



**Programa de Doutoramento em Ciências do Ambiente  
ECT, Univ.Évora, ICAAM, 04 de Abril 2014**



**Título da tese de Doutoramento:  
“MODELAÇÃO GEOGRÁFICA EM PROCESSOS DE CARACTERIZAÇÃO E  
AVALIAÇÃO DA PAISAGEM NUMA PERSPETIVA TRANSFRONTEIRIÇA”**

# **O paradigma estrutura-função da paisagem: relação entre métricas de paisagem e funções ecológicas**

**Teresa Batista**

**tbatista@cimac.pt**

*PhD Student in Environmental Sciences*

*Invited Assistant - Depart. Of Landscape, Environment and Management, ECT, Univ.Évora,  
Team leader of the Environmental and Development Unit of CIMAC*

# Índice



- **Introdução**
- **Princípio da estrutura/função**
- **Modelo mancha-corredor-matriz**
- **Estrutura da paisagem/métricas**
- **Funções ecológicas**
- **Área de estudo**
- **Relação métricas de paisagem/funções ecológicas**
- **Resultados**
- **Conclusões**

# Introdução



- Biosistema
- Geosistema
- Sociosistema

## Ecologia da Paisagem

estuda

Estrutura

Funções

Alterações

Principal objetivo – análise das relações entre os padrões espaciais da Paisagem e os processos ecológicos que ai ocorrem



# Introdução

## ***Princípio da estrutura-função***

- Este princípio refere que “as paisagens são heterogêneas e diferem estruturalmente na distribuição de espécies (flora, fauna), energia e materiais ao longo das manchas, corredores e matriz.

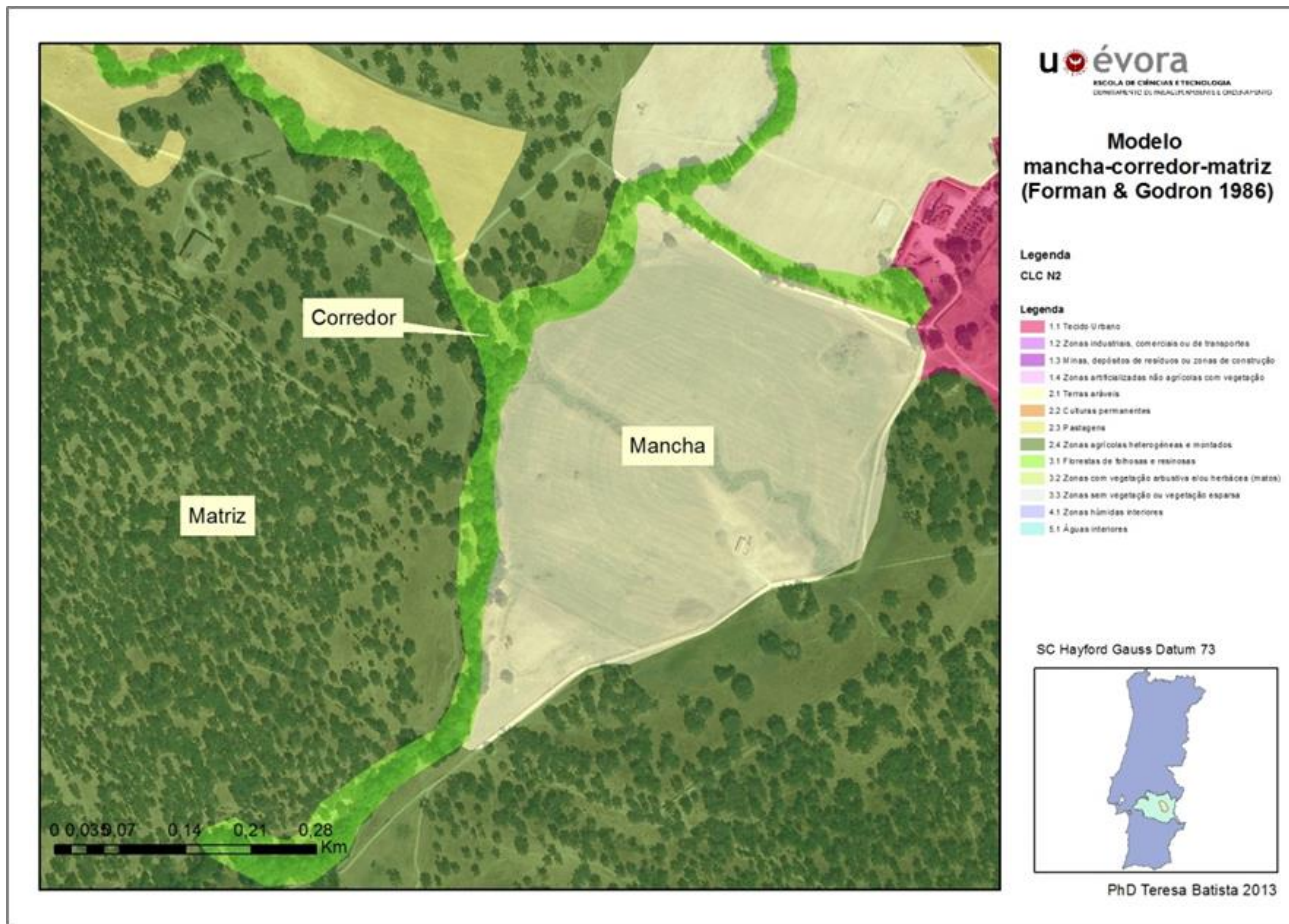
➔ Consequentemente as paisagens diferem funcionalmente no fluxo de espécies, energia e materiais ao longo dos elementos estruturais da paisagem” (Forman & Godron 1986).

# Modelo mancha-corredor-matriz



- Richard Forman e Michel Godron (Forman & Godron 1986) e Monica Turner (Turner 1989) desenvolveram e aplicaram o modelo “mancha-corredor-matriz”, o qual passou a constituir o principal paradigma da Ecologia da Paisagem associado a uma série de métricas e aplicado a diversas escalas espaciais, tendo como ênfase o estudo dos efeitos ecológicos dos padrões espaciais.

# Modelo mancha-corredor-matriz



Mancha (*patch*) é uma superfície não linear que difere da sua envolvente.

Corredores são elementos lineares que tem funções de interconecção e transporte ao longo da paisagem.

Matriz é o elemento dominante da paisagem. É a massa homogênea na qual se diferenciam pequenos elementos.

Forman & Godron (1986)



# Métricas de Paisagem

- As métricas da paisagem medem e descrevem a estrutura espacial das manchas, classes de manchas ou do total da paisagem (Botequilha Leitão et al. 2006).
  - Métricas de área e de orla
  - Métricas de forma
  - Métricas de interior (core área)
  - Métricas de contraste
  - Métricas de agregação/fragmentação
  - Métricas de diversidade

# Métricas de área e orla

Métrica	Conceito	Fórmula	parâmetros	nível de cálculo	Unidades	Varição	Significado/aplicações	Referências
<b>Tamanho da mancha (AREA ou PS)</b>	tamanho de cada mancha (vetor) ou célula (raster)	$PS \text{ ou } AREA = a_{ij}$	$a_{ij}$ , iguala a área (m <sup>2</sup> ) da mancha.	mancha	m <sup>2</sup>	PS > 0, sem limite superior	manchas maiores tem maior probabilidade de conter espécies de interior, dependendo da sua configuração	McGarigal and Marks 1995; Botequilha Leitão et al. 2006; Hoehnestetter 2009
<b>Tamanho médio das manchas (MPS)</b>	tamanho médio das manchas de uma classe ou paisagem	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{PN_i}$	$a_{ij}$ , é a área (m <sup>2</sup> ) da mancha $ij$ ; $PN_i$ , é o número de manchas da classe $i$ .	classe e paisagem	m <sup>2</sup> ou há	MPS > 0, sem limite superior	métrica derivada da PS. Permite perceber como se comporta o tamanho das manchas na classe ou paisagem	McGarigal and Marks 1995; Wu et al. 2003; Rempel et al. 2012
<b>Mediana do tamanho das manchas (MedPS)</b>	mediana (percentil 50) do tamanho médio das manchas de uma classe ou paisagem	$MedPS = PS_{50\%}$	AREA (50%) = percentil 50	classe e paisagem	m <sup>2</sup> ou há	MedPS > 0, sem limite superior	idem	Rempel et al. 2012
<b>Desvio padrão do tamanho das manchas (PSSD)</b>	desvio padrão do tamanho médio das manchas de uma classe ou paisagem	$PSSD = \sqrt{((\sum_{j=1}^n [a_{ij} - (\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{PN_i})])^2) / PN_i}$	$a_{ij}$ , é a área (m <sup>2</sup> ) da mancha $ij$ ; $PN_i$ , é o número de manchas da classe $i$ .	classe e paisagem	m <sup>2</sup> ou há	> 0, sem limite superior	idem	McGarigal and Marks 1995; Wu et al. 2003; Rempel et al. 2012
<b>Covariância do tamanho das manchas (PSCoV)</b>	covariância do tamanho médio das manchas de uma classe ou paisagem	$PSCoV = \frac{PSSD}{MPS} * 100$		classe e paisagem	%	> 0, sem limite superior	idem	McGarigal and Marks 1995; Wu et al. 2003; Rempel et al. 2012
<b>Média ponderada do tamanho das manchas (AWMPS)</b>	tamanho médio das manchas a dividir pela área total da classe ou paisagem	$AWMPS = \sum_{j=1}^n [a_{ij} (\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}})]$	$a_{ij}$ , iguala a área (m <sup>2</sup> ) da mancha.	classe e paisagem	m <sup>2</sup> ou há	> 0, sem limite superior	idem	Botequilha Leitão et al. 2006
<b>Índice da maior mancha (LPI)</b>	é a percentagem da área da paisagem ocupada pela maior mancha	$LPI = \frac{\max a_{ij}}{AREA} * 100$	$a_{ij}$ , iguala a área (m <sup>2</sup> ) da mancha; AREA, é a área total da classe ou paisagem	classe e paisagem	%	0 < LPI ≤ 100	métrica derivada da PS. permite perceber se a paisagem é dominada por uma só mancha e portanto da sua homogeneidade. Quando LPI é próximo de 100 significa que a maior mancha ocupa quase a totalidade da área da paisagem.	McGarigal and Marks 1995; Wu et al. 2002; Botequilha Leitão et al. 2006; Hoehnestetter 2009; McGarigal et al. 2012.



