

Universidade de Évora

Condicionantes ecológicas que afectam o Sisão durante o início de um ano agrícola



Nuno Rafael Rebelo Faria

Dissertação apresentada para obtenção do grau
de mestre em Biologia da Conservação.

Orientador: Prof. Doutor João E. Rabaça

Évora, 2009

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri.

Universidade de Évora

Condicionantes ecológicas que afectam o Sisão durante o início de um ano agrícola

Nuno Rafael Rebelo Faria

Dissertação apresentada para obtenção do grau
de mestre em Biologia da Conservação.

Orientador: Prof. Doutor João E. Rabaça



17137

Évora, 2009

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri.

Nota prévia

A dissertação que aqui se apresenta está estruturada de acordo com o formato usualmente utilizado no âmbito do Mestrado em Biologia da Conservação da Universidade de Évora. Privilegiou-se uma abordagem sintética a todos os elementos que constituem e em que se estrutura esta dissertação, por se afigurar como a mais adequada ao cumprimento de um preceito académico assente num trabalho de investigação científica.

Nos capítulos 1. e 2. apresenta-se respectivamente o Resumo e Abstract do trabalho desenvolvido. O capítulo 3. reporta-se à Introdução, onde de uma forma sintética, se apresenta a espécie em estudo, se enquadra o tema de trabalho e os objectivos gerais.

Seguidamente, no capítulo 4. apresenta-se o corpo do trabalho sob a forma de “artigo científico” já formatado de acordo com as disposições sugeridas pela revista *Ardeola* (ISSN 0570-7358, Impact Factor 0.659), periódico ao qual se vai submeter o manuscrito para publicação. No sentido de facilitar a leitura e compreensão do trabalho, introduziu-se como única alteração ao formato desejado pela revista o facto de as figuras e tabelas estarem inseridas no corpo do texto e não remetidas para as páginas finais.

No capítulo 5. Considerações finais, discutem-se de uma forma geral, os resultados obtidos e apresentam-se as principais conclusões do estudo realizado, procurando perspectivá-las numa óptica de conservação das populações de Sisão.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Prof. João E. Rabaça por ter aceite orientar esta tese de mestrado.

Ao ICNB que possibilitou este estudo no âmbito do Programa de Estágios profissionais.

Fica também aqui um agradecimento muito especial ao Dr. João Paulo Silva (ICNB) pela orientação nos trabalhos de campo e pela infinita paciência nas longas sessões de preparação do manuscrito sob a forma de artigo científico que constitui o corpo principal da presente tese.

Índice

Nota prévia	3
Agradecimentos	4
1. Resumo.....	6
2. Abstract.....	7
3. Introdução	8
4. Artigo científico - Condicionantes ecológicas que afectam o Sisão durante o início de um ano agrícola	12
5. Considerações finais	32
6. Bibliografia citada na introdução e nas considerações finais	34
7. Anexos	37

1. Resumo

Condicionantes ecológicas que afectam o Sisão durante o início de um ano agrícola

Este estudo foi realizado durante o Outono de 2001, em três áreas agrícolas do Sul de Portugal e tem como objectivo determinar quais os factores que influenciam a selecção de habitat pelo Sisão no Outono. A amostragem baseou-se na realização de transectos a pé. A identificação das preferências de habitat e o desenvolvimento de modelos preditivos foi realizada recorrendo a modelação linear (GLM) e aditiva (GAM).

Os resultados da análise à escala da paisagem indicaram que a espécie prefere restolhos de cereal e pousios. Adicionalmente, foram seleccionadas as áreas com melhores solos e mais próximas das linhas de drenagem. As análises relativas ao microhabitat sugerem que o Sisão utiliza preferencialmente áreas com vegetação herbácea baixa e com elevada disponibilidade de plantas verdes.

Os resultados sugerem que a disponibilidade alimentar é ainda limitante durante esta época, pelo que a implementação de medidas agro-ambientais compreendendo a manutenção dos sistemas cerealíferos tradicionais e consequentemente dos restolhos e pousios nas áreas com solos mais produtivos, são as medidas adequadas para promover os habitats da espécie.

Palavras-chave: Sisão, Outono, preferências de habitat, plantas verdes, restolhos, pousios.

2. Abstract

Ecological constraints affecting the Little Bustard during the beginning of an agricultural year

This study was carried out in the autumn of 2001, in three cultivated areas of southern Portugal and aims to determine the factors that influence the habitat selection of the Little Bustard in that period of the year. Foot transects were used to locate Little Bustards. GLM and GAM modelling were performed to identify the species' habitat preferences and to develop explanative occurrence models.

The results of the landscape analysis indicate that Little Bustards exhibit a preference for cereal stubbles and fallow lands. Additionally, birds were mostly found in fields with best soils and close to water drainage lines. Microhabitat analysis shows that birds seem to prefer short grassy vegetation, where the availability of green plants is higher.

Results suggest that food availability is still limiting for the species at this season. Therefore, the implementation of agri-environmental schemes comprising the maintenance of traditional cereal farming and consequently stubbles and fallow land within areas with more productive soils, are adequate measures to promote suitable foraging habitats for the Little Bustard.

Key words: Little Bustard, autumn, habitat preferences, green plants, stubbles, fallow land.

3. Introdução

O Sisão *Tetrax tetrax* (Cl. Aves, Ord. Gruiformes, Fam. Otidae) é uma espécie de distribuição paleártica que, no contexto europeu, ocupa essencialmente áreas agrícolas de relevo ondulante e com coberto arbóreo/arbustivo escasso ou ausente. Durante o período pós-reprodutor a espécie é gregária, alimentando-se preferencialmente de Leguminosas e Crucíferas (Cramp and Simmons, 1980). Trata-se de uma espécie incluída no anexo I da Directiva Aves da União Europeia (74/409/CEE), sendo considerada “prioritária” ao abrigo da legislação europeia. Em termos globais, a sua distribuição actual divide-se em duas áreas distintas: a Leste, ocupando as estepes da Rússia e Cazaquistão e a Oeste prevalecendo as populações ibéricas como as mais expressivas em termos numéricos. Em Portugal, ocorre preferencialmente na planície alentejana e de um modo residual em algumas zonas da Beira Interior e de Trás-os-Montes (Equipa Atlas, 2008). De acordo com o Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal (Cabral *et al.*, 2006), a espécie está classificada como *Vulnerável*, estando a população portuguesa pós-reprodutora/invernante estimada em 7 000-16 000 indivíduos (Silva & Pinto, 2006). Em Espanha, a espécie está classificada como *Vulnerável* (Madroño *et al.*, 2004) e a tendência das suas populações ao longo dos últimos 20 anos tem sido regressiva.

