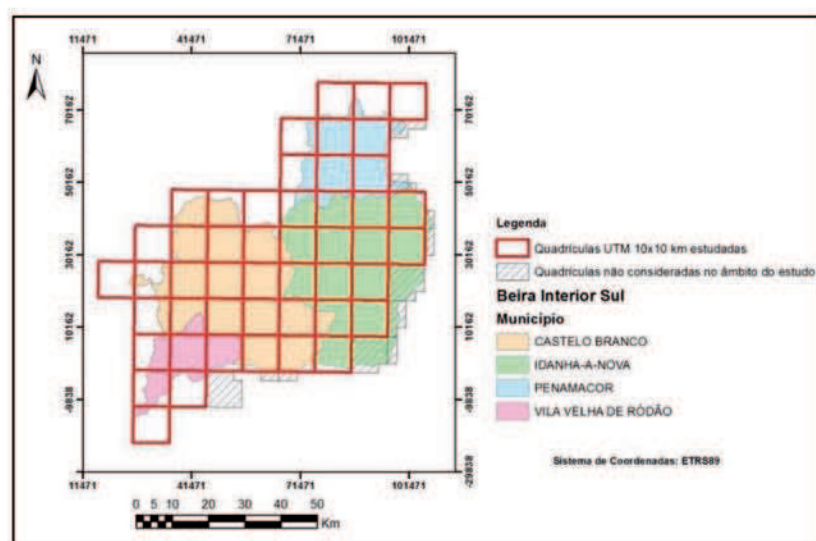


Figura 1. Área de estudio.

Figura 2. Área de estudio.

Teniendo en cuenta que la escala de este estudio se ajusta al nivel del paisaje, se procedió a la selección de aves que pertenecían al orden de las Passeriformes, lo que corresponde en el territorio seleccionado a 73 especies reproductoras.

La base de datos contiene 19 tipos diferentes de códigos de contacto que corresponden a cuatro categorías diferentes de reproducción, por lo que la reclasificación se lleva a cabo de acuerdo con una función binaria (0/1), donde "1" corresponde a reproducción confirmada y "0" tenía correspondencia con las otras clases, incluyendo "no hay registro" y "reproducción probable".

A partir de estos datos se calculó el Índice de Riqueza de Margalef (MRI), mediante la aplicación de la fórmula: $MRI = (S - 1)/\log N$ - en el que la *MRI* es la riqueza, *S* es el número de especies presentes en la cuadrícula y *N* es el número total de especies (Margalef, 1958).

Para determinar la influencia del uso del suelo sobre la diversidad de passeriformes reproductoras, fue seguida una secuencia de procesos (Figura 2), que se inició con la caracterización de los hábitat presentes en la BIS. Así se realizó la cartografía de la ocupación del suelo a escala 1:25000, por fotointerpretación de ortofotomapas con una Unidad Mínima Cartográfica de 1 ha y la distancia mínima de 20 m entre líneas, para el territorio referente de las 48 cuadrículas de la zona de estudio.

A través del programa ArcGIS 9.3.1, se procedió a la definición y clasificación de las manchas, de acuerdo con la metodología propuesta para la Carta de Ocupação dos Solos (COS 2007). El mapa de uso del suelo obtenido representa 141 clases de uso que, después de un proceso de reclasificación, originó 16 clases.

Estos datos fueron procesados con el programa estadístico CANOCO, que permite la realización de análisis

Tendo em conta que a escala deste estudo se enquadra ao nível da paisagem, procedeu-se à selecção das aves que pertencem à ordem dos Passeriformes, que para o território seleccionado corresponde a 73 espécies nidificantes.

Na base de dados constavam 19 tipos diferentes de códigos de contacto que correspondiam a 4 classes distintas de evidência de nidificação, pelo que se efectuou uma reclassificação segundo uma função binária (0/1), em que "1" traduzia a nidificação confirmada e "0" tinha correspondência com as restantes classes, desde "sem registo" a "nidificação provável".

A partir destes dados foi realizado o cálculo do Índice de Riqueza de *Margalef* (MRI), por aplicação da fórmula: $MRI = (S-1)/\log N$ - em que *MRI* é a riqueza, *S* é o número de espécies presente na quadrícula e *N* é o número total de espécies (Margalef, 1958).

Para determinar a influência da ocupação do solo na diversidade de passeriformes nidificantes, foi seguida uma sequência de processos (Figura 2), que se iniciaram com a caracterização dos habitats presentes na BIS. Deste modo, foi produzida a cartografia da ocupação do solo à escala 1:25000, através de fotointerpretação de ortofotomapas, com uma Unidade Mínima Cartográfica de 1 ha e distância mínima entre linhas de 20 m, para o território referente às 48 quadrículas da área de estudo.

Através do programa ArcGIS 9.3.1, procedeu-se à delimitação e classificação das manchas, de acordo com a metodologia proposta para a Carta de Ocupação dos Solos (COS 2007). A carta de ocupação do solo obtida apresentava 141 classes de ocupação do solo que após um processo de reclassificação, originaram 16 classes.

Estes dados foram processados através do programa estatístico CANOCO, que possibilita a realização de análises

estadísticos multivariantes, como es el cálculo del Análisis Canónico de Correspondencias (ACC) (Ter Braak e Smilauer, 2002). Tomamos como variable dependiente la riqueza avifaunística y como variables independientes los porcentajes de ocupación del suelo en cada cuadrícula.

estatísticas multivariadas, nomeadamente o cálculo da Análise Canónica de Correspondências (ACC) (Ter Braak e Smilauer, 2002). Tomamos como variável dependente a riqueza avifaunística e como variáveis independentes as percentagens de ocupação de solo de cada quadrícula.