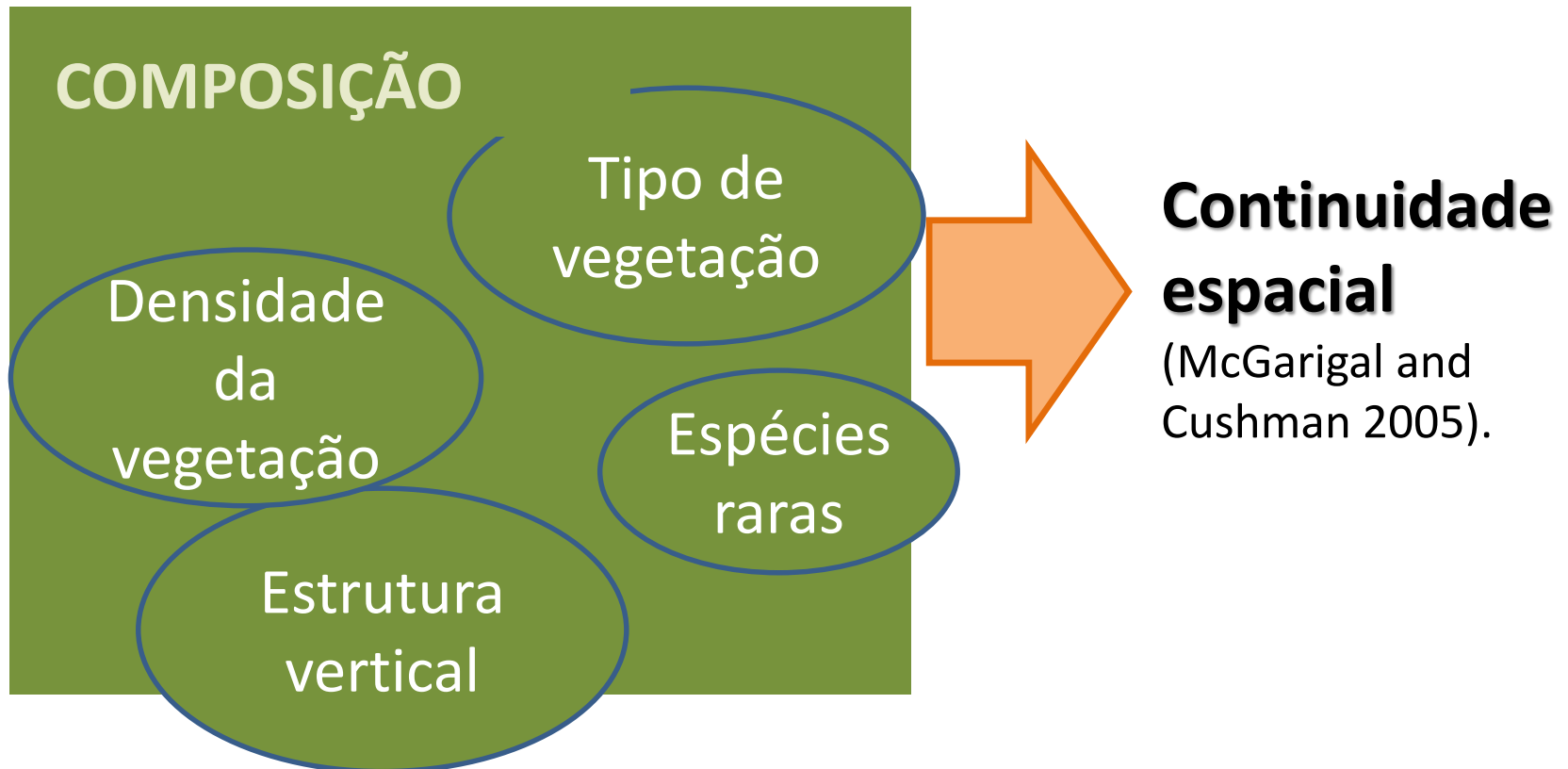
# Métricas de agregação/fragmentação

Métrica	Conceito	Fórmula	parâmetros	nível de cálculo	Unidades	Variação	Significado/aplicações	Referências
<b>Número de manchas (NumP ou PN)</b>	número total de manchas numa classe ou paisagem	$NumP = \sum_{i=1}^n P_{ij}$	$P_{ij}$ , é tipo de mancha $ij$	classe e paisagem	sem unidade	$\geq 1$ , sem limite superior	um maior número de manchas é indicador de uma maior fragmentação da classe ou paisagem, embora tal deva ser analisado tendo em consideração o nível de detalhe do mapa base	McGarigal and Marks 1995; Wu et al. 2002; Botequilha Leitão et al. 2006; Rempel et al. 2012; McGarigal et al. 2012.
<b>Densidade de manchas (PD)</b>	número total de manchas numa classe ou paisagem por unidade de área (ex:km2 ou ha)	$PD = \frac{NumP}{AREA}$ $PD = \frac{NumP}{AREA} \times (10,000) m^2/ha. \times 100$	$AREA$ , é área total da classe ou paisagem em $m^2$ ou ha.	classe e paisagem	sem unidade	1, até ao total de células da grid	métrica derivada da PN	McGarigal and Marks 1995; Wu et al. 2002; Hoechstetter 2009; McGarigal et al. 2012.
<b>Tamanho da malha efetivo (MESH)</b>	é o quadrado da soma das áreas das manchas dividido pela área total da classe ou da paisagem	$MESH = \frac{AREA^2}{AREA}$	$AREA$ , é área total da classe ou paisagem em $m^2$ ou ha.	classe e paisagem			permite perceber do tamanho efetivo da mancha no total da classe ou paisagem	Jaeger 2000 cit in Hoechstetter 2009; McGarigal et al. 2012.
<b>Contágio (CONTAG)</b>	O contágio mede a probabilidade de encontrar uma célula do tipo $i$ próximo de uma célula do tipo $j$	$CONTAG = \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n [(P_i)(P_{ik})] \times \ln[(P_i)(P_{ik})]}{c_{max}} \right) \times 100$	$pi$ , é a proporção de paisagem ocupada pela classe $i$ ; $Gk$ é o nº de adjacências entre os pixels das classes; $m$ nº de classes	classe e paisagem	%	$0 < CONTAG < 100$	o contágio mede a extensão em que os tipos de manchas são agregados ou dispersos; valores mais elevados de contágio pode resultar de paisagens com algumas grandes manchas contínuas, enquanto os valores mais baixos geralmente caracterizam paisagens com muitas manchas pequenas e dispersas.	McGarigal and Marks 1995; Wu et al. 2002; Botequilha Leitão et al. 2006; McGarigal et al. 2012.
<b>Interdispersão e justaposição (IJI)</b>	mede a interdispersão entre manchas ou classes de manchas	$IJI = \frac{-\sum_{k=1}^m \left[ \left( \frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \ln \left( \frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m-1)} (100)$	$e_{ik}$ = total comprimento (m) da orla na paisagem entre os tipos de manchas; $m = n^\circ$ tipos manchas resentes no limite da paisagem	classe e paisagem	%	$0 < CONTAG < 100$	aumenta à medida que aumenta a interdispersão entre as diferentes manchas e tipos de manchas. Baseia-se na adjacência das manchas	McGarigal and Marks 1995; Rempel et al. 2012; McGarigal et al. 2012.
<b>Distancia euclidean do vizinho mais próximo (ENN ou NEAR)</b>	mede a distância euclidean do vizinho mais próximo	$ENN = h_{ij}$	$h_{ij}$ , é a distancia auclidiana ao vizinho mais próximo a área do sth dentro do raio	mancha	m	$\geq 0$ , sem limite superior	importante para análise da fragmentação de um determinado tipo habitat	McGarigal and Marks 1995; Hoechstetter 2009; McGarigal et al. 2012.
<b>Distancia euclidean média do vizinho mais próximo (MNN)</b>	mede a distância euclidean média do vizinho mais próximo	$ENN\_MN = \frac{\sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{n'_i}$		classe e paisagem	m	$\geq 0$ , sem limite superior		McGarigal and Marks 1995; Rempel et al. 2012;
<b>Proximidade (PROX ou PROXIM ou PI)</b>	é o somatório da área da mancha pela distância mais próxima orla-a-orla ao quadrado.	$PROX = \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}$	$a_{ijs}$ , é a área do $s^{th}$ dentro do raio específico da mancha $ij$ ; $h_{ijs}$ é a distância da mancha $ij$ à mancha vizinha $s^{th}$ do mesmo tipo, com base na distancia entre as fronteiras.	mancha	sem unidade	$\geq 0$ , sem limite superior	considera o tamanho e a proximidade mínima entre manchas calculada entre as orlas dessas manchas	McGarigal and Marks 1995; Hoechstetter 2009; McGarigal et al. 2012.