Nas últimas décadas o Sisão tem vindo a desaparecer de algumas zonas da sua área de distribuição em Portugal. Já nos anos sessenta do século passado, Elpidio (1963) assinalava um decréscimo “talvez preocupante” dos efectivos da espécie. Na origem deste desaparecimento estarão provavelmente a intensificação agrícola, o aumento da pressão de pastoreio e o abate ilegal (de Juana and Martinez, 1999).

O Sisão é uma espécie que beneficia das condições oferecidas pela dinâmica espacial e temporal dos sistemas agrícolas extensivos tradicionais, existentes em boa

parte do Sul de Portugal e Centro e Sul de Espanha (e.g. Suárez *et al.*, 1997), onde é possível encontrar alternâncias espaciais e temporais de folhas com cultivos de cereal, pousios, pastagens, terrenos lavrados, restolhos e outras culturas. Este mosaico dinâmico promove diferentes recursos em diversas épocas do ano, potenciando a ocorrência de um fundo avifaunístico particularmente importante em termos de conservação, tendo em conta que algumas dessas espécies são prioritárias a diferentes escalas geográficas, como por exemplo a Abetarda *Otis tarda* e o Francelho *Falco naumanni*.

Na última década assistiu-se a um aumento assinalável do conhecimento sobre as populações ibéricas (ver por exemplo Faria & Rabaça, 2004; Silva *et al.*, 2004; Garcia *et al.*, 2007; Morales *et al.*, 2008) e francesas (Jiguet *et al.*, 2002; Wolff, 2001), nomeadamente no respeito ao período de reprodução, demografia e uso do espaço no período de recrutamento populacional. Não obstante, subsistem ainda algumas lacunas de conhecimento em Portugal, sobre os hábitos da espécie durante a fase do ano em que as aves exibem um comportamento gregário (Julho a Março).

Na sequência da problemática de conservação da espécie, o Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ICNB) decidiu iniciar em 1998 (à época a designação da instituição era ICN), um programa de estudos para o Sisão. No âmbito deste programa e no quadro do Plano de estágios do ICN foi proposta a realização de um estudo durante a fase gregária para o Sisão, no Verão e no Outono. A informação relativamente ao Outono é precisamente o objecto desta tese de Mestrado.

3.1. Objectivos gerais

No Alentejo, o início do ano agrícola tem lugar habitualmente no Outono. Nesta fase assiste-se a um aumento da actividade agrícola nos campos, à lavra dos

restolhos e á sementeira de cereal, cenários que perfilam um aumento da perturbação e alterações na matriz de habitats. Por outro lado com as primeiras chuvas assiste-se à regeneração da vegetação, situação que proporciona um aumento da disponibilidade alimentar. Tendo em conta a problemática anteriormente apresentada, a questão que se perfila de imediato é saber “Em que medida é que as particularidades deste período do ano influenciam a utilização dos habitats pelo Sisão?”

Tendo em conta a dinâmica dos sistemas agrícolas ao longo do ano, importa perceber os requisitos da espécie nas diferentes fases do ciclo agrícola, de forma a produzir medidas de gestão eficazes para a conservação da espécie. Neste sentido, o objectivo primordial deste trabalho é identificar os principais factores que influenciam a ocorrência do Sisão durante o início de um ano agrícola no Outono. Serão privilegiados dois níveis de abordagem: 1) à escala da paisagem; e 2) à escala do microhabitat. Ao nível da paisagem pretende-se avaliar a preferência da espécie relativamente aos usos dos solos e à sua componente intensiva, extensiva ou semi-intensiva. Adicionalmente, pretende-se inferir a importância das características do terreno, disposição espacial de infra-estruturas e de aglomerados populacionais e dos tipos/usos do solo. A componente microhabitat tem como objectivo relacionar a distribuição da espécie com os parâmetros da vegetação, nomeadamente com a altura, a percentagem de coberto e a disponibilidade de matéria vegetal verde. A informação e resultados obtidos deverão permitir *a posteriori* a definição de medidas de gestão susceptíveis de contribuir para a conservação da espécie.

A preparação deste estudo compreendeu *a priori* a avaliação no terreno de vários locais para a sua realização. Todas as áreas visitadas encontravam-se referenciadas como particularmente importantes para o Sisão durante a fase gregária. Como resultado deste processo de avaliação foram seleccionadas três áreas agrícolas na região Alentejo: Campo Maior, área parcialmente afecta à Zona de Protecção Especial (ZPE) de Campo Maior; Cuba-Beja, envolvendo os concelhos de Cuba, Vidigueira e Beja; e Castro Verde, numa área incluída na ZPE de Castro Verde

Os resultados deste estudo são apresentados adiante, em língua inglesa e sob o formato de um artigo científico a submeter para publicação.

4. Artigo científico - Condicionantes ecológicas que afectam o Sisão durante o início de um ano agrícola

ECOLOGICAL CONSTRAINTS AFFECTING THE LITTLE BUSTARD DURING THE BEGINNING OF AN AGRICULTURAL YEAR

Nuno Faria^{a,b} and João Paulo Silva^{a,c,d}

Author's address:

^aInstitute for Nature Conservation and Biodiversity, Rua de Santa Marta, 55, 1150-294 Lisboa, Portugal;

^bLabOr – Laboratory of Ornithology, and Mediterranean Landscapes and Ecosystems Research Group, ICAAM, Universidade de Évora, 7002-554 Evora, Portugal, e-mail: farnuno@uevora.pt;

^cCentre for Applied Ecology “Prof. Baeta Neves”, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisbon, Portugal;

^dCentre for Environmental Biology, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisbon, Portugal;

ECOLOGICAL CONSTRAINTS AFFECTING THE LITTLE BUSTARD DURING THE BEGINNING OF AN AGRICULTURAL YEAR

NUNO FARIA and JOÃO PAULO SILVA

SUMMARY

Aims: This study aims to determine the factors that influence the habitat selection of the threatened little bustard *Tetrax tetrax* at the beginning of the agricultural year during the autumn season, both at landscape and microhabitat scales.

Location: Three cultivated areas of Alentejo, southern Portugal, presenting a dominance of cereal crops in open habitats.

Methods: Foot transects were used to locate little bustards, during autumn 2001. GLM and GAM modelling were performed to identify the species' habitat preferences and to develop explanative occurrence models.

Results: The results of the landscape analysis indicate that Little Bustards prefer cereal stubbles and fallow lands. Additionally, birds were mostly found in fields with best soils and close to water drainage lines. Microhabitat analysis shows that bustards preferred short grassy vegetation, where the availability of green plants is higher.

