

## **Composição e Estrutura da Paisagem: Sua Relação com a Riqueza dos Anfíbios e Répteis que Ocorrem em Portugal Continental<sup>1</sup>**

**Jorge Cunha\* e Francisco Rego\*\***

\*Técnico Superior

FORESTIS - Associação Florestal de Portugal. Rua de Santa Catarina, nº753, 4000-454  
PORTO

\*\*Professor Associado

Centro de Ecologia Aplicada Prof. Baeta Neves. Instituto Superior de Agronomia,  
Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA

---

**Sumário.** A compreensão dos efeitos da estrutura da paisagem na dinâmica das populações é um objectivo fundamental da ecologia da paisagem e uma etapa crítica para a implementação de iniciativas de conservação das espécies.

A Ecologia da Paisagem surgiu assim pela necessidade de compreender o desenvolvimento e a dinâmica do padrão da paisagem nos diversos fenómenos ecológicos, reconhecendo-se que esses processos ecológicos afectam e são afectados pela interacção dinâmica entre os ecossistemas.

O presente trabalho pretende estudar a relação existente entre as 17 espécies de anfíbios e as 27 espécies de répteis que ocorrem em Portugal, tendo em conta a importância que estes dois grupos representam, e os elementos que constituem a paisagem, de forma a tentar compreender as funções que esta desempenha em relação às várias espécies consideradas.

Foram criados modelos estatísticos a partir da distribuição dos anfíbios e dos répteis com os tipos de habitat existentes, integrados num Sistema de Informação Geográfica, tendo sido possível compreender que a diversidade biológica, relativamente a estas espécies, está fortemente relacionada com o tipo de habitat.

**Palavras-chave:** anfíbios; répteis; tipos de habitat; riqueza específica; ecologia da paisagem

### **Composition and Structure of the Landscape: Its Relation to the Wealth of the Amphibians and Reptiles Occuring in Continental Portugal**

**Abstract.** Understanding the effects of the landscape structure on population dynamics is one of the main goals of landscape ecology, and is a critical step in the implementation of conservation efforts.

Landscape ecology evolved due to the necessity of understanding the development and

---

<sup>1</sup> O presente trabalho resume alguns dos aspectos da Dissertação intitulada "Relação entre a Composição e a Estrutura da paisagem e a Herptofauna em Portugal Continental", apresentada por Jorge Cunha, na UTAD, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Recursos Florestais, em Outubro de 2004

dynamics of landscape pattern on the ecological phenomena, and recognizing that ecological processes both affect and are affected by dynamic interactions between the ecosystems.

This work studies the relationship between the seventeen species of amphibians and the twenty-seven species of reptiles found in Portugal. It considers the importance of these two groups and the elements of the landscape, in order to understand their functions in the various species considered.

Statistical models were developed based on the distribution of amphibians and reptiles within different habitat types, and were integrated into a Geographic Information System, that made it possible to understand that biological diversity, concerning these species, is strongly related to the habitat type.

**Key words:** amphibians; reptiles; habitat types; specific richness; landscape ecology

**Composition et Structure du Paysage: sa Relation avec la Richesse des Amphibiens et des Reptiles qui se Produisent au Portugal Continental**

**Résumé.** La compréhension des effets de la structure du paysage sur la dynamique des populations est un but fondamental de l'étude de l'écologie du paysage et une étape critique pour l'implémentation d'initiatives pour la conservation de différentes espèces.

L'Ecologie du Paysage est apparue, donc, du besoin de comprendre le développement et la dynamique du modèle de paysage en ce qui concerne les différents phénomènes écologiques. On a reconnu, aussi, que ces processus écologiques affectent et sont affectés par l'interaction dynamique au milieu des écosystèmes.

Ce travail a l'intention d'étudier la relation établie entre les 17 espèces d'amphibiens et les 27 espèces de reptiles qui existent au Portugal et des éléments constitutifs du paysage, faisant attention à l'importance que ces deux groupes d'animaux représentent au niveau de l'écologie du paysage. On essaye aussi de comprendre les fonctions que le paysage accomplit relativement aux espèces considérées.

On a créé des modèles statistiques à partir de la distribution des amphibiens et des reptiles en ce qui concerne les types d'habitat existants, intégrés dans un Système d'Information Géographique. On s'est aperçu que la diversité biologique de ces espèces est fortement liée au type d'habitat où elles sont présentes.

**Mots clés:** amphibies; reptiles; types d'habitat; richesse spécifique; écologie du paysage

**Introdução**

As grandes complexidades com que nos confrontamos actualmente, no que respeita à qualidade ambiental, têm dificultado a análise dos múltiplos factores que nela intervêm.

O reconhecimento destes problemas, como a perda de biodiversidade, as alterações climáticas e a degradação de certos ecossistemas, num contexto mais abrangente, levou à constituição de planos e estratégias de desenvolvimento, numa perspectiva da necessidade de perpetuar os recursos naturais a uma

escala muito mais ampla, (PARRESOL e MCCOLLUM, 1997).

A nível europeu, estas preocupações, nomeadamente no que diz respeito à perda de diversidade biológica e da diversidade da paisagem, resultaram na Estratégia Pan-Europeia de Diversidade Biológica e da Paisagem. A nível nacional, podemos citar o Plano Nacional da Conservação da Natureza e da Biodiversidade e o Plano de Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa (PDSFP), que apesar de ser sectorial, já refere a necessidade de proteger a diversidade biológica e da

paisagem como sendo um dos objectivos estratégicos, e define como objectivos operacionais, entre outros, a necessidade de potenciar a diversidade faunística, florística e dos habitats, bem como das paisagens associadas aos espaços florestais (DGF, 1998).

Os estudos dos padrões da paisagem têm contribuído para a compreensão da gestão sustentável da biodiversidade, tendo-se mostrado como um importante rumo à investigação (POUDEVIGNE e BAUDRY, 2003).

Devido à complexidade dos sistemas naturais, é extremamente difícil compreender com exactidão o papel que as espécies desempenham na funcionalidade dos ecossistemas e até que ponto as diferentes espécies se podem sobrepor na sua contribuição em determinada função particular de um ecossistema (HOBBS *et al.*, 1995). É no entanto possível identificar grupos de espécies que desempenham papéis mais relevantes no funcionamento de um dado ecossistema (HECTOR *et al.*, 2001).

