

Análise Quantitativa da Paisagem, Evolução Temporal de Padrões Espaciais - Concelho de Mértola

Pedro CORTESÃO CASIMIRO

Departamento de Geografia e Planeamento Regional
Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa
Avenida de Berna, 26 C, 1069-061 LISBOA (PORTUGAL)
Tel. +351.217933519 Fax: +351.217977759 e-mail pjcc.casimiro@sapo.pt
HP - <http://www.fcsh.unl.pt/docentes/pcasimiro/index.htm>

Resumo

O objectivo deste artigo é a aplicação dos métodos de quantificação da estrutura da paisagem, para análise da evolução temporal dos padrões espaciais no Concelho de Mértola - Baixo Alentejo. Segue-se a um artigo anterior em que se validou e testou esses métodos e a outro inicial onde, num contexto de análise da paisagem em Geografia, se apresentaram os paradigmas e epistemologia da Ecologia da Paisagem.

Palavras Chave: uso do solo, Teledetecção, Ecologia da Paisagem, quantificação da estrutura da paisagem, análise de padrões espaciais

Abstract

The objective of this paper is the application of landscape structure quantification methods, to analyse the temporal evolution of spatial patterns in the Mértola Municipality. This paper is a continuation of a previous one where these methods were tested and validated, after an initial paper where, in a context of landscape analysis in Geography, the paradigms and epistemology of Landscape Ecology were presented.

Key Words: land use, Remote Sensing, Landscape Ecology, landscape metrics, landscape structure quantification, spatial pattern analysis

Résumé

Le but de cet article c'est de appliquer méthodes de quantification de la structure du paysage, pour l'analyse temporelle des modèles spatiaux dans la Municipalité de Mértola, Bas Alentejo. Cet article suit un autre antérieur, où ses méthodes ont été testés et validés, après un article initial ou, dans le contexte de l'analyse du paysage en Géographie, les paradigmes et l'épistémologie de l'Ecologie du Paysage ont été présentes.

Mots-clés: occupation du sol, Télédétection, Ecologie du paysage, landscape metrics, quantification de la structure du paysage, analyse de modèles spatiaux

Science is a mechanism, a way of trying to improve your knowledge of nature. It's a system for testing your thoughts against the universe, and seeing whether they match.

Isaac Asimov

I. Introdução

Num artigo anterior¹ demos a conhecer “os princípios básicos e métodos propostos pela Ecologia da Paisagem, sobretudo na sua vertente de análise quantitativa da paisagem (mosaico), bem como o seu interesse no âmbito de estudos de uso do solo e sua evolução no âmbito da Geografia [...] A metodologia e variáveis de análise [descritos] inserem-se, exclusivamente, num contexto estrito de análise quantitativa da estrutura da paisagem - análise de padrões espaciais - como consubstanciação de uma alternativa a opções [de análise do uso do solo] mais descritivas e pouco elaboradas dum ponto de vista estatístico”².

Noutro artigo, no seguimento do primeiro³, “Pretendemos [...] exemplificar a análise de padrões espaciais de uso do solo - coberto vegetal através da quantificação da estrutura da paisagem, método utilizado em Ecologia da Paisagem, utilizando para esse efeito três áreas do Concelho de Mértola com uma estrutura espacial e mosaico de uso do solo - coberto vegetal distintos. O objectivo é avaliar a validade e interesse deste método de quantificação, medição e caracterização do mosaico e estrutura da paisagem”⁴.

Assim, depois de devidamente descritos e enquadrados os princípios epistemológicos da Ecologia da Paisagem, passou-se à aplicação eminentemente pragmática de “indicadores da paisagem”, através da quantificação da estrutura dessa paisagem, utilizando-se para comparação três sectores distintos do Concelho de Mértola, classificados a partir de Imagens Landsat ETM+ de Abril de 2001: “...produção de *conhecimento geográfico* a partir da aplicação de métodos de quantificação da estrutura

¹ CASIMIRO, Pedro Cortesão (2000) “Uso do Solo - Ecologia da Paisagem, Perspectivas de uma Nova Abordagem do Estudo da Paisagem em Geografia”, Geolnova Nº 2, DGPR-FCSH-UNL, Lisboa, pp. 45-65 e

² *Op. Cit.*, pp. 46-47

³ CASIMIRO, Pedro Cortesão (2001) “Uso do Solo - Ecologia da Paisagem: Quantificação da Estrutura da Paisagem para Análise de Padrões Espaciais - Concelho de Mértola”, Geolnova Nº 4, DGPR-FCSH-UNL, Lisboa, pp. 125-157.