Conclusions: Results suggest that food availability is still limiting for the species at the beginning of the agricultural year, during the autumn season. The implementation of agri-environmental schemes comprising the maintenance of traditional cereal farming and consequently stubbles and fallow land within areas with more productive soils, are adequate measures to promote adequate foraging habitats for the little bustard.

Key words: Little bustard, autumn, habitat preferences, green plants, stubbles, fallow land.

INTRODUCTION

The little bustard *Tetrax tetrax* is a medium-sized grassland bird. This species has a Palearctic distribution and presently has two distinct populations: one in the west, ranging from Portugal, Spain, France, southern Italy and parts of Morocco; and the other in East Asia, ranging from Russia to Kazakhstan (Del Hoyo *et al.*, 1996).

Since late 19th century, this species has experienced a dramatic decline in numbers and range, mainly due to agricultural intensification (Schulz, 1985; De Juana *et al.*, 1993; Goriup, 1994; Garcia *et al.*, 2007), being already extinct in several countries of central-eastern Europe and North Africa (Schulz, 1985). The Iberian Peninsula agricultural landscapes support the most viable population of the species (Schulz, 1985, De Juana and Martinez, 2001). In here the species is mostly resident or partially migratory, exhibiting during the post-breeding period (i.e. between summer and winter) dispersal movements possibly associated with a search for better feeding areas (Silva *et al.*, 2007). During this period, the species is gregarious, and flocks of several hundred individuals can be seen during the winter period (Pinto, 1998), feeding preferably on *Leguminosae* and *Cruciferae* species (Cramp and Simmons, 1980).

Winter habitat selection is thought to be strongly influenced by predator avoidance, occurring mainly in recent fallows (stubbles) characterized by relatively sparse, short vegetation and avoiding disturbed areas (Silva *et al.*, 2004). On the other hand, within the Mediterranean climate, summer is a critical period for the little bustard due to shortage of food, not showing a clear preference towards any specific land use; its occurrence is mostly determined by the presence of green plants, representing food availability (Silva *et al.*, 2007).

In autumn, with the beginning of the new agricultural year, farm machinery movements are expected to increase leading to higher disturbance levels. On the other hand, stubbles are expected to diminish considerably due to ploughing and subsequent sowing of cereals, conducting to important modifications on the habitat matrix.

Conversely, food availability is expected to increase with the first rains. The extent how these factors might still condition the species's distribution is unknown. Because of the highly dynamic nature of these agro-ecosystems, a thorough knowledge on the Little Bustard's habitat preferences is needed to sustain sound management practices along the yearly cycle, yet information on habitat selection during the this season is both scarce and superficial, restricted to the works of Leitão and Costa (2001) and Wolff *et al.* (2001).

With this study we aim to understand the main environmental factors that determine Little Bustard's occurrence at the beginning of the agricultural year during autumn and delineate management measures that will favour its conservation. For this purpose we adopt a multivariate analysis to compute predictive models of occurrence of the species both on a landscape and microhabitat scale.

METHODS

Study area

Three areas in the Alentejo region (southern Portugal) were selected for this study: Campo Maior, Cuba-Beja and Castro Verde (Figure 1). All areas are Important Bird Areas (IBAs), classified by BirdLife International (Costa *et al.*, 2003) and are considered important for the species' conservation. Castro Verde and part of the Campo Maior and Cuba-Beja areas are also classified as Special Protection Areas (SPAs).

These three areas are similar at a landscape level by presenting a dominance of cereal crops in open habitats; nonetheless, they differ in extent of fallow land and irrigated crops, presenting a gradient of agricultural intensification. The area of Campo Maior, with 3303ha, is a flat open area, located in the northern part of the Alentejo

province and is mostly dedicated to intensive crop production. In recent years many farms were converted to irrigation and therefore crops such as corn, sunflower, beetroot, alfalfa, flax, olive groves and orchards alternate with cereal fields, some of which are also irrigated. Fallows are poorly represented in this area (7%).

Cuba-Beja and Castro Verde are in the southern part of the Alentejo province. The first is an open, semi-extensive cultivated area (2522ha) where cereal, fallow land and sunflower fields are dominant. Irrigated crops are less abundant and limited to some fields of melon, corn and, to a lesser extent, sunflowers. Castro Verde (3089ha) is characterised by typical extensive cereal agriculture, where traditional crop rotation systems and livestock handling are applied. The cereal fields are alternated with fallow land (54% of the total area) in cycles ranging from 1 to 5 years.

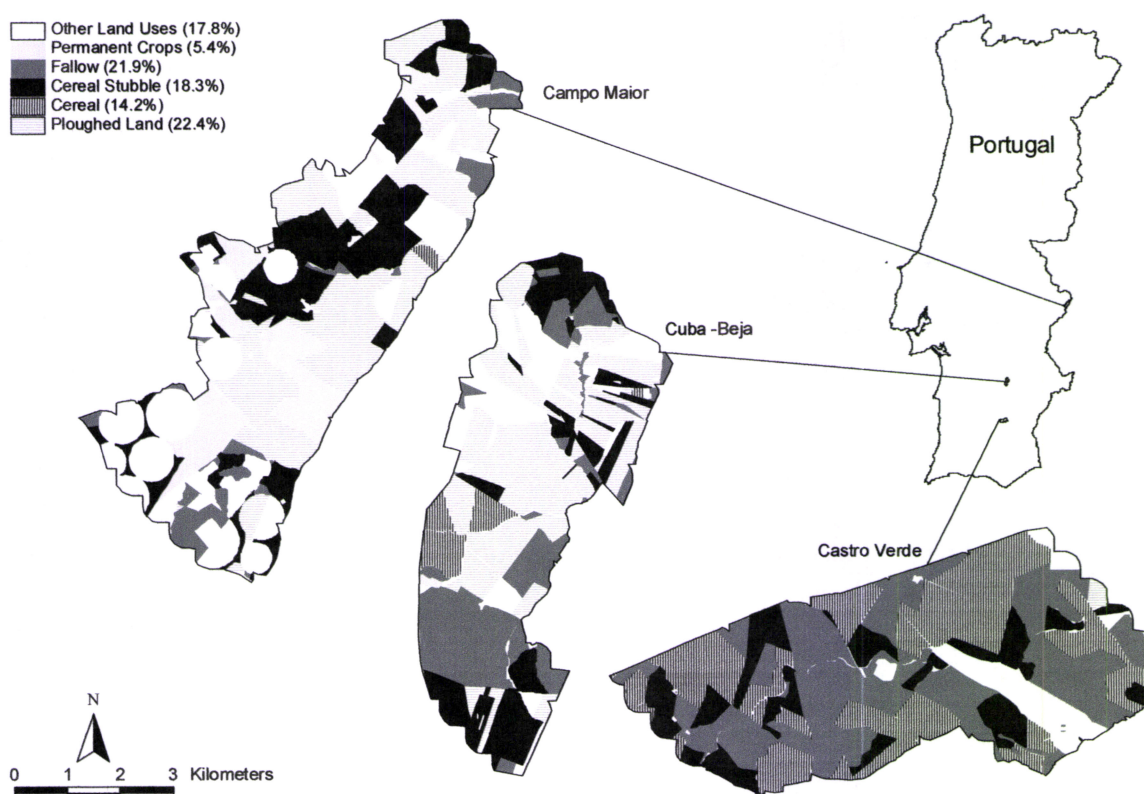


Figure 1. - Location and land use in the three areas of study during autumn 2001 (total percentage of each land use is presented in brackets).