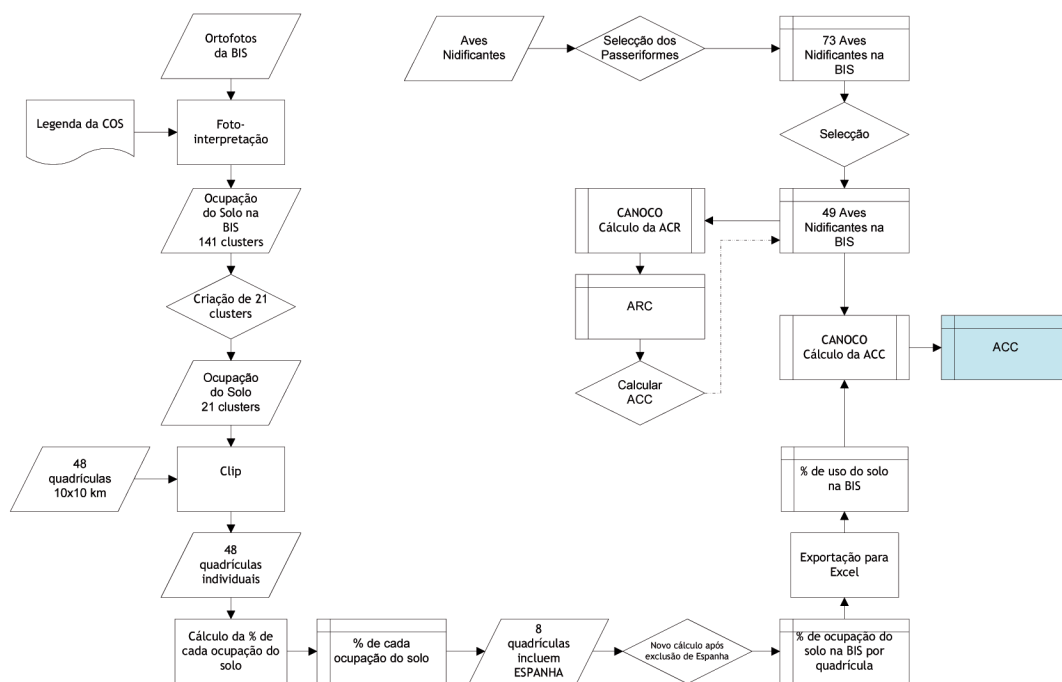


Figura 3. Fluxograma para determinar la influencia de la ocupación del suelo en la diversidad de las passeriformes.

Figura 4. Fluxograma para determinar a influência da ocupação do solo na diversidade dos passeriformes.

Para asegurar que el ACC era el método más adecuado, se confirmó que no había cuadrículas sin aves reproductoras (Leps y Smilauer, 2007) y se llevó a cabo a priori, una Análisis de Correspondencia Rectificado (ACR) o *Dentrended Correspondence Analysis* (DCA) de los datos de aves, de modo a determinar si la distribución era unimodal y no lineal.

Para garantir que a ACC era o método mais adequado, foi confirmado que não havia quadrículas sem aves nidificantes (Leps e Smilauer, 2007) e foi executada, à priori, uma Análise Rectificada de Correspondências (ARC) ou *Dentrended Correspondence Analysis* (DCA) dos dados das aves, de modo a averiguar se a distribuição era unimodal e não linear.

El valor obtenido fue de 2,34 DP, que por sí mismo indicaría que la elección de la ACC sería poco viable, pero de acuerdo con Ter Braak (1986) esta técnica de análisis directa de gradientes es adecuada cuando se están analizando los datos de presencia/ausencia de especies, es decir, cuando las matrices de variables dependientes contienen muchos ceros (Smilauer y Ter Braak, 2002), una

O valor obtido foi 2,34 DP, o que poderia indicar por si só que a opção pela ACC seria pouco viável, mas de acordo com Ter Braak (1986) esta técnica de análise directa de gradientes é apropriada quando se está a analisar dados de presença/ausência de espécies, ou seja, quando as matrizes das variáveis dependentes contêm muitos zeros (Ter Braak e Smilauer, 2002), condição que

condición que se produce en este estudio.

Los mismos autores recomiendan que no se consideren las especies con baja incidencia y Titeux *et al.* (2004) refieren que las especies ubicuas no tienen un relación explícito con los gradientes ambientales. Por lo tanto, no se han incluido las especies que estaban en menos del 10% y más del 90% de las cuadrículas, considerándose en análisis posteriores un conjunto de 49 especies.

Los resultados obtenidos en los diagramas de *biplot* del ACC han identificado las relaciones entre las variables independientes y ciertas especies. Para validar estos resultados se analizó la ecología de estas especies, de acuerdo con el estudio de Catry *et al.* (2010).

Para determinar la influencia de la estructura del paisaje en la diversidad de la avifauna, el proceso de análisis se inició con el procesamiento de la ocupación del suelo, con 16 clases distintas (Figura 3). Esto nos ha permitido obtener la ocupación del suelo por cuadrícula, con una resolución espacial de 35 m, que fue la base para el cálculo de las métricas del paisaje, utilizando la extensión *Patch Analyst 5* (Rempel *et al.*, 2012) para ArcGIS 9.3.1. Para llevar a cabo una selección de las métricas del paisaje calculadas, con el fin de reducir el número de variables y también la colinealidad entre ellas, se utilizó el método de Santos *et al.* (2008) y se elaboró una matriz de correlación de *Pearson* utilizando el *Statistical Package for Social Sciences* versión 17.0.1 (SPSS, 2008), obteniéndose los siguientes índices: la densidad de teselas (ED), el tamaño medio teselar (MPS), el índice medio de forma ponderado por el área (AWMSI) y el índice de uniformidad de *Shannon* (SHEI).