Apesar dos répteis e dos anfíbios constituírem uma componente importante no funcionamento dos ecossistemas florestais, a sua relação com eles não é suficientemente conhecida, em oposição com o que sucede com os mamíferos e as aves (DEGRAAF e RUDIS, 1981), não existindo actualmente muitos estudos que comparem sistematizadamente a herpetofauna, quer nas diferentes formações florestais, quer em outros tipos de habitat.

Neste contexto, este artigo procura ilustrar a relação existente entre as espécies de anfíbios e de répteis e os elementos que constituem a paisagem através das implicações que os tipos de paisagem desempenham ao nível da riqueza das espécies de répteis, de

anfíbios e considerando os dois grupos em simultâneo.

Para este estudo foram consideradas 17 espécies de anfíbios e 27 espécies de répteis, totalizando um conjunto de 44 espécies, que ocorrem em Portugal (CRESPO e OLIVEIRA, 1989, MALKMUS, 1995), salientando-se que todas elas estão protegidas por convenções internacionais, por directivas comunitárias ou por decretos regulamentares.

### Material e métodos

Neste trabalho foram criados modelos a partir dos mapas de distribuição dos répteis e dos anfíbios que ocorrem em Portugal (variável dependente) relacionados com o mapa dos tipos de habitat (variável independente).

#### *Informação cartográfica de base*

#### Mapas de distribuição das espécies de anfíbios e répteis

Para as análises de distribuição da herpetofauna foi necessário proceder à digitalização dos mapas de distribuição, utilizando como informação de base os mapas reproduzidos em GODINHO *et al.*, (1999), criando-se os polígonos de distribuição para o conjunto das espécies, tendo como referência a quadrícula 10x10km do sistema UTM.

A partir dos polígonos elaborados foram calculados os pontos médios de cada quadrícula, cujo resultado se traduz igualmente num mapa de distribuição por espécie, tendo sido criada uma tabela de dados alfanuméricos, que traduzem a ausência ou presença (segundo uma função binomial do tipo 0/1) do conjunto de espécies, em função de cada quadrícula UTM.

Através deste Sistema de Informação Geográfica é possível, para qualquer ponto representado, saber quais as espécies que ocorrem nesse local.

#### Cartografia do tipo de habitat

Tendo como base de referência a informação cartográfica do uso do solo e dos povoamentos florestais, elaborada pela DGF, (2001), na 3ª Revisão do Inventário Florestal e a análise descrita por GODINHO-FERREIRA *et al.*, 2005, foram considerados para este trabalho 26 tipos de habitat, 4 deles não florestais, que a seguir se descrevem, e os restantes 22 considerados florestais que se descrevem no artigo anteriormente citado e que são: Floresta de carvalho negral; Floresta de Outros Carvalhos de folha caduca; Medronhal; Esteval; Giestal; Acacial; Pinhal bravo aberto e baixo; Pinhal bravo aberto e alto; Pinhal bravo fechado e baixo; Pinhal bravo fechado e alto; Sobreiral aberto e baixo; Sobreiral aberto e alto; Sobreiral fechado e baixo; Sobreiral fechado e alto; Eucaliptal aberto e baixo; Eucaliptal aberto e alto; Eucaliptal fechado e baixo; Eucaliptal fechado e alto; Floresta Diversa aberta e baixa; Floresta Diversa aberta e alta; Floresta Diversa fechada e baixa; Floresta Diversa fechada e alta;

#### Habitats não florestais

**Agricultura (a)** - Classe de uso do solo que identifica os terrenos dedicados à produção agrícola. Nesta classe estão incluídas as terras aráveis, culturas hortícolas e arvenses, pomares de fruto, prados ou pastagens artificiais, que ocupam uma área superior a 0,5ha e largura não inferior a 20m.

**Áreas sociais (s)** - Terrenos

edificados com construções urbanas e pequenos agregados populacionais.

**Incultos (i)** - Terrenos ocupados por matos e pastagens naturais, que ocupam uma área superior ou igual a 0,5ha e largura não inferior a 20m.

**Outros<sup>2</sup> (o)** - Nesta classe estão incluídos os improdutivos, isto é, terrenos estéreis sob o ponto de vista da existência de comunidades vegetais ou com capacidade de crescimento extremamente limitada e as águas interiores, constituída por estuários ou grandes cursos de água, lagoas, albufeiras, sapais e salinas, que ocupam uma área superior ou igual a 0,5ha e largura não inferior a 20m.

#### *Tratamento dos dados*

Dada a complexidade dos dados, para cada uma das quadrículas de 10x10km procedeu-se à identificação do ponto central, a partir das suas coordenadas, em metros segundo o sistema de Coordenadas Militares Gauss (transformado a partir das coordenadas UTM) e da sua altitude em metros, determinou-se a percentagem de cada tipo de habitat presente e identificou-se a presença (1) ou a ausência (0) de cada espécie em cada quadrícula.

#### Regressão linear múltipla

Numa primeira análise, recorreu-se a esta técnica estatística de forma a tentar compreender a forma como as variáveis relativas ao tipo de habitat (variáveis independentes) estão relacionadas com a riqueza específica dos anfíbios, dos répteis e destes dois grupos em conjunto (variáveis dependentes).

O método utilizado na selecção das

variáveis que explicam o modelo foi o de "Forward Stepwise". Este método selecciona as variáveis uma a uma, partindo da constante e introduzindo a variável que apresenta um valor de significância menor em cada passo, que neste caso específico se verifica quando  $p < 0,05$ . Cada vez que é introduzida uma nova variável, o modelo comprova se as restantes variáveis cumprem as condições de eliminação (neste caso para  $p > 0,10$ ).

### Regressão logística múltipla

Os modelos de regressão logística são frequentemente utilizados para descrever o efeito de uma ou várias variáveis explicativas numa variável de resposta binária (ROUSSEEUW e LEROY, 1987), em áreas de investigação tão distintas como a epidemiologia (HEGEWALD *et al.*, s.d.), a silvicultura (FELICÍSIMO, 2003) ou a conservação da vida selvagem (PEREIRA e ITAMI, 1991).