# INTRODUÇÃO

- As métricas de paisagem não refletem o valor da composição:





# INTRODUÇÃO

Questões:

- Qual o valor explicativo das métricas de paisagem
- Qual o seu real significado ecológico
- Será que as métricas de paisagem podem explicar a variabilidade das funções dessa mesma paisagem?

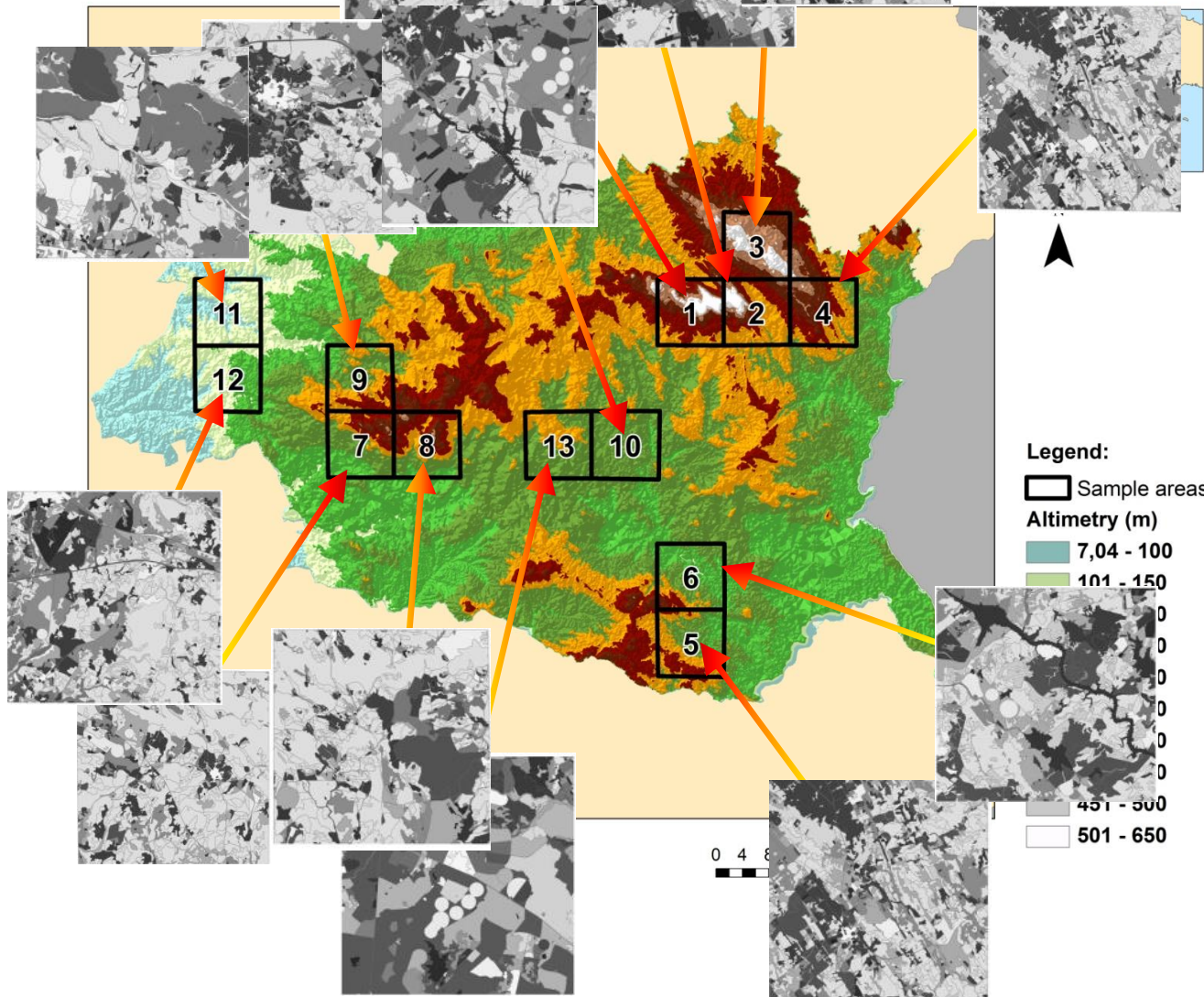


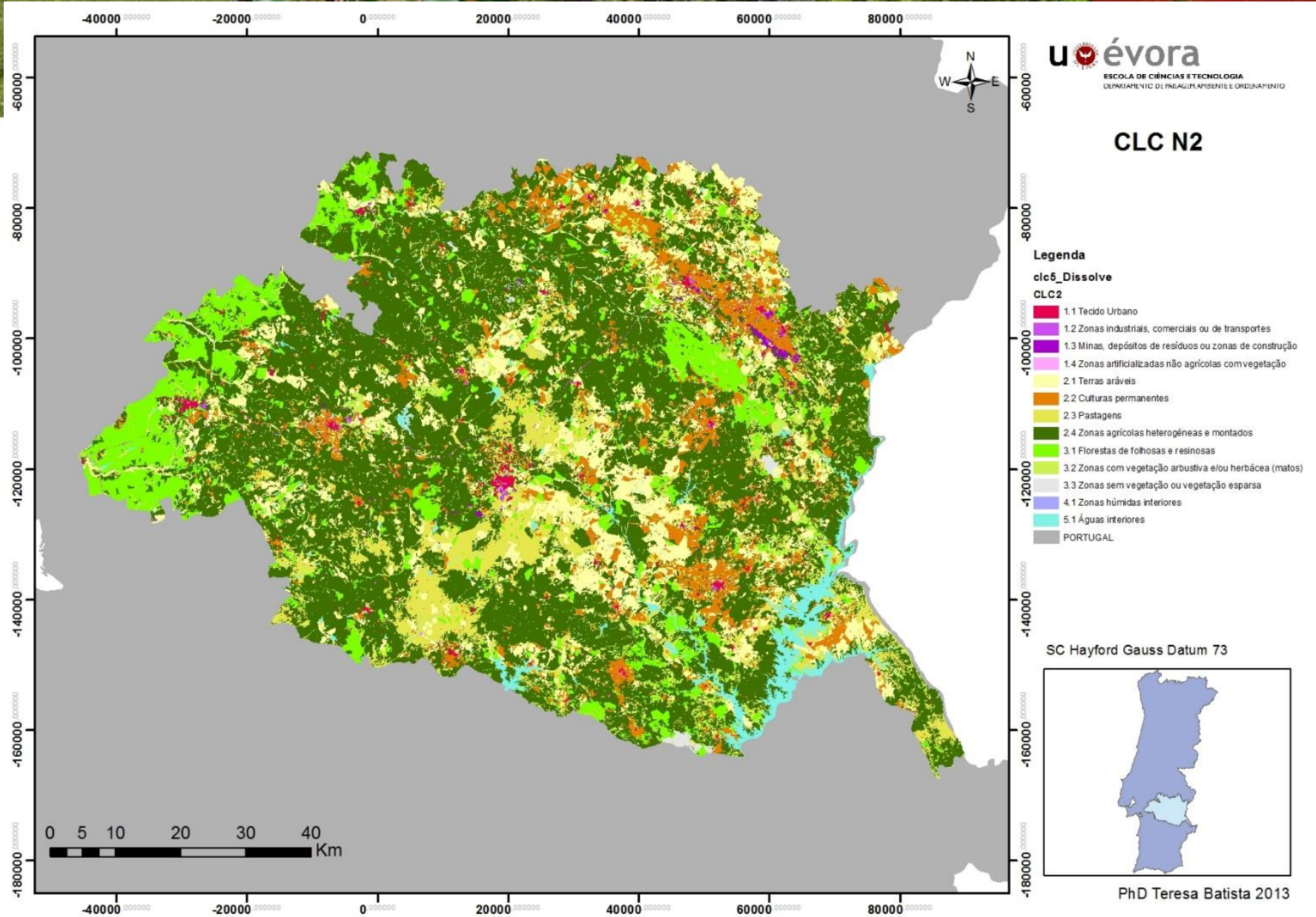
# OBJETIVOS

- Estudar a relação entre a estrutura da paisagem (caracterizada através das métricas de paisagem) e três funções ecológicas da paisagem:
  - sequestro de carbono (densidade carbono),
  - biodiversidade (adequabilidade de habitats para a fauna)
  - e o ciclo da água (através do potencial de infiltração)
- Relacioná-los através de análise estatística e observar resultados.

# ÁREA DE ESTUDO

- 13 áreas;
- 100 km<sup>2</sup>;
- 18% da área do DE.