La altimetría se obtuvo a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) como resultado de la *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que tiene una resolución espacial de 90 m (JPL, 2004). El MDE fue geoprocesado para calcular la rugosidad del terreno o *Topographic Position Index* (TPI) a

se verifica neste estudo.

Estes mesmos autores recomendam que não se contabilizem as espécies de fraca ocorrência e Titeux *et al.* (2004) referem que as espécies ubíquas não apresentam uma relação explícita com os gradientes ambientais, enviesando os padrões da comunidade. Deste modo houve a omissão das espécies que se encontravam em menos de 10% e em mais de 90% das quadrículas, persistindo para análises subseqüentes um conjunto de 49 espécies.

Os resultados obtidos nos diagramas *biplot* das ACC permitiram identificar relações entre variáveis independentes e determinadas espécies. Para validar estes resultados foi analisada a ecologia destas espécies, de acordo com o estudo de Catry *et al.* (2010).

Para determinar a influência da estrutura da paisagem na diversidade avifaunística, o processo de análise iniciou-se com o processamento da ocupação de solo, com 16 classes distintas (Figura 3). Esta permitiu obter a ocupação do solo por quadrícula, com uma resolução espacial de 35 m, que serviu de base ao cálculo das métricas da paisagem, com recurso à extensão *Patch Analyst 5* (Rempel *et al.*, 2012) para ArcGIS 9.3.1. Para realizar uma selecção das métricas espaciais calculadas, de modo a reduzir o número de variáveis e também a colinearidade entre elas, foi utilizada a metodologia de Santos *et al.* (2008) e elaborou-se uma Matriz de Correlação de *Pearson* com recurso ao *Statistical Package for Social Sciences* versão 17.0.1 (SPSS, 2008), obtendo-se os seguintes índices: densidade de fronteiras (ED), tamanho médio das manchas (MPS), índice de forma ponderada pela área das manchas (AWMSI) e índice de equitabilidade de *Shannon* (SHEI).

A altitude foi obtida a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT) resultante da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que apresenta uma resolução espacial de 90 m (JPL, 2004). Este MDT foi geoprocesado

través de la herramienta *Land Facet Corridor Tools* (Jenness *et al.*, 2012) para ArcGIS 9.3.1. Se calculó la métrica desviación estándar de la elevación (STD), que es una medida de la variabilidad de la altitud en cada cuadrícula. En CANOCO procedió a la ACC, tomando como variable dependiente la riqueza avifaunística y como variables independientes las métricas del paisaje y la rugosidad del terreno.

para calcular a rugosidade do terreno ou *Topographic Position Index* (TPI) através da ferramenta *Land Facet Corridor Tools* (Jenness *et al.*, 2012) para ArcGIS 9.3.1. Foi calculada a métrica desvio-padrão da elevação (STD), que é uma medida da variabilidade da altitude em cada quadrícula. No CANOCO procedeu-se à ACC, tomando como variável dependente a riqueza avifaunística e como variáveis independentes as métricas da paisagem e a rugosidade do terreno.