No caso dos anfíbios e dos répteis, o uso da estatística multivariada e o recurso aos Sistemas de Informação Geográficas têm sido técnicas que têm vindo a ser utilizadas para a identificação de habitats preferenciais e para prever a distribuição potencial para aquelas espécies (TEIXEIRA *et al.*, 1996), apesar da introdução da componente espacial ser relativamente recente (ALVAREZ-ARBESÚ e FELICÍSIMO, 2002).

Este processo descreve a forma como determinada variável binária está relacionada com um conjunto de variáveis explicativas, expressa numa função probabilística.

Este modelo pode ser traduzido matematicamente pela função:

$$\pi_i = \frac{e^{z_i}}{1 + e^{z_i}}$$

em que:

$\pi_i$  - Probabilidade de que no  $i$  gésimo caso ocorra a espécie de interesse  
 $z_i$  - Valor da variável continua  $z$  para o  $i$  gésimo caso.

A relação entre o  $z_i$  e as variáveis independentes é descrita pela função:

$z_i = b_0 + b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + \dots + b_px_{ip}$ , em que:

$x_{ij}$  - é o  $j$  ézimo da variável independente  $j$  para o  $i$  gésimo caso

$b_j$  - é o  $j$  ézimo coeficiente

$p$  - número de predictores

$\pi_i$  pode variar entre 0 e 1, sendo que valores próximos de 0 indicam que o tipo de habitat presente em determinado local não é favorável para a ocorrência da espécie em causa, enquanto que valores próximos de 1 indicam precisamente o contrário, ou seja, existe uma forte probabilidade de ocorrência de determinada espécie naquele local em função da existência de um tipo de habitat favorável.

O método utilizado na selecção das variáveis que explicam o modelo foi o de "Forward Stepwise" já anteriormente descrito.

A escolha de cada modelo gerado teve por base o equilíbrio entre o erro por omissão e o erro por excesso, ou seja, entre os pontos em que se verifica a existência da espécie em causa, mas aonde a sua ocorrência não seria de esperar por existirem tipos de habitat desfavoráveis à sua presença e entre os pontos em que não se verifica a presença da espécie, mas onde a sua ocorrência seria de esperar dado existirem condições de habitat favoráveis para a sua existência.

Para além do exposto, naturalmente que se teve em conta a percentagem

explicada por cada modelo e a significância das variáveis.

Os modelos foram executados através do programa estatístico SPSS.

#### Método de interpolação

Para a criação dos mapas representativos da riqueza específica foi utilizada a extensão Spatial Analyst do ArcView 3.2 com o recurso à função "Interpolate Grid". Esta função interpola o valor de uma determinada célula tendo como referência os pontos envolventes. A regra utilizada foi a regra do vizinho mais próximo, utilizando como referência os 8 pontos em volta do ponto cujo valor é conhecido.

O valor de cada ponto é então calculado pela distância a que este se encontra da célula que está a ser analisada, sendo posteriormente calculada uma média entre os valores.

#### **Apresentação e discussão de resultados**

##### *Relação entre a Estrutura da Paisagem e a Riqueza Específica*

#### Índice de diversidade da paisagem

Para a quantificação da diversidade da paisagem, utilizou-se o Índice de Diversidade de Simpson (SIDI), traduzido pela seguinte equação:

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2,$$

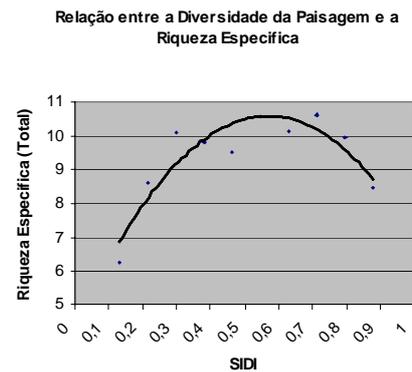
em que  $p_i$  é a proporção do tipo de habitat  $i$  na paisagem e  $m$  o número total de habitats considerados (26).

O valor de  $SIDI$  pode variar entre 0 e 1, sendo que para valores iguais a 0, a paisagem unicamente é constituída por um tipo de habitat ou mancha.  $SIDI$

aproxima-se de 1 à medida que o número de diferentes tipos de habitat aumenta e a proporção da distribuição da área em cada um se torna mais equilibrada (MCGARIGAL e MARKS, 1995).

A aplicação deste índice incidiu sobre a totalidade das quadrículas UTM 10x10km, constituídas pelos tipos de habitat anteriormente descritos.

De seguida, estabeleceu-se a relação entre a riqueza específica para o conjunto de espécies observadas e a diversidade da paisagem, através do cálculo da média da riqueza específica em cada uma das 10 classes de diversidade da paisagem consideradas.



**Figura 1** - Relação entre a Diversidade da Paisagem (através do SIDI) e a Riqueza Específica (considerando o conjunto de observações dos anfíbios e répteis)

A Figura 1 sugere a existência de uma correlação positiva entre a diversidade da paisagem e a riqueza de espécies, até determinado índice de diversidade, o que neste caso pode significar um aumento de diversidade da herpetofauna em paisagens heterogêneas, tal como vem descrito por diversos autores, como sejam ATAURI e LUCIO, 2001 e LITT *et al.*, 2001.

No entanto, verifica-se que a partir de determinado valor de diversidade, essa tendência parece inverter-se. Este facto poderá ser explicado tendo em conta a unidade de referência (quadrícula 10x10km) ser de reduzida dimensão e o número de habitats existentes ser elevado, o que a partir de determinado valor de diversidade pode ser traduzido na existência de uma elevada desagregação da paisagem, e por consequência, a uma descontinuidade de habitats, podendo influenciar a presença de determinadas espécies, segundo o efeito de fragmentação, já descrito anteriormente, tanto mais que as espécies em causa apresentam pouca mobilidade e pouca capacidade de adaptação a novos habitats.

#### Índice de abundância

Através da utilização do Índice de Abundância (D) (O'NEILL *et al.*, 1988), é possível caracterizar a forma como ocorre a proporção dos tipos de habitat presentes em determinada paisagem. O Índice de Abundância (D) foi calculado pela equação:

$$D = \frac{\ln(m) + \sum_i [p_i * \ln(p_i)]}{\ln(m)},$$

em que  $m$  é o número de tipos de habitat e  $p_i$  é a proporção do tipo de habitat  $i$ .