# CAP (CLASS AREA PROPORTION)

CLC N3



CLC3 Classes	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
111	0.12	0.31	1.84	0.57			0.41	0.51	1.96	0.32	1.01	1.78	2.21
112	0.15	0.37	1.31	0.34	0.07	0.11	0.25	0.35	1.15	0.21	0.50	0.65	0.54
121	0.01	0.15	0.38	0.19		0.00	0.08	0.03	1.16	0.03	0.11	0.70	0.30
122	0.10	0.17	1.39	0.34	0.21	0.03	0.27	0.19	1.20	0.24	0.25	0.90	0.41
124													0.15
131		1.16	2.73	4.52			0.09		0.25				0.00
132		0.00	0.04	0.01			0.01	0.01	0.10		0.08	0.03	0.03
133			0.02	0.05		0.06	0.02					0.26	
141		0.01	0.01	0.01			7.41	0.00	0.02	0.02	0.04	0.05	
142	0.01	0.01	0.06	0.02			1.81	0.02	0.15	31.01	0.05	0.08	0.04
211	2.67	15.0	17.0	11.90	2.51	4.62	7.41	4.25	8.42	3.69	10.0	13.55	25.52
212	0.25	1.17	0.22	0.92		1.96	1.81	0.44	1.96		1.14	1.04	4.21
213							0.03				0.93	0.72	
221	1.38	7.99	14.88	0.65		0.59		0.23	2.16	1.43	0.06	2.68	4.67
222	0.06	0.32	1.34	0.63			0.21	0.04	0.02	0.02	0.05	0.04	0.03
223	2.63	2.59	27.34	11.94	3.77	2.01	2.83	5.05	15.11	8.29	1.77	2.52	0.80
231	3.03	8.29	4.73	11.42	5.04	12.42	6.53	7.85	9.79	7.10	2.66	6.78	33.91
241	2.65	2.35	4.05	4.44	2.07	5.09	0.63	1.93	4.33	4.81	4.79	8.51	2.13
242				0.05	0.03		69.46	0.34	0.82		1.13	0.80	1.24
244	52.00	17.35	0.24	41.03	58.79	35.32	1.36	58.81	44.96	27.83	31.62	47.90	13.31
311	25.55	34.05	17.90	7.38	10.51	16.25	0.92	10.72	0.78	8.42	5.52	1.67	5.63
312	2.52	1.14	2.46	1.41	2.75	2.88	0.26	3.52	0.65	1.00	13.02	3.36	1.55
313	3.03	0.69	0.14		2.47	1.15		3.81	0.01	0.49	24.64	4.01	1.17
321	1.20	0.88	0.14	0.06	2.47	0.08		0.12	3.35	0.26		0.53	
322	2.30	4.77	0.95	1.77	9.35	8.19	0.00	0.17	0.10	0.80	0.01	0.31	0.43
331			0.47	0.05		0.03	0.20	0.01	0.13	0.02		0.01	0.02
332	0.02	0.02	0.11	0.01									
334					0.01								
511	0.02	0.25				0.41		0.05	0.35	1.16	0.08	0.04	0.35
512	0.31	0.94	0.22	0.30	2.17	8.80	0.70	1.55	1.07	2.85	0.51	1.10	1.35



# Funções ecológicas analisadas

Vegetation type and characteristics – production cycle or life span, leaf area and stoma density

Climate – solar radiation, temperature and rainfall

## SEQUESTRO DE CARBONO

Soils – fertility and moisture

Biodiversity





# Funções ecológicas analisadas

## SEQUESTRO DE CARBONO

**Table 2 – NEE productivity/variation for vegetation types (Pereira *et al.* 2007, Berbigier *et al.* 2001, Deckmyn *et al.* 2004 and Correia *et al.* 2008?)**

Type of vegetation	NEE variation (gCm <sup>-2</sup> year <sup>-1</sup> )
Eucalyptus plantation (Pereira <i>et al.</i> 2007)	-861 to -399
Oak woodland (Pereira <i>et al.</i> 2007)	-140 to -28
Grassland (Pereira <i>et al.</i> 2007)	-190 to +49
Pinus Pinaster (Correia <i>et al.</i> 2008?)	150
Pinus Pinaster (Berbigier <i>et al.</i> 2001)	-570
Short rotation coppice of poplar (Deckmyn <i>et al.</i> 2004)	-620

# DENSIDADE DE CARBONO– (MOLIN 2010)

## 2. SUMMARY TABLES FOR THE VEGETATION CARBON STOCK STUDY OF CONTINENTAL PORTUGAL

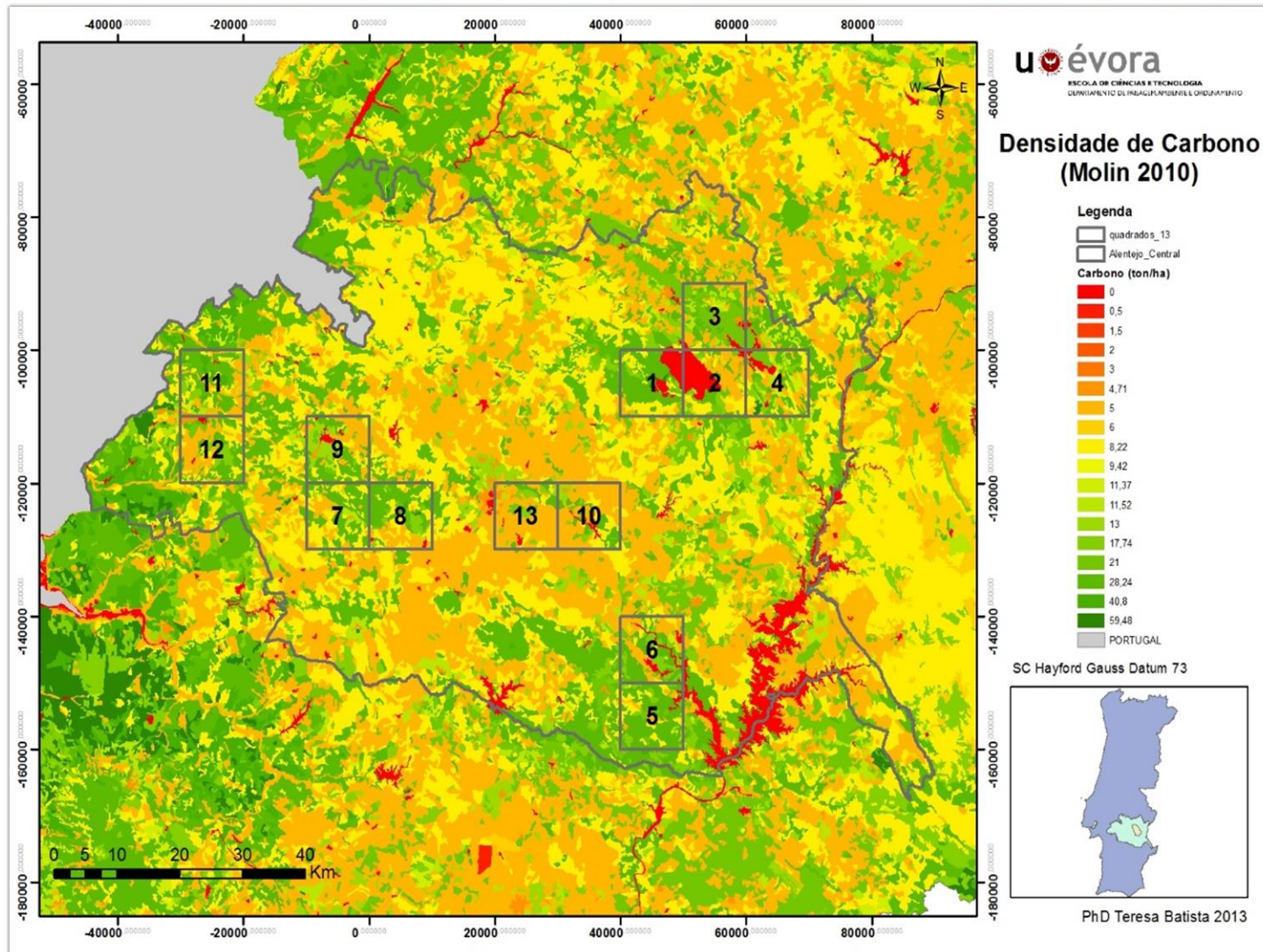
ID	CLC Level 3 Nomenclature	Carbon Density (t ha <sup>-1</sup> )	Description of Choice
112	Discontinuous urban	4,71	Assumed to be equal to Disc. Urban Fabric Cold Temp (Pereira, Seabra et al. 2009): Intermediate value between Continuous urban Fabric and Gardens (Pereira, Seabra et al. 2009)
124	Airports	0,50	Assumed to be equal to Airports (Cruickshank, Tomlinson et al. 2000): 50% built surfaces and 50% grass
141	Green urban areas	9,42	Assumed to be equal to Gardens, parks, etc Cold Temp (Pereira, Seabra et al. 2009): Assumed equal to Mixed Montado (Pereira, Seabra et al. 2009)
142	Sport and leisure	9,42	Assumed to be equal to Gardens, parks, etc Cold Temp (Pereira, Seabra et al. 2009): Assumed equal to Mixed Montado (Pereira, Seabra et al. 2009)
211	Non-irrigated arable land	5,00	Assumed equal to Annual Cropland (Pereira, Seabra et al. 2009) GP-LULUCF table 3.3.8: Annual Cropland. Below ground: assumed already included in above ground biomass
212	Permanently irrigated land	5,00	Assumed equal to Annual Cropland (Pereira, Seabra et al. 2009): GP-LULUCF table 3.3.8: Annual Cropland. Below ground: assumed already included in above ground biomass
213	Rice fields	5,00	Assumed equal to Annual Cropland (Pereira, Seabra et al. 2009): GP-LULUCF table 3.3.8: Annual Cropland. Below ground: assumed already included in above ground biomass
221	Vineyards	21,00	Assumed equal to Permanent Crops (Pereira, Seabra et al. 2009): GP-LULUCF table 3.3.8: Temperate (all moisture regimes). Assuming 10 year average age (GP-LULUCF table 3.3.2 recommends 30 years, but that time interval appears too large for the dominant permanent crops in Portugal, orchards and vineyards.)
222	Fruit trees and berry plantations	21,00	Assumed equal to Permanent Crops (Pereira, Seabra et al. 2009): GP-LULUCF table 3.3.8: Temperate (all moisture regimes). Assuming 10 year average age (GP-LULUCF table 3.3.2 recommends 30 years, but that time interval appears too large for the dominant permanent crops in Portugal, orchards and vineyards.)
223	Olive groves	21,00	Assumed equal to Permanent Crops (Pereira, Seabra et al. 2009): GP-LULUCF table 3.3.8: Temperate (all moisture regimes). Assuming 10 year average age (GP-LULUCF table 3.3.2 recommends 30 years, but that time interval appears too large for the dominant permanent crops in Portugal, orchards and vineyards.)
231	Pastures	6,00	Assumed to be equal to Grasslands Cold Temp (Pereira, Seabra et al. 2009): Above ground biomass: GP-LULUCF, Table 3.4.2, considering the default carbon fraction of dry matter (0.5); Root-shoot ratio: GP-LULUCF Table 3.4.3 Root-to-Shoot Ratios for the Major Savannah/Rangeland Ecosystems of the World.
241	Annual crops with permanent crops	13,00	Assumed to be equal to 50% Annual Crops (Pereira, Seabra et al. 2009) and 50% Permanent Crops (Pereira, Seabra et al. 2009)
242	Complex cultivation patterns	11,52	Assumed to be equal to Mosaic with all other Types (Pereira, Seabra et al. 2009): Sum of biomass in forest/undercover (10%), according to forest specie, bush land (10%), and annual cropland (80%)
243	Principally agriculture, significant areas of natural vegetation	11,37	Assumed to be equal to 50% Annual Crops (Pereira, Seabra et al. 2009) and 50% Bushlands (Pereira, Seabra et al. 2009)
244	Agro-forestry areas	8,22	Assumed to be equal to Mosaic Agriculture with Q. Suber (Pereira, Seabra et al. 2009): Sum of biomass in forest/undercover (10%), according to forest specie, bush land (10%), and annual cropland (80%)