In autumn, the above-mentioned crops have been harvested, and therefore only part of stubbles remains. Extensive sheep grazing is the main type of grazing in the study areas; cattle's grazing is less common, but is found locally and is seasonally intensive.

All areas are located in the Meso-Mediterranean region (Rivas-Martinez, 1981), with mean temperatures ranging from 15 to 17.5°C and annual precipitation about 500 to 600mm (IA, 1975).

Data collection

The study area was sampled in a manner similar to the one described by Silva *et al.* (2004), using foot transects. Field work took place after the first autumn rains, from mid October to mid December of 2001 and in the first three and a half hours after sunrise. Castro Verde area was the last sampled area because its low soil productivity is expected to temporally extend the potential limitations of this season.

Thirty seven variable-length zigzag foot strip-transects (Bibby *et al.*, 2000) were surveyed once in the season. These transects, averaging a sum of 60Km per area, were separated by intervals of 500 meters and a strip band of 300 meters in width was considered. Only flocks or individuals at least 100 meters apart from one another were considered to be an independent sample unit. The centre of each site was defined according to the following criteria: i) presence of recent droppings; ii) concentration of droppings; and iii) concentration of feathers.

In order to evaluate the availability of the different land uses, the study areas were mapped (land uses representing less than 5% of the total area were grouped in the category *Other Land Uses*, Figure 1). In this map, 45 random sites (absence data) at least 500 meters apart from each other and proportionally distributed according to the size of each area were defined. Only random sites spaced out at least 200 meters

from little bustard sites were entered into the analyses.

The information on vegetation structure was obtained from nine sampling replicates: a central replicate and eight peripheral replicates, disposed according to the four main cardinal directions. The first four replicates were distanced 10 meters from the central replicate, and the other four were 20 meters distant. Additionally, two conceal measurements were assessed at the center of each sampling site, using a cover board, viewed from a 45° angle above the ground and from ground level or 0° (Novoa *et al.*, 1998; Bibby *et al.*, 2000).

The information on grazing was collected from eight strip-transects, with a 2 meter wide band and 10 meters long, obtained by walking between each sampling replicate. The presence or absence of droppings of different types of livestock was registered along these transects, thus conducting to a grazing index from 0 to 8.

Statistical Analyses

Generalised linear modelling (GLM) and generalised additive modelling (GAM) with integrated automatic smoothness estimation were used to obtain relationships both at landscape and microhabitat scales. GLM and GAM modelling were performed using “mgcv” package (Wood, 2009) of R for Windows (R Development Core Team, 2007), with binomial error and a logit link-function. Cross-validation and cubic regression splines were used to estimate the degrees of freedom for each smoother of additive variables.

Seventeen variables were considered for this study (Table 1). Candidate variables entering the multivariate models were previously inspected for collinearity by calculating Pearson’s correlation. No correlations higher than 0.6 were found between those variables included in the calculations.

Table 1. Variables used for habitat description.

Variable	Source	Description of the variable
Location		Location of study sites: Campo Maior, Cuba-Beja or Castro Verde.
<u>Landscape variables</u>		
Land use heterogeneity	GIS Layers	Number of land uses within a 200 meter radius around sampling sites.
Slope	Field Data	Mean slope of hill.
Soils	GIS Layers	Capability of use of soil – dominant type. From type A (best quality soils) to type E (lowest quality soils).
Distance to inhabited houses	GIS Layers	Distance to the nearest inhabited house.
Distance to roads	GIS Layers	Distance to the nearest road.
Distance to rivers	GIS Layers	Distance to the nearest river.
Distance to tracks	GIS Layers	Distance to the nearest track.
Distance to waterlines	GIS Layers	Distance to the nearest water drainage line.
Land uses	GIS Layers	Percent of each land uses within a 200 meter radius around sampling sites. Land use types considered: ploughed lands, permanent crops, cereal, cereal stubbles, fallow (grazed or not), other land uses.
<u>Microhabitat variables</u>		
Concealment index - 45°	Field Data	Concealment index between the observer and the cover board device placed at the central replicate from a 45°-angle view.
Concealment index – ground	Field Data	Same as the previous description but measured from the ground level.
Green plant material	Field Data	Estimated percent of green plant material cover.
Vegetation cover	Field Data	Estimated percent of vegetation cover.
Vegetation height	Field Data	Measured mean vegetation height.
Sheep grazing	Field Data	Index of sheep grazing.
Cattle grazing	Field Data	Index of cattle grazing.

Model selection was achieved by calculating Akaike's information criterion (AIC; Wang and Liu, 2006; Zuur *et al.*, 2007) for all possible models. The model with the lowest AIC was selected as the most parsimonious model that fitted the data, i.e. the one that incorporated the most variation using the smallest number of estimated parameters.

The accuracy of the models was assessed using the Area Under the Curve (AUC), obtained from Receiver Operating Characteristic (ROC) plots (Fielding and Bell, 1997; Pearce and Ferrier, 2000). Potential spatial autocorrelation on data residuals was assessed through Moran's I statistic (Lee and Wong, 2001; Dormann *et al.*, 2007) and "spdep" package (Bivand, 2008) was used in the calculations.

RESULTS

A total of 28 little bustard flocks were registered (357 individuals, Figure 2). The mean number of individuals per observation was of 12.75 ± 16.45 (mean \pm SD) and the largest flock reached 64 individuals. More than 82% of the little bustards occurrences were found in fallows and stubbles (of cereal, sunflower and melon), land uses that occupied about 43.8% of the study area.