⁴ *Op. Cit.*, pp. 127

da paisagem. A relação entre a substância e a forma (lização) constitui a marca mais evidente desta abordagem”⁵.

Foram definidos e descritos os procedimentos estritamente ligados ao processamento digital das imagens de satélite para classificação do uso do solo - coberto vegetal, nomeadamente: as vantagens e desvantagens dos períodos de aquisição das imagens, procedimentos de pré-processamento - interpretação das imagens, critérios de definição das classes de uso do solo - coberto vegetal, definição sumária da legenda, classificação propriamente dita das imagens e validação dos resultados.

Posteriormente foi aplicada a análise quantitativa da paisagem, através de “landscape metrics”, experimentada em três sectores distintos e com estruturas da paisagem diversas. O método foi validado, tendo revelado muito interesse, “...vantagens desta abordagem, conceptualizada pela Ecologia da Paisagem mas aplicável estritamente para análise de mosaicos paisagísticos. Estes índices permitem dissecar e aprofundar a análise dos padrões espaciais, constituindo uma clara mais valia na análise do uso do solo - coberto vegetal. Pensamos que resulta clara a sua vantagem como instrumento para a comparação de paisagens diferentes, neste caso, como certamente para a análise de séries multi-temporais”⁶.

Ficou a promessa, no âmbito das conclusões do artigo supracitado, de elaborar um outro artigo com uma análise mais aprofundada, para uma unidade espacial determinada e em termos de evolução temporal. O objectivo seria aplicar efectivamente a metodologia, depois da fase de teste e validação, no seguimento do enquadramento na epistemologia da Ecologia da Paisagem. Além do objectivo e sentido de um terceiro artigo, este deveria também consolidar um pouco mais as vantagens em termos de análise do uso do solo coberto vegetal.

II. Uso do Solo e sua evolução

Assim, estando descrito e analisado o processo de classificação, sua validação e explicação do conteúdo formal das classes de uso do solo - coberto vegetal no artigo anterior, passa-se à apresentação dos valores obtidos para o Concelho de Mértola em três datas, ponto de partida para a análise preliminar do uso do solo e sua evolução. As classificações foram exportadas do software ENVI em formato BIL para o ArcView, onde se procederá à análise da evolução dos usos e cálculo de áreas mais estáveis.

Globalmente o mato perde muito significado, passando de coberto dominante em 1985 a segundo em 2001 (Quadro 1). Os cobertos que

⁵ TENEDÓRIO, J.A. (2001), Editorial, pp. 11

⁶ CASIMIRO, Pedro Cortesão (2001), pp. 155

aumentam estão ligados ao grande aumento do peso do gado ovino na economia agrícola local, assim o herbáceo contínuo e descontínuo passam de cerca de 20 % em 1985 para quase 50 % em 2001. Os cereais perdem peso e as áreas puras de esteval aumentam.

Classes	1985	1995	2001
	%	%	%
Herbáceo Contínuo	14.73	23.61	32.91
Mato	52.13	33.26	19.50
Herbáceo Descontínuo	5.72	11.23	15.42
Esteval	4.72	3.21	9.18
Cereal	7.69	4.39	5.95
Mato Denso	3.30	9.94	4.53
Mineral	5.65	12.21	3.79
Montado	1.84	1.10	2.22
Ripícola	0.10	0.00	1.90
Pinhal	0.08	0.02	1.57
Ardido	2.34	0.12	1.20
Eucaliptos	1.21	0.60	1.01
Água	0.48	0.31	0.81

Quadro 1 - Valores de uso do solo para 1985, 1995 e 2000-2001⁷.