# CARBON DENSITY – (MOLIN 2010)

ID	CLC Level 3 Nomenclature	Carbon Density (t ha <sup>-1</sup> )	Description of Choice
311	Broad-leaved forest	28,24	Assumed to be equal to 33% Eucalyptus <sup>1</sup> (Pereira, Seabra et al. 2009), 33% Quercus Suber <sup>2</sup> (Pereira, Seabra et al. 2009) and 33% Quercus Rotundifolia <sup>2</sup> (Pereira, Seabra et al. 2009). 1) Includes biomass in trees and undergrowth cover; aboveground tree biomass from Pereira et al (2002); aboveground undergrowth biomass from Silva (Unpublished); Root-to-Shoot Ratios: Soares & Tomé (2004). 2) Includes biomass in trees and undergrowth cover; aboveground tree biomass from Pereira et al (2002) corrected to include only forest > 30% cover; aboveground undergrowth biomass from Silva (Unpublished); Root-to-Shoot Ratios: GP-LULUCF Table 3A.1.8: Temperate Broadleaf forest function of ALB per ha
312	Coniferous forest	59,48	Assumed to be equal to Pinus pinaster (Pereira, Seabra et al. 2009): Includes biomass in trees and undergrowth cover, aboveground tree biomass from Pereira et al (2002), aboveground undergrowth biomass from Silva (Unpublished), Root-to-shoot Ratios: GP-LULUCF Table 3A.1.8: Conifer Forest Plantation function of ALB per ha
313	Mixed forest	40,80	Includes biomass in trees and undergrowth cover; aboveground tree biomass from Pereira et al (2002) average of all species; aboveground undergrowth biomass from Silva (Unpublished); Root-to-Shoot Ratios: GP-LULUCF Table 3A.1.8: Temperate Broadleaf forest function of ALB per ha (Pereira, Seabra et al. 2009)
321	Natural grassland	6,00	Assumed to be equal to Grasslands in cold Temp (Pereira, Seabra et al. 2009) Above ground biomass: GP-LULUCF, Table 3.4.2, considering the default carbon fraction of dry matter (0.5); Root-shoot ratio: GP-LULUCF Table 3.4.3 Root-to-Shoot Ratios for the Major Savannah/Rangeland Ecosystems of the World.
322	Moors and heathland	17,74	Assumed to be equal to Bushlands (Pereira, Seabra et al. 2009) Above ground equation $yr = -0.1177 yr^2 + 1.8511 yr + 1.9582$ from Santos Pereira (2002) for full-growth (8 yr), Root-to Shoot Ratios: GP-LULUCF Table 3A.1.8 Shrubland
323	Sclerophyllous vegetation	17,74	Assumed to be equal to Bushlands (Pereira, Seabra et al. 2009) Above ground equation $yr = -0.1177 yr^2 + 1.8511 yr + 1.9582$ from Santos Pereira (2002) for full-growth (8 yr), Root-to Shoot Ratios: GP-LULUCF Table 3A.1.8 Shrubland
324	Transitional woodland - scrub	17,74	Assumed equal to Bushlands (Pereira, Seabra et al. 2009): Aboveground: equation $yr = -0.1177 yr^2 + 1.8511 yr + 1.9582$ from Santos Pereira (2002) for full-grow (8 yr); Root-to-Shoot Ratios: GP-LULUCF Table 3A.1.8 Shrubland
333	Sparsely vegetated areas	3,00	Assumed to be equal to Sparse Vegetation Cold Temp (Pereira, Seabra et al. 2009): Sparse vegetation assumed half the biomass of grassland (Pereira, Seabra et al. 2009)
411	Inland marshes	1,50	Assumed to be equal to Grasslands in Ireland (Cruickshank, Tomlinson et al. 2000)
421	Salt marshes	2,00	Assumed to be equal to Salt Marshes in Ireland (Milne 1994; Cruickshank, Tomlinson et al. 2000)

Table 8: Identification of each CLC class along with its respective carbon density equivalent and the description of choice (Adapted from: Cruickshank, Tomlinson et al. 2000; Pereira, Seabra et al. 2009)