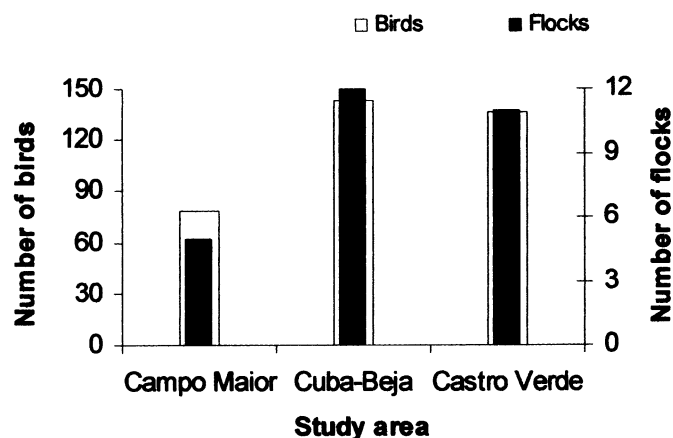


Figure 2. - Flock and bird numbers in each one of the three study areas.

Linear model for landscape analysis indicates that cereal stubble and best soils are the most important factors for the occurrence of the species (Table 2). Fallows are also important habitats; additionally flocks tend to concentrate in most homogenous areas in terms of land use and close to water draining lines. No relationships were found for roads, tracks or inhabited houses. This model presents an AUC of 0.89 ($P < 0.001$) suggesting a good discrimination accuracy between bustard and random sites. No significant spatial autocorrelation was found on data residuals (Moran's $I = 0.01$, $p = 0.73$, n.s.).

The additive model obtained for microhabitat analysis indicates that the availability of green plants is the most important microhabitat variable for the occurrence of the species (Table 3). Birds were also mainly related to a vegetation height of about 10cm high (Fig. 3), although the contribution of this variable for the model is weaker. No significant relationships were obtained for grazing or concealment indexes. This model returned an AUC of 0.79 ($P < 0.001$) suggesting a reasonable discrimination accuracy between bustard and random sites. No significant spatial autocorrelation was found on data residuals (Moran's $I = 0.02$, $p = 0.61$, n.s.).

Table 2. Summary results of landscape GLM model for little bustard occurrence
(Random sites = 45, little bustard sites = 28).

Variables	Estimate	Std. Error	Z-value	P-value
Cereal stubbles	4.81	1.59	3.03	0.002
Distance to waterlines	0.00	0.00	-2.63	0.009
Fallow	3.19	1.25	2.56	0.010
Land use heterogeneity	-1.56	0.60	-2.58	0.010
Type A vs. B	-4.41	1.47	-3.00	0.003
Type A vs. C	-3.52	1.08	-3.27	0.001
factor(Soils)				
Type A vs. D	-2.47	1.15	-2.16	0.031
Type A vs. E	-3.30	1.37	-2.40	0.016

Table 3. Summary results of microhabitat GAM model for little bustard occurrence

(Random sites = 45, little bustard sites = 28).

Parametric coefficients	Estimate	Std. Error	Z-value	P-value
Green plants	4.316	1.521	2.838	0.005
Smooth terms	Edf	Ref.df	Chi.sq	P-value
s(Vegetation height)	1.891	2.391	7.136	0.041

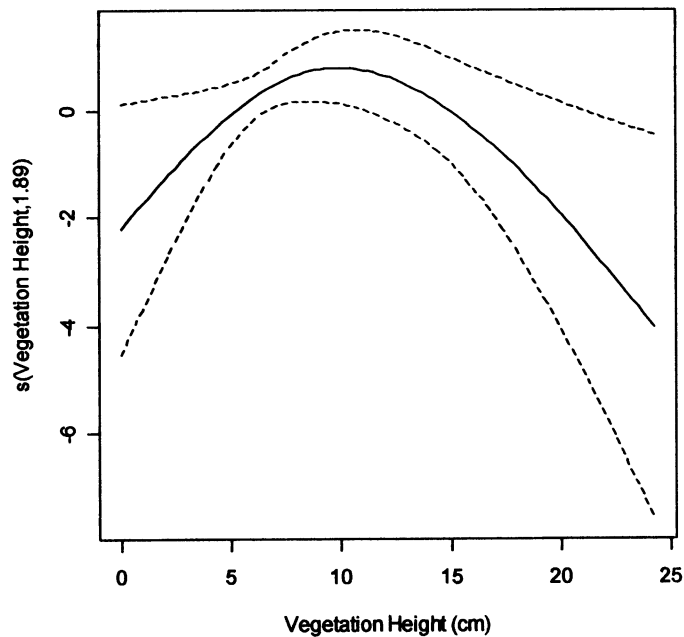


Figure 3. Smoothing curve for *Vegetation height* resulting from little bustard microhabitat GAM model. The vertical axes represent the contribution to the fitted values. The dotted lines are 95% confidence bands.

DISCUSSION

Habitat preferences

Landscape variables seem to be much more effective than microhabitat variables to model little bustard occurrence during the beginning of the agricultural year. Cereal stubbles were the preferred land-use, as found in other habitat selection studies carried out during the non-breeding seasons (Leitão and Costa, 2001; Silva *et al.*, 2004). Cereal stubbles generally present sparse vegetation, favouring, after the first autumn rains, a fast growth of green vegetation and consequently the augmentation of species' main food resource during this season (Jiguet, 2002). Other stubbles, namely sunflower and melon, may also be important for the species; however, because these habitats were poorly represented in the study area, their importance was not assessed.

Fallows seem also to be important for the species, although their attractiveness may depend on the removal of the dry vegetation through summer grazing or cutting. This is probably because tall dry vegetation causes shadowing and atrophy reducing the growth of new green plants (Hobbs, 1996).

Little Bustard's preference for the best soils is possibly related to the higher productivity in terms of quality and quantity of plant trophic resources, enabling in the short-term larger availability on green plants. Furthermore, supporting these results most of autumn-winter population found in the Portuguese census of little bustard was detected in areas with high productive soils (J. P. Silva, pers. obs.).

By comparing the availability of the preferred land uses (fallow land and stubbles) between the summer season (Silva *et al.*, 2007) and autumn, there is a notable decrease of 23%, which is due to the conversion of these land uses to ploughed lands that are sown at the beginning of the agricultural year. Therefore this decrease of fallow land and stubbles, along with the specie's preference towards more productive soils of limited availability, lead us to believe that at the beginning of the

agricultural year food resources might still be limiting for the little bustard. The selection of sites closer to water drainage lines is a further argument on this hypothesis, since it is expected a larger availability of green vegetation in the areas where the water concentrate after the rainfalls.