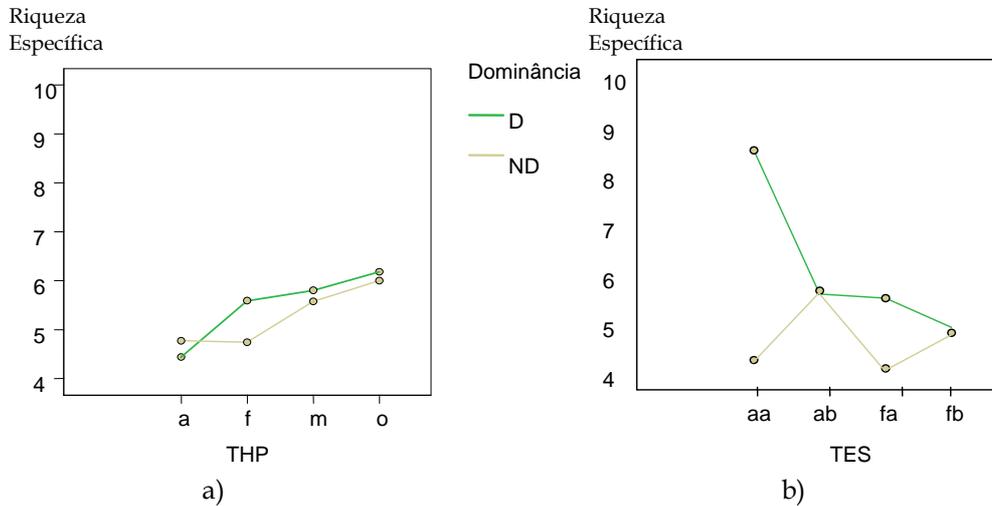
O valor de D pode variar entre 0 e 1; valores próximos de 1 indicam que a paisagem é dominada por um ou poucos tipos de habitat, enquanto que valores próximos de 0 indicam que a paisagem apresenta uma certa equitabilidade entre os vários tipos de habitat que a compõem.

A aplicação deste índice foi efectuada para todas as quadrículas 10X10km, organizando-se a informação sobre os tipos de habitat principais, considerando-se para este efeito os habitats agrícolas, florestais<sup>3</sup>, matos<sup>4</sup> e outros, e sobre os diferentes tipos de habitat florestais, tendo em conta a sua estrutura vertical. Os resultados aqui expressos são provenientes da análise dos grupos principais por serem de melhor interpretação.

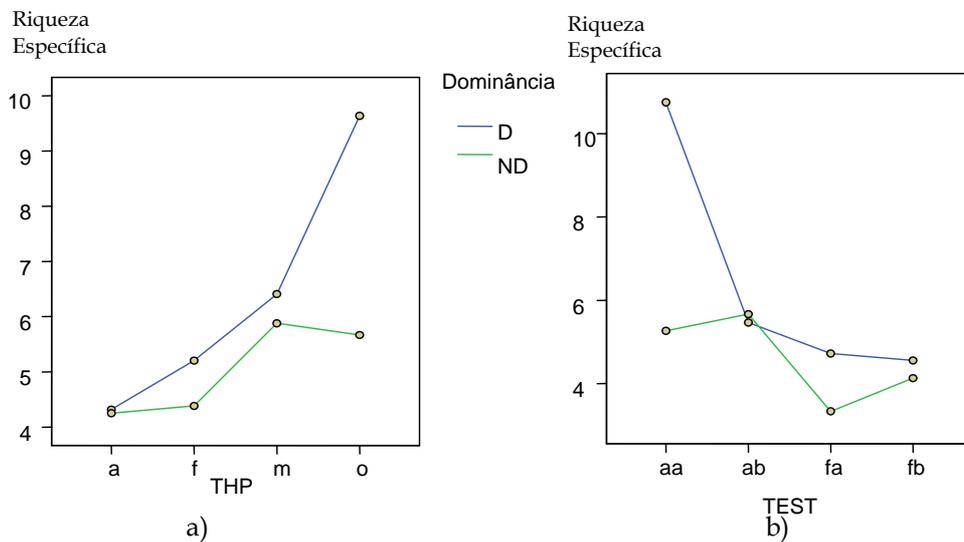
Para cada registo (correspondente à quadrícula 10x10km) identificou-se qual o tipo de situação dominante e caso o valor de D fosse superior ao valor médio, considerou-se como sendo uma classe dominante (D). Caso contrário, ou seja, se o valor de D fosse inferior ao valor médio, considerou-se que essa classe, apesar de ser a mais representativa de todas as classes presentes, por si só, não constituía uma classe dominante, identificando a quadrícula por ND.

Os resultados obtidos mostram que a riqueza de anfíbios é de uma forma geral inferior quando estamos na presença de habitats agrícolas, e a dominância de habitat florestal, de matos e das restantes classes contribuem para uma maior riqueza específica, Figura 2a).

No caso do tipo de estrutura, a dominância de habitats constituídos por povoamentos altos, independentemente da sua densidade, parece contribuir para uma maior riqueza de espécies de anfíbios, apresentando diferenças significativas quando comparadas com situações de não dominância, Figura 2b). No entanto, é no tipo de estrutura aberta e alta que os valores de riqueza são mais elevados.



**Figura 2** – Relação entre a Riqueza Específica de anfíbios e a Dominância de Habitats: a) por tipo de habitat principal (THP) e b) por tipo de estrutura dos habitats florestais (TES)  
D - existência de uma classe dominante; ND - sem classe dominante; a - habitats agrícolas; f - habitats florestais; m - matos; o - outros; aa - habitats florestais abertos e altos; ab - habitats florestais abertos e baixos; fa - habitats florestais fechados e altos; fb - habitats florestais fechados e baixos



**Figura 3** – Relação entre a Riqueza Específica de répteis e a Dominância de Habitats: a) por tipo de habitat principal (THP) e b) por tipo de estrutura dos habitats florestais (TES)  
D - existência de uma classe dominante; ND - sem classe dominante; a - habitats agrícolas; f - habitats florestais; m - matos; o - outros; aa - habitats florestais abertos e altos; ab - habitats florestais abertos e baixos; fa - habitats florestais fechados e altos; fb - habitats florestais fechados e baixos