Analisando sumariamente a consistência dos resultados, bem como o seu sentido para cada uma das classes:

- Mato - O valor de 1985 é extremo, 52.13 %, decrescendo a partir daí de uma forma consistente e continuada. Há também a questão climática, o ano de 1985 não é um ano tão “bom” como 2000-2001, mas é melhor que 1995. No entanto em 1985 a agricultura estava em declínio aparente, não havia repovoamentos florestais, não havia a enorme quantidade de gado a pastar, em suma, ainda não havia subsídios, o mato era de facto o coberto dominante;
- Herbáceo descontínuo - Corresponde a áreas de sobrepastoreio potencial ou áreas degradadas com alguma vegetação herbácea, não havendo criação de gado nas proporções actuais, existindo uma agricultura mais virada exclusivamente para os cereais, há menos coberto herbáceo descontínuo. O facto é que, tal como o herbáceo contínuo, os valores aumentam de uma forma regular e contínua de 1985 a 2000-2001, consequência do grande aumento criação de gado;

⁷ CASIMIRO, Pedro Cortesão (2002), pp. 357

- Esteval - Está provavelmente um pouco subestimado, se o quadro de decadência da agricultura e pouca criação de gado em 1985 (comparando com os valores actuais) faz sentido, então deveria haver mais estevais, tal como em 1995. Quanto mais áreas de coberto herbáceo contínuo correspondentes a abandono e quanto mais áreas de caça, maior será a proporção de estevas, que na área são sempre um elemento base do mato e mato denso;
- Cereais - 1985 apresenta o valor mais elevado de todos os anos, será que no fundo a apregoada decadência da agricultura, que se vivia à data, era mais uma especialização nos cereais? Tudo indica que sim, pois após a adesão à CEE existe uma maior diversificação da estrutura da produção agrícola, sobretudo através dos aumentos brutais da quantidade e proporção de gado ovino;
- Mato denso - Na classificação de 1985, o mato denso foi extrapolado muitíssimo bem, de uma forma muito pura, tendo a extensão espacial sido restrita às áreas efectivamente mais densas, mais próximas de uma situação natural e, sobretudo, mais afastadas da intervenção humana directa e indirecta. Mais uma vez, a sombra parece ter desempenhado um papel importante como descritor, tanto no caso das vertentes viradas a Norte como nas vertentes mais declivosas das linhas de água principais, onde predomina. A sua evolução foi certamente muito comandada pelas características climáticas dos anos, que também terão gerado alguma confusão entre;
- Mineral - Predomínio da agricultura de cereais de sequeiro, período anterior aos grandes povoamentos florestais, logo o valor faz sentido, a sua diminuição acompanha a diminuição dos cereais, excepto em 1995, ano muito seco, onde deverá ter havido muito solo a nu. Esse é também o maior período de expansão de povoamentos florestais com remoção total da vegetação;
- Montado - O valor superior ao de 1995 e inferior ao de 2000-2001 faz sentido em 1985, pois em 2000-2001 há extensificação e em 1995 há mais gado nos montados. Como montado foi classificado quando o "fundo" é pousio, os valores apresentam coerência com o quadro que se tem defendido - aumento das pastagens e pousios;
- Ripícola - Se 1995 constitui o ano de maior seca e 2000-2001 o de maior disponibilidade de água, 1985 está entre os dois. Este facto enquadra devidamente a hierarquia dos valores, mas a ordem de grandeza da disparidade não faz tanto sentido, embora em 1985 houvesse muito menos charcas, havia menos gado e não havia subsídios para essas charcas;