Preferred vegetation height is somewhat shorter than that one described for winter and breeding season (10 to 30cm; Silva *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2008). To some extent this result might be related to a shorter range of vegetation height available during this season. On the other hand, due to limited food resources, cover requisites might be less critical, as seen in a summer habitat selection study (Silva *et al.*, 2007). This suggests that when food is scarce foraging could occur in non-optimal cover environments, with greater predation risk.

The selection of less heterogeneous areas in terms of land use probably reflects the preference of less disturbed and extensive areas. Higher levels of land use heterogeneity are related to movements of farm machinery due to ploughing and sowing, resulting in temporary structural changes in the land use spatial arrangement, characterised by several small sized patches of different land uses. Agricultural intensification could possibly explain why so few flocks and birds were found in Campo Maior. Evident aspects of this intensification are the lack of fallow land and inverse augmentation of irrigated lands, substantial amounts of ploughed stubbles, recent plantations of permanent crops, high levels of agrichemicals and disturbance caused by the permanent movement of farm machinery.

Management and conservation implications

This study evidences important food availability limitations, which still affects the little bustard at the beginning of the agricultural year during the autumn. According to our results cereal stubbles and fallows are the most adequate foraging habitats for the

species. The maintenance of cereal stubbles has been experimented in several agri-environment schemes across Europe (Suárez *et al.*, 2004; Vickery *et al.*, 2004; Llusia and Oñate, 2005; Moreira *et al.*, 2005), however not always favouring the occurrence of steppic birds (Suárez *et al.*, 2004; Llusia and Oñate, 2005). These land uses could be ensured through an agri-environmental prescription that promotes traditional rotational cereal farming. Promoting these land uses within productive soils and with livestock rearing as a complement of the extensive rotational cereal agro-system, will probably return best results for species conservation.

Large irrigated perimeters are being created in Cuba-Beja area and are susceptible to create a very significant negative impact on the little bustard's local populations and other steppe birds by making possible the replacement of dry cereal practices by irrigated crops, some of which permanent crops, representing altogether loss or degradation of the habitat. Because traditional cereal farming is economically marginal, agro-environmental schemes are needed in order to maintain the habitat suitability for the little bustard.

Lastly, further investigation is needed to evaluate the impact of different livestock densities on bird abundance and understand to what extent foraging grounds for little bustard's through grazing are promoted, since heavy grazing frequently has been associated with a decrease in bird abundance and diversity in similar habitats (Milchunas *et al.*, 1998; Gonnet, 2001; Báldi *et al.*, 2005).

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to the farmers who kindly permitted our fieldwork to take place on their lands. We would also like to thank the Natural Park of the Guadiana Valley and Lurdes Carvalho for all the logistic support. João E. Rabaça provided helpful comments on the manuscript. J. P. Silva was partially financed by grant SFRH/BD/28805/2006.



REFERENCES

- Báldi, A., Batáry, P. and Erdős, S. 2005. Effects of grazing intensity on bird assemblages and populations of Hungarian grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108: 251-263.
- Bibby, C., Burgess, N. and Hill, D., eds. 2000. *Bird census techniques* (2nd Ed.). Academic Press. London.
- Bivand, R. 2008. *Spdep: Spatial dependence: weighting schemes, statistics and models*. R package version 0.4-21.
- Costa, L.T., Nunes, M., Geraldes, P. and Costa, H. 2003. *Zonas Importantes para as Aves em Portugal*. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves. Lisboa.
- Cramp, S. and Simmons, K.E.L. (Ed) 1980. *The Birds of the Western Palearctic*. Vol. II. University Press. Oxford.
- De Juana, E. and Martinez, C. 2001. Little bustard (*Tetrax tetrax*). In, N. Schaffer and U. Gallo-Orsi (Ed.): *European Union Action Plans for Eight Priority Bird Species*, pp. 1-17. European Commission. Luxembourg.
- De Juana, E., Martín-Novella, C., Naveso, M.A., Pain, D.J. and Sears, J. 1993. Farming and birds in Spain: threats and opportunities for conservation. *RSPB Conservation Review*, 7: 67-73.
- Del Hoyo, J., Elliott, A. and Sargatal, J. (Ed) 1996. *Handbook of the birds of the world*. Vol. 3. Lynx Editions. Barcelona.

Dormann, C.F., McPherson, J.M., Araújo, M.B., Bivand, R., Bolliger, J., Carl, G., Davies, R.G., Hirzel, A., Jetz, W., Kissling, D.W., Kühn, I., Ohlemüller, R., Peres-Neto, P.R., Reineking, B., Schröder, B., Schurr, F. and Wilson, R. 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography*, 30: 609-628.

Fielding, A.H. and Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24: 38-49.

García, J., Suárez-Seoane, S., Miguélez, D., Osborne, P.E. and Zumalacárregui, C. 2007. Spatial analysis of habitat quality in a fragmented population of little bustard (*Tetrax tetrax*): Implications for conservation. *Biological Conservation*, 137: 45-56.

Gonnet, J.M. 2001. Influence of cattle grazing on population density and species richness of granivorous birds (Emberizidae) in the arid plain of the Monte, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 48: 569-579.

Goriup, P.D. 1994. The little bustard *Tetrax tetrax*. In, G. M. Tucker and M. F. Heath (Ed.): *Birds in Europe: their conservation status*, pp. 236-237. BirdLife International. Cambridge.

Hobbs, N.T. 1996. Modification of ecosystems by ungulates. *Journal of Wildlife Management*, 60: 695-713.

IA 1975. *Temperatura - Valores Médios Anuais (graus centígrados), Período 1931-1960*. Instituto do Ambiente. Lisboa. <http://www.iamambiente.pt/atlas/est/>

Jiguet, F. 2002. Arthropods in diet of Little Bustards *Tetrax tetrax* during the breeding season in western France. *Bird Study*, 49: 105-109.

Lee, J. and Wong, D.W.S. 2001. *Statistical analysis with Arcview GIS*. John Wiley and Sons. New York.

Leitão, D. and Costa, L. T. 2001. First approach to the study of the non-breeding abundance and habitat use by the little bustard *Tetrax tetrax* in the lower Tejo Grasslands (South Portugal). *Airo*, 11: 37-43.

Llusia, D. and Oñate, J.J. 2005. Are the conservation requirements of pseudo-steppe birds adequately covered by spanish agri-environmental schemes? An ex-ante assessment. *Ardeola*, 52: 31-42.

Milchunas, D.G., Lauenroth, W.K. and Burke, I.C. 1998. Livestock grazing: animal and plant biodiversity of shortgrass steppe and the relationship to ecosystem function. *Oikos*, 83: 65-74.

Moreira, F., Beja, P., Morgado, R., Reino, L., Gordinho, L., Delgado, A. and Borralho, R. 2005. Effects of field management and landscape context on grassland wintering birds in Southern Portugal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109: 59-74.