# Densidade Carbono da AE



# ECOLOGICAL FUNCTIONS

Birds

Mammals

Amphibian and  
reptiles

**BIODIVERSIDADE**

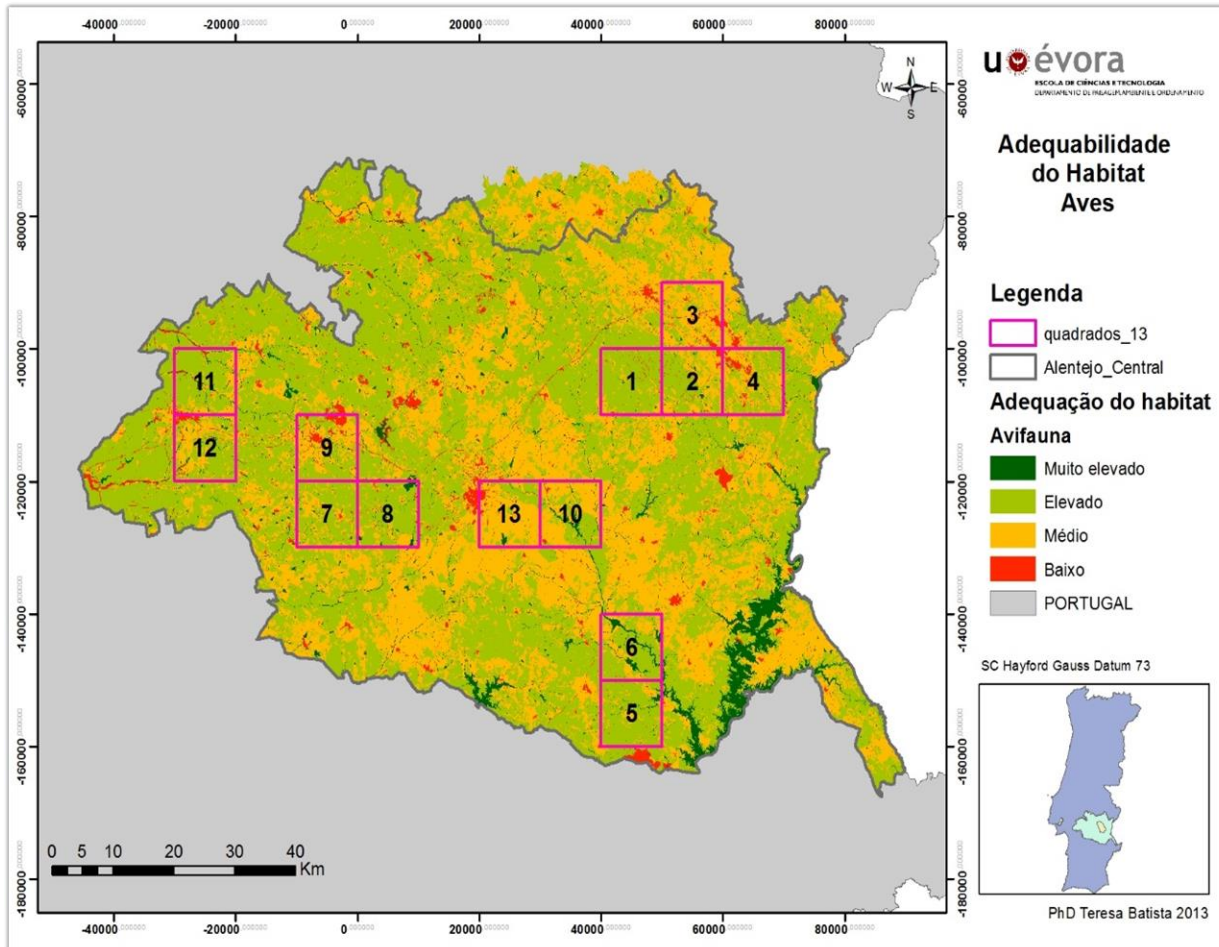
Species richness and  
diversity

field surveys realized by Rabaça  
et al (1995), Marques (1997) and  
Raimundo (1995); Batista (2000)

Ocupação/uso do solo	Adequabilidade do habitat (HS)		
	Répteis e anfíbios	Aves	Mamíferos
Corpos de água e zonas húmidas	1	1	2
Zonas agrícolas	2	3	2
Zonas agroflorestais e montados	3	2	1
Zonas urbanas e industriais	4	4	4
Outras áreas degradadas	4	4	3

# BIODIVERSITY — CLASS METRICS

## SAMPLE AREAS - BIRDS

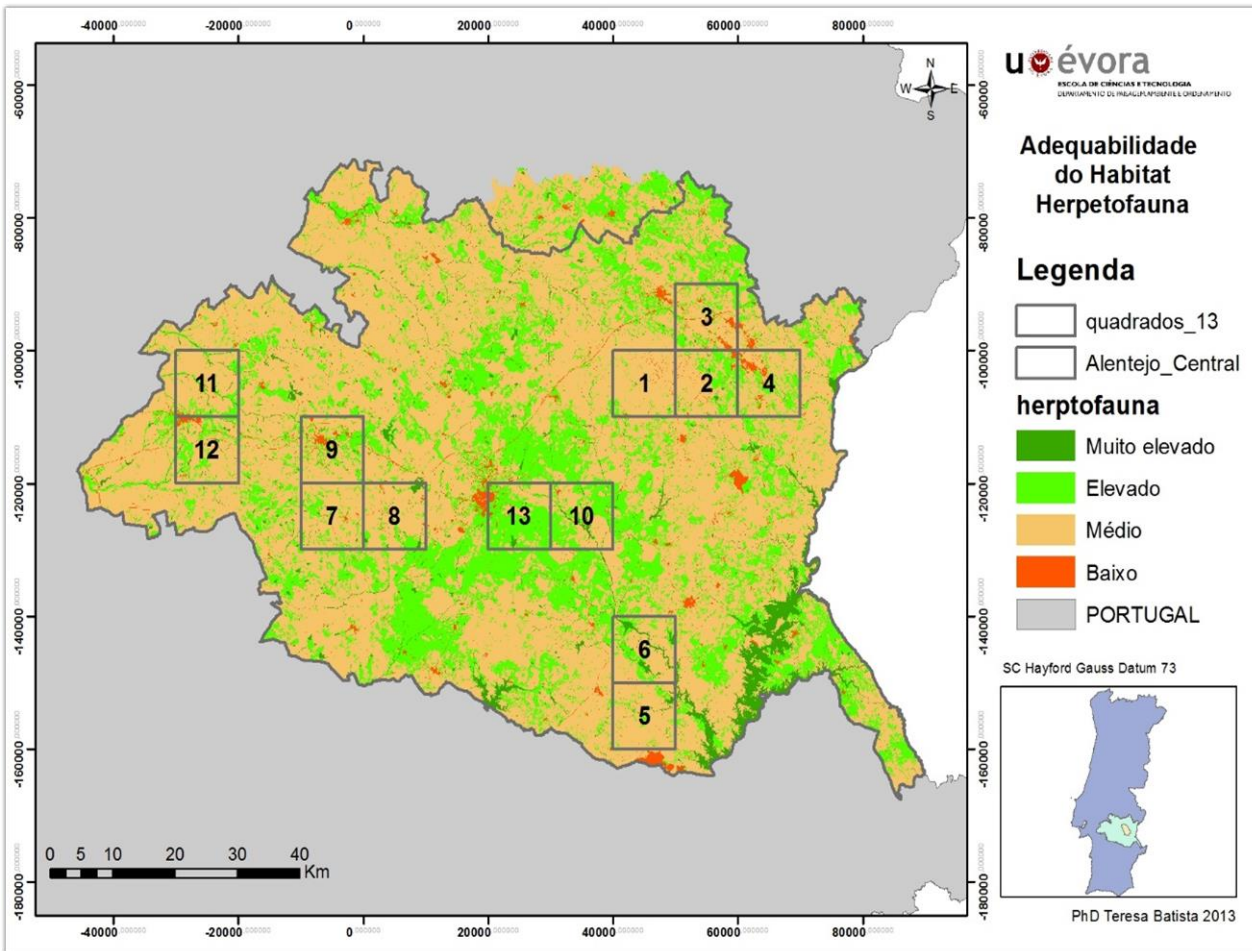


Most correlated class metrics: MSI, MPAR, MPFD, AWMPFD and MPE (R-squared: 0.09)

All classes of LLU where significant to avifauna, excluding urban, industrial and burned areas (R-squared: 1).

# BIODIVERSITY — CLASS METRICS

## SAMPLE AREAS — REPTILES AND AMPHIBIANS

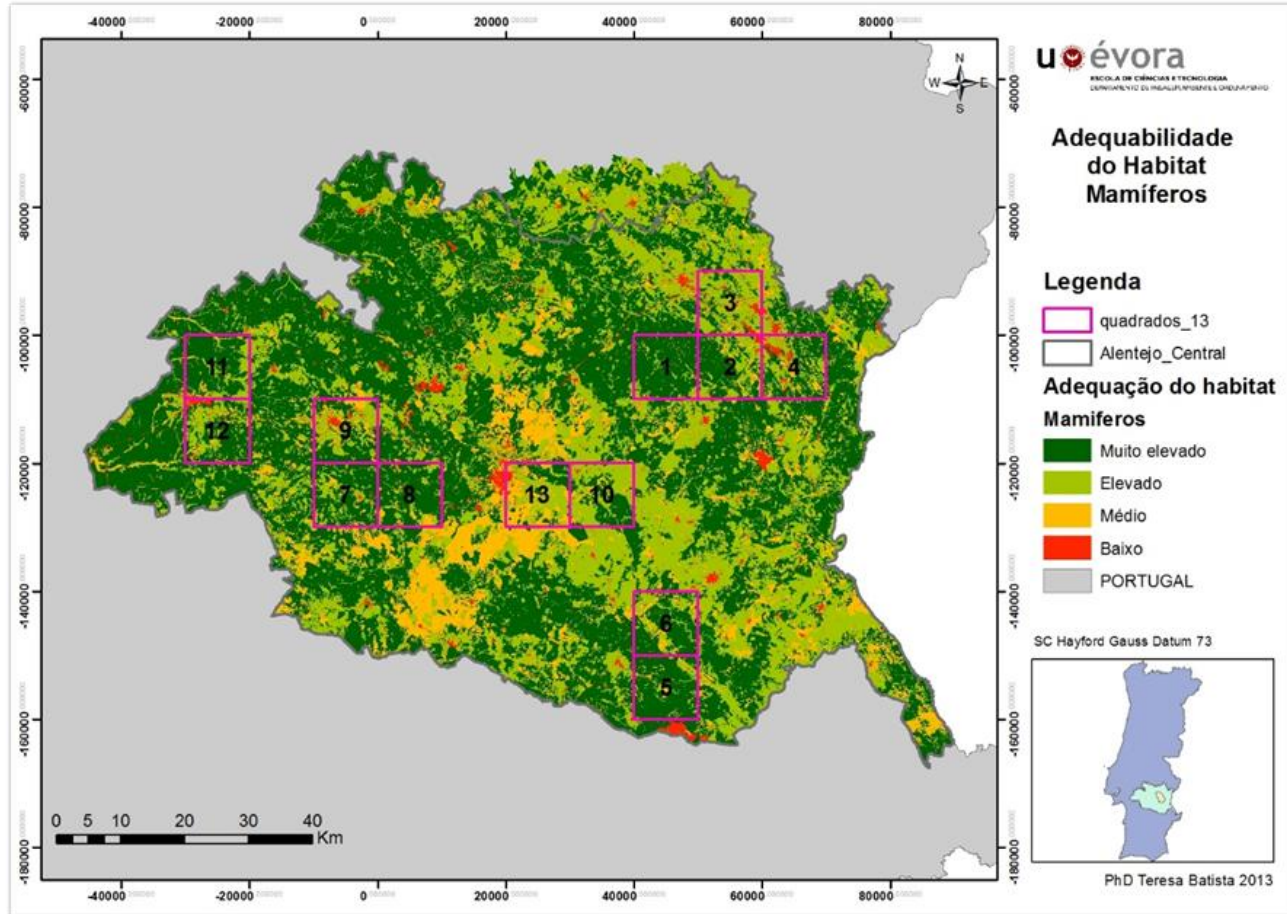


The most correlated class where: MSI, MPAR, MPFD, AWMPFD, MPE and NumP (R-squared: 0.09844).