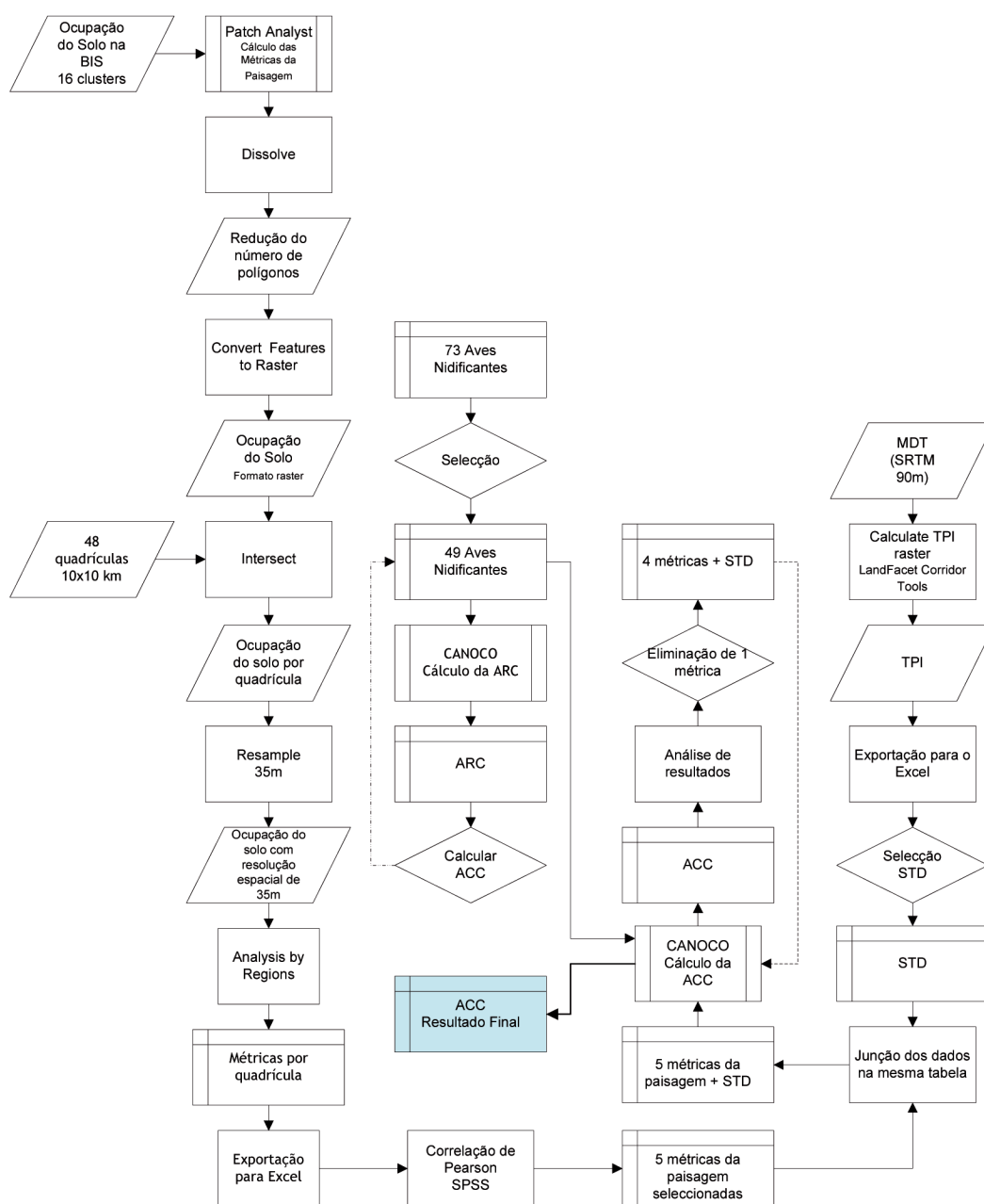


Figura 5. Fluxograma del cálculo de las métricas del paisaje y de la rugosidad del relieve.
 Figura 6. Fluxograma do cálculo das métricas da paisagem e da rugosidade do relevo.

Para relacionar la distribución de especies de passeriformes reproductoras con la estructura vertical de la vegetación, se realizó un análisis clasificatorio jerárquico de clusters y una ACC tomando como variable dependiente la riqueza avifaunística y como variables independientes los tipos fisionómicos de vegetación.

El objetivo de los análisis clasificatorios es la formación de una estructura clasificatoria jerárquica en la que grupos contienen subgrupos, que se presentan en la forma de un dendrograma. Los grupos se forman a partir de la parte inferior a la parte superior, es decir, los objetos más similares son los primeros a agrupar, lo que resulta en el primer cluster. Los agrupamientos continúan hasta que todos los objetos están incluidos en un cluster final (Leps y Smilauer, 2007).

Para reducir las variables de ocupación del suelo de la BIS se hizo una reclasificación para aislar cinco variables que caracterizaran la estructura vertical de la vegetación, a saber: áreas abiertas sin vegetación, estrato herbáceo, estrato arbustivo, estrato arbóreo y áreas heterogéneas. Luego se calcularon los porcentajes de cada estrato por cuadrícula. Se aplicó el procedimiento estadístico de análisis de *clusters* en estos datos, para llevar a cabo una clasificación basada en sus similitudes y diferencias.

En el análisis de clusters se aplicó el método jerárquico basado en el criterio de la media dos grupos y estimado el coeficiente de correlación de *Pearson* para calcular las relaciones de similitud con la composición de las passeriformes (Leps y Smilauer, 2007).

Los tipos fisionómicos de vegetación utilizados como variables en la ACC se obtuvieron del análisis cluster del uso del suelo, con el fin de encajar en tipos: formaciones arbóreas, formaciones arbustivas, formaciones herbáceas, mosaico de usos, zonas abiertas y otras áreas.

De modo a relacionar a distribuição das espécies de passeriformes nidificantes com a estrutura vertical da vegetação, foi realizada uma análise classificativa hierárquica de clusters e uma ACC tomando como variável dependente a riqueza avifaunística e como variáveis independentes os tipos fisionómicos da vegetação.

O objectivo das análises classificativas é a formação de uma estrutura classificativa hierárquica em que grupos contêm subgrupos, e que habitualmente são visualizados na forma de um dendrograma. Os grupos são formados da base para o topo, ou seja, os objectos mais similares são os primeiros a agrupar, originando o primeiro *cluster*. As junções continuam até todos os objectos estarem contidos num *cluster* final (Leps e Smilauer, 2007).

Para reduzir as variáveis da ocupação de solo da BIS foi efectuada uma reclasificação de forma a isolar cinco variáveis capazes de caracterizar a estrutura vertical da vegetação, a saber: áreas abertas sem vegetação, estrato herbáceo, estrato arbustivo, estrato arbóreo e áreas heterogéneas. De seguida foram calculadas as percentagens de cada estrato por quadrícula. Foi aplicado o procedimento estatístico de análise de *clusters* ou análise classificatória sobre esses dados, para efectuar uma classificação com base nas suas semelhanças e dissemelhanças.

Na análise de *clusters*, foi aplicado o método hierárquico baseado no critério da média dos grupos e estimado o coeficiente de *Pearson* para calcular as relações de similaridade com a composição de passeriformes (Leps e Smilauer, 2007).

Os tipos fisionómicos da vegetação utilizados como variáveis na ACC foram obtidos a partir da análise dos clusters da ocupação do solo, de modo a enquadrá-los nos tipos: formações arbóreas, formações arbustivas, formações herbáceas, mosaico, áreas abertas e outras áreas.

RESULTADOS

Con respecto a la riqueza específica en cada una de las cuadrículas, esta osciló entre 1,2 y 24,3 con una media de 11,7 y una desviación estándar de 5,2. Estos resultados indican que la BIS tiene una significativa riqueza específica, excepto en las dos cuadrículas que mostraban menos de 2 (1,2 y 1,8), que corresponde a la reproducción de sólo 3 y 4 especies.

Para analizar la influencia de la composición y estructura del paisaje en la riqueza de especies se realizaron tres ACC.