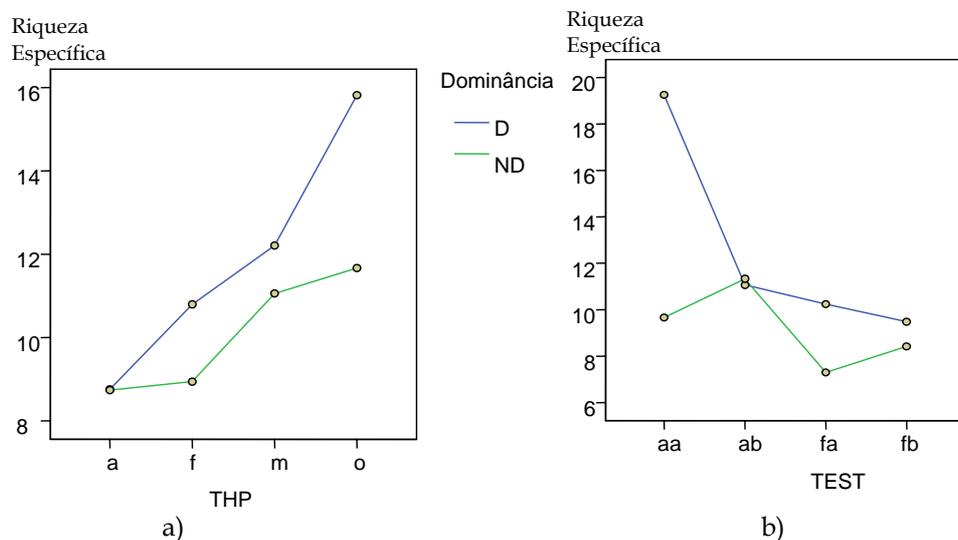
No que diz respeito ao número de espécies de répteis que se verificam nas diferentes situações, os habitats que proporcionam uma maior riqueza específica são os florestais, as áreas de matos e os outros, principalmente em situação de dominância, (Figura 3a).

Em relação ao tipo de estrutura, a Figura 3b) mostra que, à semelhança do que já se tinha verificado no caso dos anfíbios, os povoamentos abertos e altos e fechados e altos parecem contribuir, quando em dominância, para uma maior riqueza de espécies, principalmente para o primeiro caso.

Em relação à riqueza total, verificam-se diferenças significativas quando se observa dominância dos tipos de habitat de matos, outros e florestal (Figura 4a),

sendo este último quando ocorre em estrutura altas, (Figura 4b).

De salientar, no entanto, que este tipo de análise só nos permite obter uma tendência de quais os tipos de habitat que poderão proporcionar uma maior riqueza para o grupo de espécies considerado, uma vez que se está a assumir que, para determinado local, apesar da existência de outras classes, ao detectar-se a existência de uma dominante, esta passa a ser considerada como aquela que maior influência tem na presença ou ausência de determinada espécie. No entanto, este tipo de relações não se limitam à composição e à proporção do conjunto de classes presentes em determinada mancha ou paisagem, mas também à sua configuração.



**Figura 4** – Relação entre a Riqueza Específica do Total de Espécies e a Dominância de Habitats: a) por tipo de habitat principal (THP) e b) por tipo de estrutura dos habitats florestais (TEST)

D - existência de uma classe dominante; ND - sem classe dominante; a - habitats agrícolas; f - habitats florestais; m - matos; o - outros; aa - habitats florestais abertos e altos; ab - habitats florestais abertos e baixos; fa - habitats florestais fechados e altos; fb - habitats florestais fechados e baixos

### **Relação entre as espécies e o tipo de habitat**

*Em termos globais – Regressão Linear Múltipla*

#### Anfíbios

No modelo ajustado para a riqueza de espécies de anfíbios, as variáveis independentes que revelam serem significativas no modelo são: as áreas de incultos ( $P=0,000$ ), as áreas sociais ( $P=0,001$ ), a classe Outros ( $P=0,008$ ), a classe Floresta Diversa Fechada e Baixa ( $P=0,010$ ), o Sobreiral Aberto e Alto ( $P=0,016$ ), a classe Floresta Diversa Aberta e Baixa ( $P=0,019$ ) e o Pinhal Fechado e Baixo ( $P=0,024$ ). Todas elas apresentam uma relação positiva com a riqueza específica dos anfíbios.

Salienta-se aqui que, de uma maneira geral, os tipos de floresta associados têm uma estrutura baixa, exceptuando o caso das florestas de sobreiro. No que respeita à densidade dos povoamentos florestais, não existe qualquer evidência que nos permita avançar com algum tipo de elações.

#### Répteis

No caso do modelo ajustado para a riqueza específica dos répteis, as variáveis independentes que apresentam uma relação positiva com a riqueza dos répteis, de forma significativa são: as áreas de incultos, as áreas sociais e a classe Outros ( $P=0,000$ ), o Giestal ( $P=0,002$ ), as áreas de Floresta Diversa Fechada e Baixa ( $P=0,004$ ), as áreas de Carvalho negral ( $P=0,006$ ), o Sobreiral Aberto e Alto ( $P=0,029$ ) e o Pinhal Aberto e Baixo ( $P=0,05$ ).

Para este grupo de espécies, observa-se a existência de uma certa preferência

por florestas abertas e pelas áreas constituídas essencialmente por matos.

#### Anfíbios e répteis

Quando considerado o conjunto das espécies dos dois grupos, verificamos que as variáveis independentes que mais significado têm, revelando uma relação positiva são: as áreas de incultos, as áreas sociais e a classe Outros ( $P=0,000$ ), a Floresta Diversa Fechada e Baixa ( $P=0,003$ ), o Sobreiral Aberto e Baixo ( $P=0,013$ ), as Florestas de Carvalho negral ( $P=0,015$ ), o Giestal ( $P=0,016$ ), a Floresta Diversa Aberta e Alta ( $P=0,024$ ) e o Pinhal Aberto e Alto ( $P=0,045$ ).