All classes of LLU where significant to avifauna, excluding urban, industrial and burned areas and bare soil (R-squared: 1).

# BIODIVERSITY — CLASS METRICS

## SAMPLE AREAS - MAMMALS



The most correlated class metrics where AWMSI, MPFD, AWMPFD, TE, MPS, and NumP (R-squared: 0.1804).

All classes of LLU where significant to avifauna, excluding urban, industrial and burned areas (R-squared: 1).





# Funções ecológicas analisadas

## WATER INFILTRATION

Soils (2) – potential soil infiltration based on texture and structure

(Oliveira et al 1997 and Carvalho Cardoso 1965)

Classification:

-9 – null;

1 – low

9 – very high

Flow accumulation (1) – identification of areas of high potential of infiltration

## Potential Superficial Infiltration Model - PSIM

Topography (1)  
DRASTIC – SLOPE

(%):

<2-6 - 10

6-12 - 6

12-18 - 4

>18 - 1

Land Use (LLU) (3) –

Forest – 9

Poor grazing areas with scattered vegetation – 1

Impermeable areas - -99

(Celik 2005; Hasler 1975; Oliveira and Lobo Ferreira 2002; Oliveira et al 1997; Richter and Markewitz 2001).



# WATER INFILTRATION

## Potential Superficial Infiltration Model – PSIM

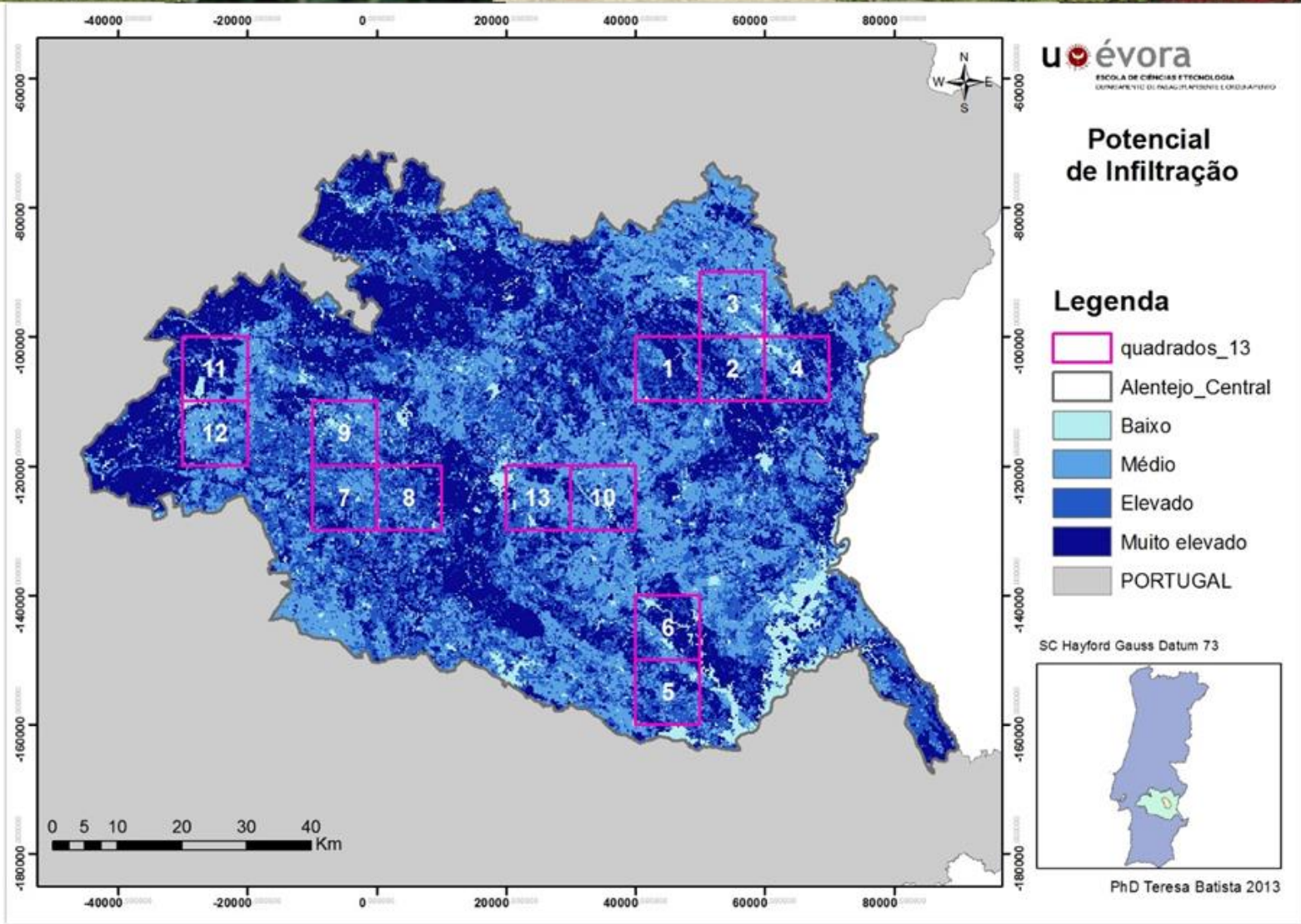
**(DRASTIC)** (Aller et al 1987; Oliveira and Lobo  
Ferreira 2002)

Potential infiltration (PI) =  $p$  Soil  $i$  +  $p$  Land cover  
 $i$  +  $p$  Topography  $i$  +  $p$  Flow accumulation  $i$   
 $p$  – weighting factor  
 $i$  – variable classification



# INFILTRARION

## SAMPLE AREAS



# Métricas analisadas

<i>Métricas</i>			<i>Nível de classe</i>	<i>Nível paisagem</i>
Grupo	Abreviatura	Descrição		
Métricas de	SDI	Índice de diversidade de Shannon		X
Diversidade	SEI	Índice de equitatividade de Shannon		X
Métricas de	MPAR	Razão perímetro/área	X	X
forma	MSI	Índice de forma médio	X	X
	AWMSI	Índice de forma médio ponderado pela área	X	X
	MPFD	Dimensão fractal média	X	X
	AWMPFD	Dimensão fractal média ponderado pela área	X	X
Métricas de orla	TE	Orla total	X	X
	ED	Densidade de orla	X	X
	MPE	Orla total média	X	X
	Pperim	Perímetro da mancha	X	X
Métricas de	NumP	Número de manchas	X	X
área	MPS	Tamanho médio da mancha	X	X
	MedPS	Tamanho mediano da mancha	X	X
	CA	Área da classe	X	
	CAP	Proporção da área da classe	X	
	TLA	Área total da paisagem		X
	PS	Tamanho da mancha	X	
	PSCoV	Covariância do tamanho da mancha	X	X
	PSSD	Desvio padrão do tamanho da mancha	X	X