En la primera, se procedió a la ordenación directa de las comunidades de passeriformes dispuestas en una matriz de ocurrencia de reproducción (variables dependientes) relativas a las variables de uso del suelo dispuestas en una matriz con el porcentaje de 16 tipos de uso. El primer eje tiene un valor propio 0,127 y representa el 25,7% de la varianza total, verificando una correlación de 87,5%. En el análisis de la varianza acumulada hasta el 4.º eje, se obtiene un valor de 56,7%.

Según Smilauer y Leps (2007) es posible comprobar la cantidad de variación total que se puede explicar con este grupo de dieciséis variables por el valor obtenido por la suma de los valores propios canónicos, que es 0,495, lo que corresponde al 37%. El test de Monte Carlo confirma que las análisis son estadísticamente muy significativas ($F=3,385$; $P<0,002$), lo que indica que los ejes del ACC explican las relaciones establecidas.

Basado en el análisis de la ordenación biplot (Figura 4), se verifica que las variables independientes relacionadas con los usos: matorral, pinar, otras coníferas y formaciones mixtas de caducifolios y coníferas tienen una correlación positiva con el eje 1, a diferencia los pastizales, montados, cultivos permanentes, cultivos temporales, espacios verdes urbanos y las nuevas plantaciones denotan una correlación negativa con este eje. También

RESULTADOS

No que diz respeito à riqueza específica em cada uma das quadrículas, esta variou entre 1,2 e 24,3, com uma média de 11,7 e um desvio padrão de 5,2. Estes resultados indicam que a BIS apresenta uma significativa riqueza específica média, excepto nas duas quadrículas que registaram valor inferior a 2 (1,2 e 1,8) correspondendo à nidificação de apenas 3 e 4 espécies.

De forma a analisar a influência da composição e estrutura da paisagem na riqueza específica, foram executadas três ACC.

Na primeira, procedeu-se à ordenação directa das comunidades de passeriformes organizadas numa matriz de ocorrência de nidificação (variáveis dependentes) face a variáveis de ocupação do solo organizadas numa matriz com a percentagem de 16 tipologias de ocupação do solo distintas. O primeiro eixo apresenta um valor próprio de 0,127 e representa 25,7% da variância total, verificando-se uma correlação de 87,5%. Na análise da variância acumulada até ao 4.º eixo, verifica-se que se obtém um valor de 56,7%.

De acordo com Leps e Smilauer (2007) é possível verificar a quantidade de variação total que conseguimos explicar com este grupo de dezasseis variáveis através do valor obtido no somatório dos valores próprios canónicos, que é de 0,495, e que corresponde a 37%. O teste de Monte Carlo confirma que as análises são estatisticamente muito significativas ($F=3,385$; $P<0,002$), indicando que os eixos da ACC explicam as relações estabelecidas.

Da análise da ordenação biplot (Figura 4), verifica-se que as variáveis independentes referentes às ocupações do solo matos, pinhal, outras formações resinosas e povoamento misto de folhosas e resinosas apresentam uma correlação positiva com o eixo 1, ao contrário das pastagens,

se puede verificar que la variable con mayor contribución en la explicación de la variabilidad son los pastizales, con -0,80, luego los matorrales con la 0,75, pero con la posición antagónica. El peso de las ocupaciones de pino (0,72) y dehesa (-0,70) también es significativa.

montado, culturas permanentes, culturas temporárias, espaços verdes urbanos e novas plantações que denotam uma correlação negativa com este eixo. É ainda possível verificar que a variável com maior contribuição na explicação da variabilidade são as pastagens, com -0,80, seguida dos matos com 0,75, mas com posição antagónica. O peso das ocupações do pinhal (0,72) e montado (-0,70) é também significativo.

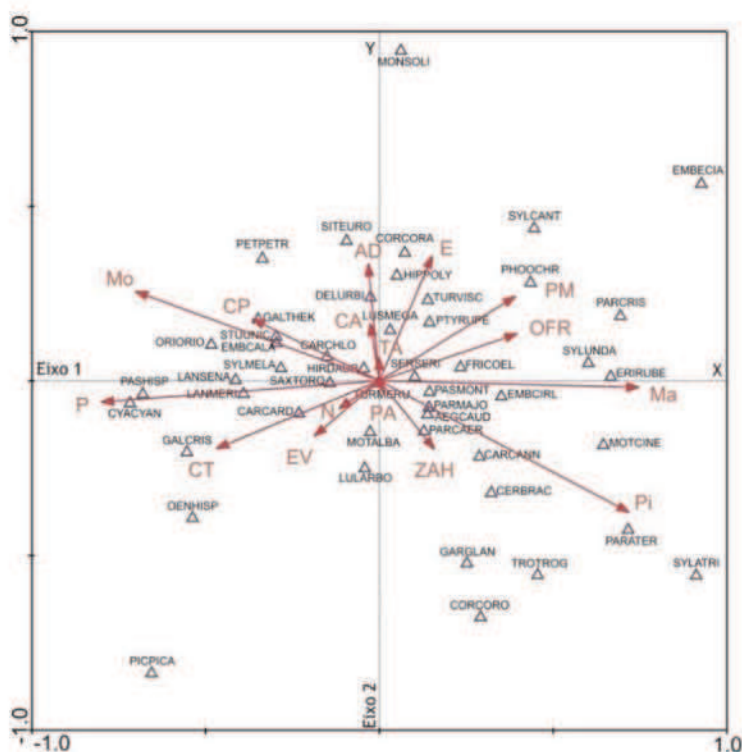


Figura 7. Ordenação Biplot do 1.º e 2.º eixo da ACC dos passeriformes face às variáveis ambientais. As classes de ocupação do solo estão representadas por linhas e os seus acrónimos e as espécies por triângulos e respectivos acrónimos. Legenda da ocupação do solo: AD – áreas degradadas; CA – Cursos de água; CP – Culturas permanentes; CT – Culturas temporárias; E – Eucaliptal; EV – Espaços verdes; Ma – Matos; Mo – Montado; N – Novas plantações; OFR – Outras florestas de resinosa; P – Pastagem; PA – Planos de água; Pi – Pinhal; PM – Povoamento Misto; TA – Terrenos artificializados; ZAH – Zonas agrícolas heterogéneas.