*Em termos individuais – Regressão Logística Múltipla*

Pela aplicação dos Modelos de Regressão Logística Múltipla entre as espécies e os tipos de habitat considerados, e que deram origem aos mapas de probabilidade de ocorrência para as várias espécies (não reproduzidos neste artigo), salientamos o número de relações negativas que se verificam com as áreas agrícolas (sobretudo no que respeita às espécies pertencentes ao grupo de répteis), o que vem ao encontro de observações de alguns autores (FREEMARK, 1995, MITCHELL *et al.*, 1997, MCLEOD e GATES, 1997, RUSTIGIAN *et al.*, 2003, THOMPSON *et al.*, 2003), que apontam como uma das principais causas de declínio destas espécies as alterações relacionadas com a intensificação dos sistemas agrícolas, em detrimento de outros tipos de habitat. Os povoamentos de pinheiro de estrutura fechada e alta, também apresentam algumas relações negativas para determinadas espécies (nomeadamente com espécies de anfíbios). Refira-se que,

de acordo com os resultados obtidos, este grupo de espécies, de uma maneira geral, parece beneficiar com a presença de florestas de estrutura baixa, como já se tinha constatado anteriormente. Em contrapartida, estes povoamentos apresentam também relações positivas com outras espécies, de que são exemplo a *Chioglossa lusitanica*, a *Triturus boscai*, a *Rana iberica*, a *Podarcis hispanica* e a *Anguis fragilis*, estas duas últimas pertencentes ao grupo dos répteis.

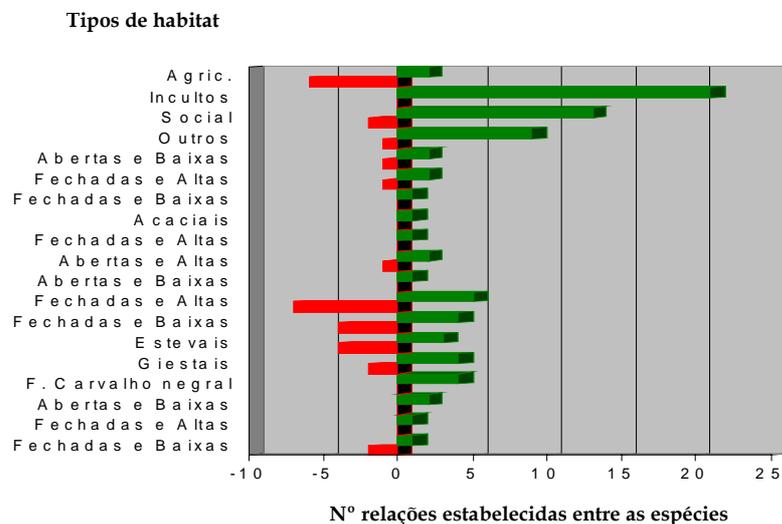
Por outro lado, existe uma evidência clara da relação positiva entre as classes dos incultos, das áreas sociais e a classe "outros" com grande parte das espécies consideradas. No primeiro caso, essa relação é comum para os dois grupos, enquanto que no segundo é mais evidente para os répteis, provavelmente por se tratar de locais onde muitas espécies encontram aí refúgios, como sejam muros e paredes de edifícios. No

terceiro caso essa relação verifica-se fundamentalmente nos répteis, o que poderá ser explicado pela representatividade dentro desse grupo, de áreas bastante estéreis, de solo nu que atingem temperaturas elevadas, onde estas espécies têm a possibilidade de alcançar a temperatura corporal apropriada para o desenvolvimento da sua actividade.

Os povoamentos de *Quercus pyrenaica* parecem ser importantes para as espécies *Emys orbicularis*, *Chalcides bedriagai*, *Chalcides striatus* e *Vipera senoanei*.

Os resultados do número e do tipo de relações estabelecidas entre as espécies e os tipos de habitat estão ilustrados na Figura 5.

Os tipos de habitat que não vêm descritos na Figura 5 dizem respeito àqueles que mostraram ser indiferentes, isto é, aonde não se observou nenhum tipo de relação com as várias espécies.



**Figura 5** – Número e tipo de relações estabelecidas entre as espécies e os tipos de habitat considerados

Na Figura 6 está representado o resultado do somatório da probabilidade de ocorrência de cada espécie em termos individuais, para a) os anfíbios, b) os répteis e c) os dois grupos considerados em conjunto. De referir aqui a existência, tal como se pôde observar nos mapas de riqueza específica observados, de "hotspots" de diversidade, e que de uma maneira geral correspondem às observações existentes.

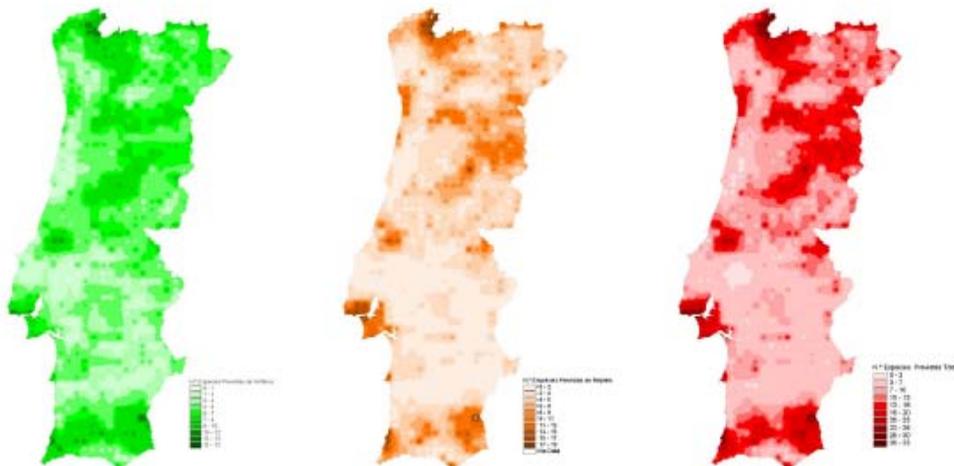
Através da observação da distribuição geográfica de riqueza específica obtida pelo modelo, e quando comparado com a observada, verificamos a existência de novos locais que apresentam uma maior riqueza específica, o que poderá ser atribuído, muito provavelmente, a lacunas de informação acerca da actual distribuição das espécies.

### Conclusões

Antes mesmo de qualquer consideração acerca dos resultados deste trabalho, convém recordar que estamos perante um exercício que teve como extensão

todo o continente nacional e como unidade mínima (resolução) a quadrícula 10x10km, definida em função do tipo de dados disponíveis, e como tal, todos os resultados obtidos e as conclusões a tirar terão que ter em conta estes dois factores, determinantes em qualquer trabalho nesta área. As limitações de escala que esta abordagem impõe são aqui reconhecidas.