# Modelo de análise

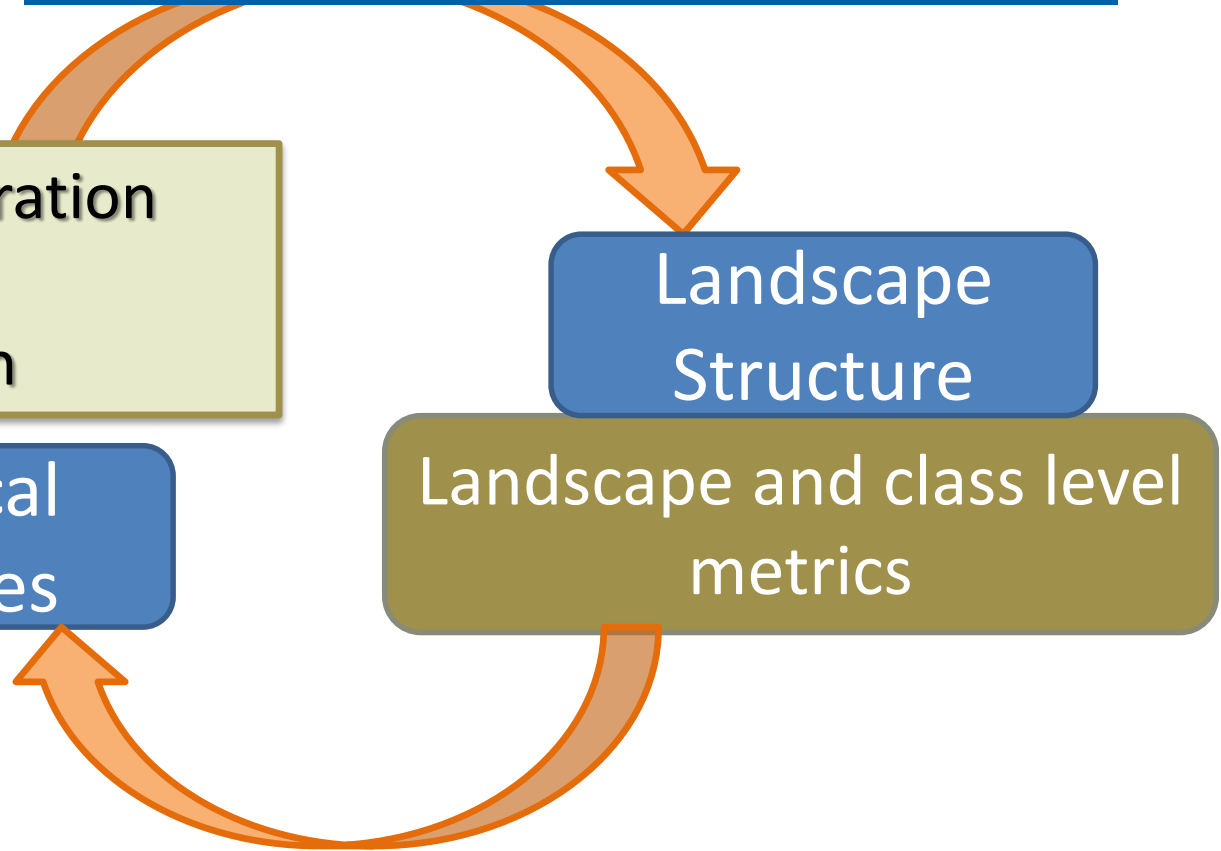
## CORRELATION ANALYSIS

- 🌿 Carbon Sequestration
- 🌿 Biodiversity
- 🌿 Water Infiltration

Ecological  
Processes

Landscape  
Structure

Landscape and class level  
metrics





# RESULTADOS

# Nível de significância para as métricas de classe (n=10475) relativamente às funções ecológicas analisadas: densidade de carbono; PSI, HS para mamíferos, répteis e anfíbios e aves

Métrica	Densidade Carbono			Potencial de infiltração superficial (PSI)			HS Aves			HS Mamíferos			HS Répteis e anfíbios		
	p valor	R <sup>2</sup>	Nível signif.	p valor	R <sup>2</sup>	Nível signif.	p valor	R <sup>2</sup>	Nível signif.	p valor	R <sup>2</sup>	Nível signif.	p valor	R <sup>2</sup>	Nível signif.
MPAR	<0.01	0.004	***	<0.01	0.021	***	<0.01	0.001	***	<0.01	0.050	***	<0.01	0.018	***
AWMPFD	<0.01	0.005	***	<0.01	0.001	***	<0.01	0.009	***	<0.01	0.120	***	<0.01	0.008	***
MSI	0.844	0.000	ns	<0.01	0.005	***	<0.01	0.021	***	<0.01	0.034	***	<0.01	0.009	***
AWMSI	0.821	0.000	ns	<0.01	0.003	***	<0.01	0.014	***	<0.01	0.030	***	<0.01	0.002	***
TE	<0.05	0.000	*	<0.01	0.010	***	0.006	0.001	**	<0.01	0.030	***	<0.01	0.001	***
ED	<0.1	0.0003		<0.01	0.019	***	0.005	0.001	**	<0.01	0.030	***	<0.01	0.001	***
MPE	<0.01	0.010	***	<0.01	0.010	***	<0.01	0.005	***	0.044	0.000	*	<0.01	0.011	***
NumP	<0.01	0.002	***	<0.01	0.004	***	<0.01	0.002	***	0.22	0.000	ns	0.891	0.000	ns
MPS	<0.01	0.062	***	<0.01	0.002	***	<0.01	0.001	***	<0.01	0.050	***	<0.01	0.003	***
MedPS	<0.01	0.028	***	<0.01	0.001	***	0.068	0.000	***	<0.01	0.040	***	<0.01	0.012	***
CA	<0.01	0.009	***	<0.01	0.001	***	<0.01	0.005	***	<0.01	0.060	***	<0.01	0.005	***
CAP	<0.01	0.009	***	<0.01	0.001	***	<0.01	0.005	***	<0.01	0.060	***	<0.01	0.005	***
PSCoV	<0.01	0.002	***	0.272	0.000	ns	<0.01	0.016	***	<0.01	0.007	***	<0.01	0.040	***
PSSD	<0.01	0.046	***	<0.01	0.006	***	<0.01	0.004	***	<0.01	0.004	***	0.302	0.000	ns
PS	<0.01	0.545	***	<0.01	0.009	***	0.126	0.000	ns	<0.01	0.006	***	0.038	0.000	*
Pperim	<0.01	0.220	***	<0.01	0.002	***	<0.01	0.002	***	0.281	0.000	ns	<0.01	0.000	***

Códigos Signif.: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

ns - não significativo



# RESULTADOS - Densidade de Carbono

- Apenas o **PS (tamanho da mancha)** teve um resultado significativo para a densidade de carbono com  **$r^2 = 0,54$** . Todas as restantes métricas têm um valor muito baixo de  $r^2$ .

Contudo podemos tecer os seguintes considerandos:

- A densidade de carbono é negativamente correlacionada com duas das **métricas de forma** (MPAR e AWMPFD) e com o **número de manchas** (NumP), isto indica que **em áreas com menor NumP (nº manchas) a densidade de carbono é superior** o que efetivamente se relaciona com as manchas de maior tamanho que estão ligadas às áreas florestais e de maior biomassa. Esta relação é corroborada pela elevada correlação com o tamanho da mancha ( $r^2 = 0.54$ ).
- Isto significa que quanto maior o número de manchas numa paisagem (NumP), menor é o seu tamanho médio, o que explica também as correlações positivas com as métricas MPS, MedPs, CA, CAP, PS e Pperim.





# PSI - potencial de infiltração

- No caso do PSI - potencial de infiltração superficial **todas as métricas** à exceção da PSCoV **são significativas**, o que pode ter a ver com a complexidade do próprio indicador e pelo facto deste já conter um elevado número de variáveis explicativas na sua própria fórmula de cálculo.
- É no entanto interessante o resultado relativo às **zonas de maior infiltração se concentrarem** em grande medida **em zonas de atividades antropogénicas**.



# Adequabilidade de habitats

- O tamanho da mancha (PS) parece não afetar a adequabilidade de habitats nas aves em geral. Já os mamíferos, répteis e anfíbios parecem não ser afetados pelo número de manchas (NumP), perímetro da mancha (Pperim) ou PSSD.
- A adequabilidade de habitats para **as aves** tem uma correlação positiva com as métricas de forma - MPAR, AWMPFD, MSI, AWMSI, as métricas de orla - TE, MPE e o Pperim e o NumP, e correlações negativas com as métricas de área (MPS, MedPS, CA, CAP, PSCov e PSSD).
- Para **os mamíferos** apenas as métricas de forma tem correlações positivas (MPAR, AWMPFD, MSI e AWMSI). Todas as restantes têm correlações negativas.
- No caso dos **répteis e anfíbios** as únicas correlações negativas são com as métricas AWMPFD e PSCoV.



# Adequabilidade de habitats

- As classes 211, 212, 213 - terras aráveis não irrigadas, irrigadas e arrozais, 221-vinhas, 222- pomares, 223 – olival, 231 – pastagens, 241 - culturas anuais com culturas permanentes, 242 – sistemas culturais parcelares complexos, 244 – montados, 311 - floresta de folhosas; 312 - floresta de resinosas; 313 - floresta mista, 322;324 – matos, 511 – linhas de água e 512 – corpos de água são significativas para os quarto grupos estudados.
- As áreas de pastagem (321) e afloramentos rochosos (332) são também importantes para os mamíferos. Para os répteis e anfíbios acrescentam-se as áreas de solos sem cobertura vegetal (331), os afloramentos rochosos (332) e as zonas verdes urbanas (141).



# Considerandos

- Este estudo evidencia a dificuldade de quantificação dos padrões e processos a larga escala.
- As funções ecológicas são dependentes de múltiplas variáveis. A uma escala alargada é difícil a existência de dados de terreno que caracterizem cada uma dessas variáveis quer especial quer temporalmente, o que implica a utilização de indicadores.
- Algumas das métricas analisadas são altamente correlacionadas entre si;
- As funções ecológicas são influenciadas pela composição interna das manchas, daí a dificuldade de generalização a larga escala.
- Assim continuaremos a perseguir a melhoria das metodologias para a análise das relações entre aos padrões e os processos na paisagem procurando o melhor grupo de métricas que melhor expliquem a variabilidade verificada quer a estrutura da paisagem quer as funções ecológicas que aí se desenrolam.



**Programa de Doutoramento em Ciências do Ambiente**  
Universidade de Évora, 4 de Abril 2014



**Teresa Batista**  
tbatista@cimac.pt

**ECT, Univ.Évora, ICAAM, 04 de Abril 2014**