Legenda das espécies: AEGCAUD - *Aegithalos caudatus*; CARCANN - *Carduelis cannabina*; CARCARD - *Carduelis carduelis*; CARCHLO - *Carduelis chloris*; CERBRAC - *Certhia brachydactyla*; CORCORA - *Corvus corax*; CORCORA - *Corvus corone*; CYACYAN - *Cyanopica cyanus*; DELURBI - *Delichon urbicum*; EMBCALA - *Emberiza calandra*; EMBCIRL - *Emberiza cirulus*; EMBECIA - *Emberiza cia*; ERIRUBE - *Erithacus rubecula*; FRICOEL - *Fringilla coelebs*; GALCRIS - *Galerida cristata*; GALTHEK - *Galerida theklae*; GARGLAN - *Garrulus glandarius*; HIPPOLY - *Hippolais polyglotta*; HIRDAUR - *Hirundo daurica*; LANMERI - *Lanius meridionalis*; LANSENA - *Lanius senator*; LULARBO - *Lullula arborea*; LUSMEGA - *Luscinia megarhynchos*; MONSOLI - *Monticola solitarius*; MOTALBA - *Motacilla alba*; MOTCINE - *Motacilla cinerea*; OENHISP - *Oenanthe hispanica*; ORIORIO - *Oriolus oriolus*; PARATER - *Parus ater*; PARCAER - *Parus caeruleus*; PARCRIS - *Parus cristatus*; PARMAJO - *Parus major*; PASHISP - *Passer hispaniolensis*; PASMONT - *Passer montanus*; PETPETR - *Petronia petronia*; PHOOCHR - *Phoenicurus ochruros*; PICPICA - *Pica pica*; PTYRUPE - *Ptyonoprogne rupestris*; SAXTORQ - *Saxicola torquatus*; SERSERI - *Serinus serinus*; SITEURO - *Sitta europaea*; STUUNIC - *Sturnus unicolor*; SYLATRI - *Sylvia atricapilla*; SYLCANT - *Sylvia cantillans*; SYLMELA - *Sylvia melanocephala*; SYLUNDA - *Sylvia undata*; TROTROG - *Troglodytes troglodytes*; TURMERU - *Turdus merula*; TURVISC - *Turdus viscivorus*.

A lo largo de este primer eje se observa la separación de zonas de ocupación más homogénea, como bosques de producción y matorrales, de las zonas de ocupación más heterogénea principalmente agrícolas. También hubo una correlación positiva entre las variables de matorrales y bosques

Ao longo deste primeiro eixo nota-se a separação de áreas com ocupação mais homogénea, como florestas de produção e matos, de áreas mais heterogéneas com ocupação essencialmente agrícola. Verifica-se ainda uma correlação positiva entre as variáveis matos e pinhal e entre montado e

de pinos y entre dehesas y pastizales, hecho que ya se había observado en la matriz de correlación de *Pearson*.

En el segundo ACC se ha hecho una ordenación directa de las comunidades de passeriformes dispuestas en una matriz de ocurrencia de reproducción frente a una matriz con cuatro variables independientes, tres variables del paisaje y una métrica del relieve.

El primer eje presenta un valor propio de 0,104, que representa el 50,2% de la varianza total, con una correlación de 80,8%. El STD es la variable que más contribuye a la explicación de la variabilidad, con un valor de 0,89, seguido por la variable AWMSI (0,62). Por otra parte tenemos la variable SHEI (-0,60). La cantidad de variación total explicada con este grupo de cinco variables, por medio del valor obtenido por la suma de los valores propios canónicos, es de 0,208, lo que corresponde a 16%. Este resultado es significativamente menor al obtenido mediante las variables de uso del suelo.

Teniendo en cuenta los resultados de la contribución de la medida del relieve para la explicación de la variabilidad en comparación a los obtenidos por las medidas del paisaje, se decidió realizar nuevas ACC, pero sin incluir la STD con el fin de evaluar su importancia. Los resultados observados en este segundo análisis ordenativo fue más clara, ya que el valor obtenido en la suma canónica de los valores propios es 0,152, lo que corresponde a 11%.

En la tercera ACC, la ordenación directa de las comunidades de passeriformes dispuestas en una matriz de ocurrencia de reproducción frente a una matriz con 6 tipos fisionómicos de vegetación, los resultados del primer eje presentan un valor propio de 0,097 que representa el 45,6% de la varianza total, verificando una correlación de 78,6%. La variable Formaciones Herbáceas es la que más contribuye a la explicación de la variabilidad, con un valor de -0,76, seguida de la variable Formaciones Arbustivas (0,43).

pastagens, que já tinha sido observada na matriz de correlação de *Pearson*.

Na segunda ACC efectuou-se a ordenação directa das comunidades de passeriformes organizadas numa matriz de ocorrência de nidificação face a uma matriz com quatro variáveis independentes, três métricas da paisagem e uma métrica de relevo.