De qualquer forma, é importante realçar, em primeiro lugar, a criação, em simultâneo, de uma base de informação comum de tipificação dos habitats, que no caso das áreas florestais, não se limita unicamente a uma abordagem do tipo de ocupação, mas também à análise do tipo de estrutura, caracterizada pela existência de outras espécies, desde o nível do solo, até ao nível do coberto arbóreo principal. Essa classificação permitirá uma avaliação e o estabelecimento de um sistema de monitorização da biodiversidade, que poderá ser adoptado a nível nacional, recorrendo também a outros grupos de espécies (animais ou vegetais).



**Figura 6** – Riqueza específica estimada para os a) anfíbios, b) os répteis e c) para o total dos dois grupos – Regressão Múltipla Logística

Assim, a estrutura da paisagem poderá ser monitorizada frequentemente como um rápido indicador de possíveis alterações na biodiversidade, tendo em conta que esta depende, em boa parte, da composição e da estrutural vertical dos povoamentos florestais (PUUMALAINEN, 2001).

Com este trabalho foi possível compreender que a diversidade biológica, relativamente a estas espécies, está fortemente relacionada com o tipo de habitat. Essa diversidade está dependente da protecção e da gestão, quer dos locais de reprodução, (normalmente em linhas de água, charcos e outras reservatórios de água no caso dos anfíbios), quer dos habitats terrestres a eles associados. De referir, que em estudos levados a cabo a escalas superiores e de menor extensão, as zonas húmidas geralmente de pequena dimensão, quer sejam permanentes, quer sazonais, mostraram ser o principal factor diferenciador na abundância de espécies nos povoamentos florestais a eles associados (MITCHELL *et al.*, 1997).

Dos resultados obtidos, podemos realçar alguns aspectos importantes:

- As áreas agrícolas, de uma maneira geral, estão relacionadas de forma negativa com a riqueza das espécies, influenciando assim os níveis de biodiversidade;

- A estrutura dos habitats florestais pode influenciar a distribuição das espécies de répteis e de anfíbios consideradas;

- A existência de outros tipos de habitat, que não os estritamente florestais, como sejam as áreas de matos, é importante para grande número de espécies, facto que pode ser verificado pelas relações positivas identificadas;

- Existe um conjunto de habitats florestais que, à partida, proporcionam uma maior diversidade em relação à herpetofauna. Como exemplo disso, podemos citar os povoamentos de sobreiro fechados e altos, as florestas de pinheiro bravo fechadas e baixas e as florestas diversas fechadas e altas (o que corresponde a resultados de outros autores já referidos).

No que respeita à relação existente entre a Diversidade da Paisagem e a Riqueza Específica, apesar da exiguidade dos resultados obtidos, detectaram-se algumas tendências, pelo que será de todo o interesse explorar esta questão, através de estudos específicos para esse fim. De realçar, no entanto, que existem diferentes formas de heterogeneidade da paisagem, com diferentes configurações, possuindo características distintas e que poderão conduzir a consequências ecológicas diversas (WIENS, 1999).

Tendo em conta que os factores que determinam as relações existentes entre as espécies e o meio são muito mais vastos do que aqueles que utilizamos neste estudo, sugerimos a necessidade de aprofundar a metodologia proposta, por exemplo, com o recurso a espécies cujos conhecimentos ao nível da biologia e da ecologia sejam mais avançados. O cruzamento dos resultados aqui conseguidos, com dados de estudos que tenham tido por base a aplicação de modelos explicativos para a distribuição de algumas espécies, criados a partir de parâmetros ambientais, poderá ser um bom princípio de complementaridade entre estas duas abordagens.

A necessidade de aplicação dos princípios propostos a escalas diferentes e a níveis de organização biológica distintos é fundamental, para que se

compreenda cada vez melhor, os efeitos que as intervenções ao nível da paisagem produzem, nas diversas populações que dela dependem.

Assim, e partilhando da mesma opinião de KOLOZSVARY (1999), continuam a ser necessários mais estudos que avaliem a resposta dos répteis e dos anfíbios a diferentes escalas, e que deverão ser ajustadas ao tipo de paisagem em causa (contínuas ou fragmentadas). Futuras investigações deverão também centrar-se em estimar a especificidade de cada espécie na capacidade de adaptação ou alteração a novas situações em tipos de habitat naturais e alterados pelo homem e a permeabilidade relativa das suas fronteiras, para uma estimativa mais realista da conectividade entre manchas diferentes que compõem a paisagem (WITH e CRIST, 1995, WIENS, 1997).

Esperamos que com este trabalho, ainda que de forma modesta, tenhamos podido contribuir para o aprofundamento dos temas aqui tratados e fomentar a sua discussão, lançando também algumas ideias para novos caminhos de investigação.

## Bibliografia

- ALVAREZ-ARBESÚ, R., FELICÍSIMO, A. M., 2002. GIS and logistic regression as tools for environmental management: a coastal cliff vegetation model in Northern Spain. *Management Information Systems 2002*, Wessex Institute of Technology, Halkidiki, Grecia, 24-26 Abril, pp. 215-224.
- ARCVIEW GIS 3.2 Copyright © 1992 - 1999.
- ATAURI, JOSÉ A., LUCIO, JOSÉ V., 2001. The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology* **16** : 147 - 159.
- CRESPO, E.G., OLIVEIRA, M.E., 1989. *Atlas da Distribuição dos Anfíbios e Répteis de Portugal Continental*. S.N.P.R.C.N.. Lisboa, 98 pp.
- DEGRAAF, R., RUDIS, D., 1981. *Forest habitat for reptiles & anfibians of the northeast*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeast Forest Experiment Station and Eastern Region, 239 pp.
- DGF, 1998. *Plano de Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa*. Lisboa, 126 pp.
- DGF, 2001. *Inventário Florestal Nacional: Portugal continental 3ª Revisão, 1995 - 1998, Relatório Final*. Direcção Geral das Florestas. Lisboa, 233 pp.
- FELICÍSIMO, A., 2003. Uses of Spatial Predictive Models In Forested Areas Territorial Planning. CIOT 2003, *IV International Conference on Spatial Planning, New Territories for New Societies*, Zaragoza, 15 pp.
- FREEMARK, K., 1995. Assessing effects of agriculture on terrestrial wildlife: developing a hierarchical approach for the US EPA. *Landscape and Urban Planning* pp. 99-115.
- GODINHO, R., TEIXEIRA, J., REBELO, R., SEGURADO, P., LOUREIRO, A., ÁLVARES, F., GOMES, N., CARDOSO, P., CAMILO-ALVES, C., BRITO, J., 1999. Atlas of the continental Portuguese herpetofauna: an assemblage of published and new data. *Rev. Esp. Herp.* **13** : 61-82.
- GODINHO-FERREIRA, P., AZEVEDO, A., REGO, F., 2005. Carta da Tipologia Florestal de Portugal Continental. *Silva Lusitana* **13**(1) : 1-34
- HECTOR, A., JOSHI, J., LAWLER, S.P., SPEHN, E.M., WILBY, A., 2001. Conservation implications of the link between biodiversity and ecosystem functioning. *Oecologia* **129** : 624-628.
- HEGEWALD, JANICE, PFAHLBERG, ANNETTE, UTER WOLFGANG, s.d. A Backwards-Manual Selection Macro for Binary Logistic Regression in the SAS® v.8.02 PROC LOGISTIC Procedure. Institute of Medical Informatics, Biometry, and Epidemiology, Erlangen, Germany.