Novoa, C., Dumas, S. and Prodon, R. 1998. Changes in reproductive habitat of Grey Partridge after burning. *Journal of Range Management*, 51: 607-613.

Osborne, P.E., Alonso, J.C. and Bryant, R.G. 2001. Modelling landscape-scale habitat use using GIS and remote sensing: a case study with Great Bustards. *Journal of Applied Ecology*, 38: 458-471.

Pearce, J. and Ferrier, S., 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling*, 133: 225-245.

Pinto, M. 1998. Sisão *Tetrax tetrax*. In, G. L. Elias, L. M. Reino, T. Silva, R. Tomé and P. Geraldès (Ed.): *Atlas das Aves Invernantes do Baixo Alentejo*, pp. 160-161. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa.

Potts, D. 1997. Cereal farming, pesticides and Grey Partridges. In, D. J. Pain and M. W. Pienkowski (Ed.): *Farming and Birds in Europe. The Common Agricultural Policy and its Implication for Bird Conservation*, pp. 150-177. Academic Press. London.

R Development Core Team 2007. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. <http://www.R-project.org>.

Rivas-Martinez, S. 1981. Les étages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Ibérique. *Anales Jardin Botanica Madrid*, 37: 251-268.

Schulz, H. 1985. A review of the world status and breeding distribution of the Little Bustard. *Bustard Studies*, 2: 131-152.

Silva, J. P., Faria, N., and Catry, T. 2007. Summer habitat selection by the little bustard (*Tetrax tetrax*) in Iberian agricultural landscapes. *Biological Conservation*, 139: 186-194.

Silva, J.P., Pinto, M. and Palmeirim, J. 2001. Selecção de habitat do Sisão (*Tetrax tetrax*) em época de reprodução numa paisagem agrícola do sul de Portugal: resultados preliminares. In, *Quel avenir pour l'outarde canepetière en Europe. Actes du*

4^{ème} séminaire international LIFE Outarde, pp. 36-43. Ligue pour la protection des Oiseaux (LPO). Castuera.

Silva, J.P., Pinto, M. and Palmeirim, J.M. 2004. Managing landscapes for the little bustard *Tetrax tetrax*: lessons from the study of winter habitat selection. *Biological Conservation*, 117: 521-528.

Suárez, F., Garza, V., Oñate, J.J., García De La Morena, E.L., Ramírez, A. and Morales, M.B. 2004. Adequacy of winter stubble maintenance for steppe passerine conservation in central Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104: 667-671.

Vickery, J.A., Bradbury, R.B., Henderson, I.G., Eaton, M.A. and Grice, P.V. 2004. The role of agri-environment schemes and farm management practices in reversing the decline of farmland birds in England. *Biological Conservation*, 119: 19-39.

Wang, Y. and Liu, Q. 2006. Comparison of Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC) in selection of stock-recruitment relationships. *Fish. Res.* 77: 220-225.

Wolff, A., Martin, J.L. and Bretagnolle, V. 2001. Cambios de uso agrario e consecuencias para los sisones: el ejemplo de La Crau (Francia). In, *Quel avenir pour l'outarde canepetière en Europe. Actes du 4^{ème} séminaire international LIFE Outarde*, pp. 1-12. Ligue pour la protection des Oiseaux (LPO). Castuera.

Wood, S.N. 2008 Fast stable direct fitting and smoothness selection for generalized additive models. *Journal of Royal Statistics Society(B)*, 70:495-518.

Zuur, A.F., Leno, E.N. and Smith, G.M. 2007. *Analysing Ecological Data*, Springer.
New York.

5. Considerações finais

Com este trabalho pretendeu-se contribuir para o aumento do conhecimento relativo às populações nacionais de Sisão. Os resultados aqui apresentados expõem de uma forma geral uma sintonia, em maior ou menor extensão, com trabalhos realizados anteriormente em período gregário. Permitem no entanto, uma maior profundidade na caracterização dos factores limitantes à espécie durante esta fase do ciclo anual. Apesar do número de bandos detectados ser relativamente pequeno os resultados são esclarecedores, tanto à escala da paisagem como à escala do microhabitat. Entre as principais conclusões deste estudo salienta-se:

1. A selecção pela espécie dos solos com maior capacidade de uso.
2. A presença de restolhos de cereal e de pousios é determinante para a ocorrência da espécie.
3. A disponibilidade de matéria vegetal verde é um factor limitante para a ocorrência da espécie.

A especificidade dos requisitos anteriormente apresentados é agudizada pela diminuição da extensão disponível dos habitats mais importantes para o Sisão, entre o Verão (dados de Silva *et al.* 2007) e o Outono. Tal como verificado por Silva *et al.* (*op. cit.*) no Verão e apesar do efeito positivo das chuvas outonais na regeneração da vegetação, a disponibilidade alimentar será ainda bastante limitante no início do ano agrícola durante o Outono.

A intensificação agrícola é provavelmente um dos factores que mais condiciona a ocorrência do Sisão, sendo presumivelmente a causa máxima do baixo número de bandos e indivíduos detectados na área de Campo Maior. Os efeitos desta intensificação agrícola são particularmente evidentes, consubstanciando-se numa

baixa disponibilidade de pousios. Ao invés, a extensão dos cultivos de regadio e de plantações recentes de cultivos permanentes é elevada, tal como os níveis de agroquímicos e de perturbação causado pela maquinaria agrícola.

Ainda relativamente à intensificação agrícola, atenção especial deve ser direccionada para a área de Cuba-Beja. Nesta região estão a ser implementados perímetros de rega de grande extensão, susceptíveis de criar um impacto muito significativo nas populações desta espécie, através da substituição dos cultivos de cereal, por cultivos de regadio, alguns destes cultivos permanentes, representando portanto, perda e degradação do habitat.

As conclusões neste trabalho apresentadas fornecem importantes indicações, no que diz respeito à definição das estratégias mais adequadas na gestão e conservação do Sisão. A manutenção do sistema cerealífero extensivo, garantindo a presença de restolhos de cereal e pousios será porventura a medida mais importante para a conservação da espécie. A associação destas práticas a solos de melhor qualidade poderá porventura acarretar melhores resultados para a conservação do Sisão.