O primeiro eixo apresenta um valor próprio de 0,104 representando 50,2% da variância total, verificando-se uma correlação de 80,8%. A variável STD é a que mais contribui para a explicação da variabilidade, com um valor de 0,89, seguida da variável AWMSI (0,62). Em sentido antagónico encontra-se a variável SHEI (-0,60). A quantidade de variação total que conseguimos explicar com este grupo de cinco variáveis, através do valor obtido no somatório dos valores próprios canónicos, é de 0,208, e que corresponde a 16%. Este resultado é significativamente inferior ao obtido pelas variáveis de ocupação do solo.

Perante o resultado referente ao contributo da métrica do relevo para a explicação da variabilidade, comparativamente aos obtidos pelas métricas da paisagem, decidimos realizar nova ACC, mas sem incluir a STD de modo a aferir a sua importância. O resultado observado nesta segunda análise ordenativa foi esclarecedor, pois o valor obtido no somatório dos valores próprios canónicos, é de 0,152, e que corresponde a 11%, ou seja, menos 5% do que se incluisse o STD.

Na terceira ACC, a ordenação directa das comunidades de passeriformes organizadas numa matriz de ocorrência de nidificação face a uma matriz com 6 tipos fisionómicos da vegetação, os resultados do primeiro eixo apresentam um valor próprio de 0,097 representando 45,6% da variância total, verificando-se uma correlação de 78,6%. A variável Formações Herbáceas é a que mais contribui para a explicação da variabilidade, com um valor de -0,76, seguida da variável Formações Arbustivas (0,43). A quantidade de variação total que conseguimos explicar

La cantidad de variación total que se podría explicar con este grupo de seis variables, mediante el valor obtenido por la suma de los valores propios canónicos es de 0,213, lo que corresponde al 16%. Este resultado es similar al obtenido por las métricas espaciales y menor que el obtenido por los tipos de uso del suelo.

Del análisis del dendrograma obtenido fue posible establecer una separación en nueve grupos y llevar a su identificación.

También fue posible diferenciar dos grupos, uno compuesto por los clusters A, B y C, donde predomina el estrato arbóreo y el otro formado por los restantes clusters, en el que predomina el estrato arbustivo, pero con presencia significativa del estrato herbáceo.

CONCLUSIONES

Este estudio concluyó que el BIS tiene una diversidad avifaunística significativa, cuya distribución espacial se puede explicar por factores tales como la estructura y composición del paisaje.

Las métricas del paisaje: densidad de teselas (ED), tamaño medio teselar (MPS), índice medio de forma, ponderado por el área (AWMSI) e Índice de uniformidad de Shannon (SHEI) son los que tienen la mayor influencia. Sin embargo, se consideró ventajoso añadir un índice de rugosidad del terreno, el STD, que permite la caracterización del relieve.

Los resultados de la ACC mostraron la estrecha correlación entre estas métricas y la distribución de las aves. La varianza total explicada por las cinco métricas fue del 16%, un valor idéntico al obtenido por los seis tipos fisonómicos y un valor inferior al obtenido considerando las dieciséis clases relacionadas con el uso del suelo, que era del 37%. Por lo tanto, parece que, a pesar de la estructura de mosaico del paisaje que tiene una importancia no despreciable en la distribución de las especies paseriformes

com este grupo de seis variáveis, através do valor obtido no somatório dos valores próprios canónicos, é de 0,213, e que corresponde a 16%. Este resultado é similar ao obtido pelas métricas espaciais e inferior ao obtido pelos tipos de ocupação do solo.

Da análise do dendrograma obtido foi possível estabelecer uma separação em nove agrupamentos e realizar a sua identificação.

Foi também possível distinguir dois grupos com maior diferença, um composto pelos agrupamentos A, B e C, em que predomina o estrato arbóreo e outro formado pelos restantes agrupamentos e em que predomina o estrato arbustivo, mas com importante presença do estrato herbáceo.

CONCLUSÕES

Este estudo permitiu concluir que a BIS tem uma diversidade avifaunística significativa, cuja distribuição espacial pode ser explicada por factores como a estrutura e a composição da paisagem.

As métricas da paisagem densidade de fronteiras (ED), tamanho médio das manchas (MPS), índice de forma ponderada pela área das manchas (AWMSI) e índice de equitabilidade de Shannon (SHEI) são aquelas que apresentam maior influência. No entanto, foi considerado vantajoso adicionar um índice de rugosidade do terreno, como o STD, que permita caracterizar o relevo.

Os resultados da ACC mostraram a forte correlação entre estas métricas e a distribuição da avifauna, por isso foi importante a sua inclusão. A variação total explicada pelas cinco métricas foi de 16%, valor idéntico ao obtido pelos seis tipos fisonómicos da vegetação e valor inferior ao registado pelas dezasseis classes associadas à ocupação do solo, que foi de 37%. Assim, verifica-se que, apesar da estrutura do mosaico paisagístico ter uma importância não desprezável na distribuição das espécies

reproductoras, es la ocupación del suelo el factor más relevante.

Esta conclusión está en consonancia con muchos estudios que confirman que las aves responden de manera más significativa a la cubierta vegetal que a la configuración del paisaje (Uuemaa *et al.*, 2009).

Los resultados del análisis clasificatorio corroboran los obtenidos por los análisis ordenativos, que muestran claramente un paisaje que tiene una gran heterogeneidad, en la BIS coexisten muchos biotopos diferentes, que ofrecen una gama de diferentes nichos ecológicos, lo que permite la coexistencia de aves con distintas exigencias de hábitat.

También hay que destacar que existe una menor riqueza de especies en el oeste del área de estudio, dominada por sistemas forestales más homogéneos, con matorrales y pinar, en comparación con el este, lo que muestra una mayor heterogeneidad de ocupaciones y mayor diversidad estructural de hábitat. Este mosaico del paisaje pone a disposición de un mayor número de hábitat y nichos ecológicos, lo que explica la mayor riqueza de passeriformes.

de passeriformes nidificantes, é a ocupação do solo o factor mais relevante.