- HOBBS, R.J., RICHARDSON, D.M., DAVIS, G.W., 1995. Mediterranean - Type Ecosystems: Opportunities and Constraints for Studying the Function of Biodiversity. G.W. Davis e D.M. Richardson (Eds.). *Ecological Studies*: Vol. 109.
- KOLOZSVARY, M., SWIHART, R., 1999. Habitat fragmentation and the distribution of amphibians: patch and landscape correlates in farmland. *Canadian Journal of Zoology* **77** : 1288-1299.
- LITT, A.R., PROVENCHER, L., TANNER, G.W., FRANZ, R., 2001. Herpetofaunal Responses to Restoration Treatments of Longleaf Pine Sandhills in Florida. *Society for Ecological Restoration* **9**(4) : 462-474.
- MALKMUS, R., 1995. *Die amphibien und reptilien Portugals, Madeiras und der Azoren*. Westarp Wissenschaften, Madgeburg, 192 pp.
- MCGARIGAL, KEVIN, MARKS, BARBARA J., 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 122 pp.
- MCLEOD, R.F., GATES, J.E., 1997. Response of Herpetofaunal Communities to Forest Cutting and Burning at Chesapeake Farms, Maryland. *Am. Midl. Nat.* **139** : 164-177.
- MITCHELL, J.C., RINEHART, S.C., PAGELS, J.F., BUHLMANN, K.A., PAGUE, C.A., 1997. Factors influencing amphibian and small mammal assemblages in central Appalachian forests. *Forest Ecology and Management* **96** : 65-76.
- O'NEILL, R.V., KRUMMEL, J.R., GARDNER, R.H., SUGIHARA, G., JACKSON, B., DEANGELIS, D.L., MILNE, B.T., TURNER, M.G., ZYGMUNT, B., CHRISTENSEN, S., DALE, V.H. GRAHAM, R.L., 1988. Indices of Landscape pattern. *Landscape Ecology* **1** : 153-162.
- PARRESOL, BERNARD. R., MCCOLLUM, JOSEPH, 1997. Characterizing and Comparing Landscape Diversity Using GIS and a Contagion Index. *Journal of Sustainable Forestry* **5** (1/2) : 249-261.
- PEREIRA, J., ITAMI, R., 1991. GIS - based habitat modeling using logistic multiple regression: a study of the Mt. Graham Red Squirrel. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **57**(11) : 1475-1486.
- POUDVIGNE, I., BAUDRY, J., 2003. The implecation of past and present landscape patterns for biodiversity research: introduction and overview. *Landscape Ecology* **18** : 223-225.
- PUUMALAINEN, J., 2001. Structural, compositional and functional aspects of forest biodiversity in Europe. Geneva Timber and Forest Discussion Papers. ECE/TIM/DP/22. United Nations. New York and Geneva.
- ROUSSEEUW, P.J., LEROY, A.M., 1987. *Robust Regression and Outlier Detection*, John Wiley & Sons, New York.
- RUSTIGIAN, H.L., SANTELMANN, M., V.E SCHUMAKER, N.H., 2003. Assessing the potencial impacts of alternative landscape designs on amphibian population dynamics. *Landscape Ecology* **18** : 65-81.
- SPSS, 2003. SPSS 12.0 for Windows: SPSS Inc.
- TEIXEIRA, J., ARNTZEN, J.W., FERRAND, N., ALEXANDRINO J., 1996. Elaboração de um modelo explicativo da distribuição da *Chioglossa lusitanica* em Portugal. *IV Congresso Luso - Espanhol de Herpetologia*. Porto, Dezembro de 1996.
- THOMPSON, I.D., BAKER. J.A., TERMIKAEIAN, M., 2003. A review of the long-term effects of post-harvest silviculture on vertebrate wildlife, and predictive model, with an emphasis on boreal forests in Ontario, Canada. *Forest Ecology and Management* **177**(1-3) : 441-469.
- WIENS, J.A. 1997. The emerging role of patchiness in conservation biology. Enhancing the Ecological Basis of Conservation: Heterogeneity, Ecosystem Function, and Biodiversity (S.T.A. Pickett, R.S. Ostfeld, M. Shachak, and G.E. Likens, eds.). *Chapman and Hall*, New York, pp. 93-107.

- WIENS, J.A., 1999. Ecological heterogeneity: an ontogeny of concepts and approaches. The Ecological Consequences of Environmental Heterogeneity. Michael J. Hutchings, Elizabeth A. John e Alan J. A. Stewart Eds. *Blackwell Science*, 9-31.
- WITH, K.A., CRIST, T.O. 1995. Critical Thresholds in Species Responses to Landscape Structure. *Ecology* **76**(8) : 2446-59.
- Entregue para publicação em Fevereiro de 2005*  
*Aceite para publicação em Abril de 2005*

---

<sup>2</sup> Optou-se pela agregação destas duas componentes tendo em conta que a sua representatividade, de forma isolada, não se mostrava relevante à escala a que este trabalho se baseou

<sup>3</sup> Conjunto de todos os habitats florestais considerados

<sup>4</sup> Incluindo as classes de incultos, acacial, giestal e esteval)