Em jeito de conclusão, fica aqui uma nota final para a problemática do pastoreio na conservação do Sisão durante esta fase. Ainda que a informação aqui apresentada não permita indicações claras relativamente às práticas mais adequadas para a conservação da espécie, parece claro que a existência de áreas pastoreadas não parece ser factor tão determinante neste período, como noutros períodos do ano. A sua utilidade poderá advir essencialmente da remoção de vegetação seca, permitindo através da diminuição do ensombramento, uma maior e mais rápida regeneração de matéria vegetal verde. Com vista a clarificar este assunto e eventuais efeitos nocivos do sobrepastoreio, será importante desenvolver futuramente estudos específicos, para determinação das práticas de pastoreio mais consentâneas com a conservação do Sisão.

6. Bibliografia citada na introdução e nas considerações finais

Cabral, M.J., (coord.), Almeida, J., Almeida, P.R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M.E., Palmeirim, J.M., Queiroz, A.I., Rogado, L. & Santos-Reis, M. 2006. *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Peixes Dulciaquícolas e Migradores, Anfíbios, Répteis, Aves e Mamíferos*. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza.

Cramp, S. & Simmons, K.E.L., eds. 1980. *The Birds of the Western Palearctic*. Vol. II. University Press, Oxford.

De Juana, E. & Martinez, C. 2001. *Little bustard (Tetrax tetrax)*. n N. Schaffer & U. Gallo-Orsi, eds. *European Union Action Plans for Eight Priority Bird Species*. pp. 1-17. European Commission, Luxembourg.

Elpídio, J.M. 1963. In, C.E Costa, *A caça em Portugal*, pp. 301-310. Vol. I. Editorial Estampa, Lisboa.

Equipa Atlas 2008. *Atlas das Aves Nidificantes em Portugal*. 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.

Faria, N. & Rabaça, J.E. 2004. Breeding habitat modelling of the Little Bustard *Tetrax tetrax* in the Site of Community Importance of Cabrela (Portugal). *Ardeola*, 51: 331-343.

García, J., Suárez-Seoane, S., Miguélez, D., Osborne, P.E. & Zumalacárregui, C. 2007. Spatial analysis of habitat quality in a fragmented population of little bustard (*Tetrax tetrax*): Implications for conservation. *Biological Conservation*, 137: 45-56.

Jiguet, F., Jaulin, S. & Arroyo, B. 2002. Resource defence on exploded leks: do male little bustards *T. tetrax*, control resources for females? *Animal Behaviour*, 63: 899-905.

Leitão, D. & Costa, L.T. 2001. First approach to the study of the non-breeding abundance and habitat use by the little bustard *Tetrax tetrax* in the lower Tejo Grasslands (South Portugal). *Airo*, 11: 37-43.

Madroño, A., González, C. & Atienza, J.C. 2004. *Libro Rojo de las Aves de España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente & SEO/BirdLife.

Morales, M. B., Traba, J., Carriles, E., Delgado, M. P. & García de la Morena, E. L. 2008. Sexual differences in microhabitat selection of breeding little bustards *Tetrax tetrax*: Ecological segregation based on vegetation structure. *Acta Oecologica*, 34: 345-353.

Silva, J.P., Faria, N. & Catry, T. 2007. Summer habitat selection by the little bustard (*Tetrax tetrax*) in Iberian agricultural landscapes. *Biological Conservation*, 139: 186-194.

Silva, J.P. & Pinto, M. 2006. *Relatório Final da Acção 2 do Projecto Life Natureza Conservação do Sisão no Alentejo (LIFE02NAT/P/8476) :inventariação dos núcleos do Alentejo*. Instituto da Conservação da Natureza. Relatório não publicado.

Silva, J.P., Pinto, M. & Palmeirim, J.M. 2004. Managing landscapes for the little bustard *Tetrax tetrax*: lessons from the study of winter habitat selection. *Biological Conservation*, 117: 521-528.

Suarez, F., Naveso, M.A. & de Juana, E. 1997. Farming in the drylands of Spain: birds of pseudosteppes. Pp. 297-330 in D.J.Pain & M.W. Pienkowski, eds. *Farming and*

Birds in Europe: the Common Agricultural Policy and its implication for bird conservation. London: Academic Press.

Wolff, A. 2001. *Changements agricoles et conservation de la grande avifaune de plaine: Étude des relations espèce-habitats à différentes échelles chez l'Outarde canepetière.* Thèse de Doctorat. Université de Montpellier, Montpellier.

7. Anexos

Anexo 1 – Ficha de Campo

Data ___/___/___ **Seleccção de Habitat do Sisão**

Área de Estudo _____ **Ficha de Campo**

Carta nº ___

Coordenadas _____

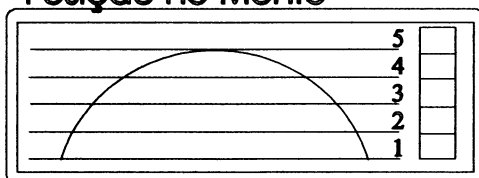
Ponto seleccionado nº _____
Ponto aleatório nº _____

Condições Climáticas

Vento _____
Temperatura _____
Nebulosidade

Hora: _____
Distância: _____

Posição no Monte



Outras variáveis

Declive	
Orientação	

Vegetação e Tipo de Habitat

	C	N1	N2	E1	E2	S1	S2	O1	O2						
h média (cm)															
h máx média (cm)															
% cobertura															
Tipo de habitat															
Verde															

Outras Variáveis

	T	C	N1	N2	E1	E2	S1	S2	O1	O2					
R.Cin./Cart.															
Ovelhas Cabras															IV-0
Vacas Pastorelo-Recente															IV-45
Pastorelo-Antigo															

Habitats	% Cobertura	h da vegetação	Vento	Declive
Pousio	0% - 0	0cm - 0	sem vento - 0	0° - 0
Pastagem	1 - 10% - 1	1 - 10cm - 1	bata - 1	1 - 5° - 1
Secara	11 - 20% - 2	11 - 20cm - 2	vento fraco - 2	6 - 10° - 2
Restolho de Secara	21 - 30% - 3	21 - 30cm - 3	v. fraco alternado com v. Moderado - 3	11 - 15° - 3
Milho	31 - 40% - 4	31 - 40cm - 4	vento moderado - 4	16 - 20° - 4
Grassol	41 - 50% - 5	41 - 50cm - 5		21 - 25° - 5
Restolho grassol	51 - 60% - 6	51 - 60cm - 6	Orientação	26 - 30° - 6
Oliveira	61 - 70% - 7	61 - 70cm - 7	N	31 - 35° - 7
Plantado	71 - 80% - 8	71 - 80cm - 8	NE	36 - 40° - 8
Outros	81 - 90% - 9	81 - 90cm - 9	E	41 - 45° - 9
Ribeiro	91 - 100% - 10	91 - 100cm - 10	SE	
Caminho			S	
Beterraba			SW	
Mato			O	
			NW	