Esta conclusão está em conformidade com muitos estudos que verificam que as aves respondem de forma mais significativa à ocupação do solo do que à configuração da paisagem (Uuemaa *et al.*, 2009).

Os resultados da análise classificativa corroboram os obtidos pelas análises ordenativas, que mostram claramente uma paisagem muito heterogénea que tem uma leitura ecológica simples, na BIS coexistem muitos e distintos biótopos, que disponibilizam um leque de nichos ecológicos diferenciados, permitindo a coexistência de aves especialistas, sejam agrícolas ou florestais, com aves mais generalistas.

Foi verificado também que existe uma menor riqueza específica na zona oeste da área de estudo, onde predominam os sistemas florestais mais homogéneos, com dominância de matos e pinhal, comparativamente com a zona este, que evidencia maior heterogeneidade de ocupações e maior diversidade estrutural de habitats. Este mosaico paisagístico permite disponibilizar maior número de habitats e de nichos ecológicos, explicando assim a maior riqueza específica em passeriformes.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAFIA

- Atauri J, Lucio J, 2001.** The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology* 16: 147-159.
- BirdLife International, 2004.** Birds in the European Union: a status assessment. BirdLife International, Wageningen, The Netherlands.
- Catry P, Costa H, Elias G, Matias R, 2010.** Aves de Portugal. Ornitologia do território continental. Assírio & Alvim, Lisboa.
- Cushman S, McGarigal K, Neel M, 2008.** Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency. *Ecological Indicators* 8: 691-703.
- Cunha J, 2004.** Relação entre a composição e a estrutura da paisagem e a herpetofauna em Portugal (Tese de Mestrado). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Dallimer M, Marini L, Skinner A, Hanley N, Armsworth P, Gaston K, 2010.** Agricultural land-use in the surrounding landscape affects moorland bird diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 578-583.

- Dramstad W, 2009.** Spatial metrics – useful indicators for society or mainly fun tools for landscape ecologists? *Norsk Geografisk Tidsskrift – Norwegian Journal of Geography* 63: 246-254.
- Equipa Atlas, 2008.** Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (1999-2005). Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Parque Natural da Madeira e Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. Assírio & Alvim, Lisboa.
- Godinho C, Rabaça J, 2011.** Birds like it corky: the influence of habitat features and management of “montados” in breeding bird communities. *Agroforest Systems* 82: 183-195.
- Gustafson E, 1998.** Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art? *Ecosystems* 1: 143-156.
- Haines-Young R, Chopping M, 1996.** Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes. *Progress in Physical Geography* 20: 418-445.
- Honrado J, Gonçalves J, Lomba A, Vicente J, 2012.** Ecologia da paisagem e biodiversidade: da investigação à gestão e conservação. *Ecologi@* 5: 36-51.
- IGP, 2005.** Atlas de Portugal. Instituto Geográfico Português, Lisboa.
- IGP, 2010.** Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS2007). http://www.igeo.pt/e-IGEO/egeo_downloads.htm. Acesso em 15 Nov 2012.
- Jenness J, Brost B, Beier P, 2012.** Land Facet Corridor Designer. http://www.jennessent.com/arcgis/land_facets.htm. Acesso em 27 Jul 2012.
- Jet Propulsion Laboratory, 2004.** Shuttle Radar Topography Mission. <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm>. Acesso em: 24 Jul 2012.
- Leps J, Smilauer P, 2007.** Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO, 3ª edição. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Margalef R, 1958.** Information theory in ecology. *General Systems* 3: 36-71.
- McGarigal K, Marks B, 1995.** FRAGSTATS: Spatial Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA Forest Service - General Technical Report PNW-GTR-351. USDA Forest Service, Washington DC.
- Reino L, Beja P, Osborne P, Morgado R, Fabião A, Rotenberry J, 2009.** Distance to edges, edge contrast and landscape fragmentation: interactions affecting farmland birds around forest plantations. *Biological Conservation* 142: 824-838.
- Reino L, Porto M, Morgado R, Moreira F, Fabião A, Santana J, Delgado A, Gordinho L, Beja P, 2010.** Effects of changed grazing regimes and habitat fragmentation on Mediterranean grassland birds. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138: 27-34.
- Rempel R, Kaukinen D, Carr A, 2012.** Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research. <http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/> Acesso em: 9 Jul 2012.
- Santos K, Pino J, Rodà F, Guirado M, Ribas J, 2008.** Beyond the reserves: The role of non-protected rural areas for avifauna conservation in the area of Barcelona (NE of Spain). *Landscape and Urban Planning* 84: 140-168.
- SPSS, 2008.** Statistical Package for the Social Sciences 17.0.1. SPSS Inc., Chicago, Illinois.
- Ter Braak C, 1986.** Canonical correspondence analysis: a new eigen vector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Ter Braak C, Smilauer P, 2002.** CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- Titeux N, Dufrêne M, Jacob J, Paquay M, Defourny P, 2004.** Multivariate analysis of fine-scale breeding bird atlas using a geographical information system and partial canonical correspondence analysis: environmental and spatial effects. *Journal of Biogeography* 31: 1841-1856.

Turner M, 2005. Landscape Ecology: What is the state of the science? *Annual Reviews of Ecology Evolution, and Systematics* 36: 319-344.

Uemaa E, Antrop M, Roosaare J, Marja R, Mander U, 2009. Landscape metrics and Indices: An Overview of Their Use in Landscape Research. *Living Reviews in Landscape Research* 3.