- Pinhal - Tal como em 1995 várias manchas muito pequenas foram classificadas correctamente, mas as manchas do Perímetro Florestal de Mértola não, confundindo-se com mato denso e, novidade, eucaliptal. O valor é inferior à realidade, mas a assinatura espectral é suficientemente pura para ter classificado correctamente os povoamentos mais puros, mas que têm pouca expressão em termos espaciais;
- Ardido - Há bastantes parcelas ardidadas, sobretudo campos agrícolas, alqueive preto (queima do restolho) que seria então mais importante do que é actualmente, bem como algumas áreas de matos;
- Eucaliptos - As manchas da Mina de São Domingos e outras manchas pequenas foram muito correctamente classificadas. Por haver alguma confusão com mato (na matriz) e com mato denso (na extrapolação) o valor está sobrestimado, sobretudo porque ainda não existiam as plantações do Nordeste do Concelho, da Herdade do Pulo do Lobo e próximo de Vale de Açor. Algumas manchas ínfimas, sobretudo perto de Vale de Açor, ao pé de albufeiras, foram classificadas correctamente pela primeira vez, mas constituem manchas sem qualquer expressão espacial no contexto do Concelho;
- Água - Sendo 1985 mais húmido que 1995, o valor faz sentido, a desproporção para 2000-2001 justifica-se pelas características climáticas do ano e por haver nitidamente menos charcas e albufeiras.

Passando à análise da evolução do coberto vegetal - uso do solo, apresentam-se os resultados da evolução no período 1985-1995 (Quadro 2). Globalmente as classes mais estáveis são água (55.8 % mantêm-se entre 1985 e 1995), mato denso (52.9 %), mato (46.7 %) e herbáceo contínuo (41.6 %). Ardido apresenta o valor mínimo, o que é compreensível, seguido de ripícola (somente explicável porque 1995 é um ano seco e existe grande dinâmica a nível das linhas de água e margens de planos de água). O valor muito baixo de pinhal não é facilmente interpretável, pois deveria apresentar uma maior estabilidade. Passando a analisar classe a classe:

- Herbáceo descontínuo - 24.8 % da área de 1985 mantêm-se em 1995. A maior parte (38.0 %) passa a herbáceo contínuo, o que faz sentido (apesar de 1995 ser um ano seco) assumindo que esta classe diz respeito a áreas em pousio com pouca densidade de coberto herbáceo, seja porque há sobrepastoreio ou outro tipo de degradação. Esta mudança indica um aumento da densidade desse coberto ou evolução, pois 8.7 % passam a ser mato, certamente por abandono ou diminuição da intensidade de utilização. O reverso também ocorre, pois há também diminuição em 19.2 % da área, que passa a mineral, certamente para cultivo de cereais;

1985 - 1995

	Herbáceo Descontínuo	Mato	Montado	Herbáceo Contínuo	Esteval	Água	Eucaliptos	Ardido	Mato Denso	Mineral	Cereais	Ripícola	Pinhal
Herbáceo Descontínuo	24.8	8.7	0.6	38.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7	19.2	8.0	0.0	0.0
Mato	7.0	46.7	1.0	15.8	4.8	0.0	0.7	0.2	12.5	9.6	1.8	0.0	0.0
Montado	15.3	16.2	8.6	34.3	0.7	0.1	0.2	0.0	6.1	10.9	7.8	0.0	0.0
Herbáceo Contínuo	18.5	9.5	0.9	41.6	0.1	0.0	0.0	0.0	1.5	20.1	17.5	0.0	0.0
Esteval	10.6	47.1	0.8	12.7	8.4	0.0	0.5	0.3	9.7	6.9	3.0	0.0	0.0
Água	0.2	13.8	0.0	0.4	0.1	55.8	0.5	0.0	21.4	7.6	0.1	0.0	0.0
Eucaliptos	2.0	45.8	0.6	7.9	6.6	0.1	10.2	0.5	22.3	3.3	0.8	0.0	0.0
Ardido	21.5	31.4	1.0	26.3	1.0	0.0	0.1	0.0	3.1	10.5	5.1	0.0	0.0
Mato Denso	0.4	37.2	0.3	1.0	4.0	0.7	1.8	0.2	52.9	1.4	0.2	0.0	0.0
Mineral	17.0	13.8	0.9	36.5	0.3	0.0	0.1	0.0	1.8	17.9	11.8	0.0	0.0
Cereais	15.2	13.8	1.5	39.1	0.4	0.0	0.1	0.0	3.1	16.2	10.6	0.0	0.0
Ripícola	3.4	33.5	0.4	10.9	1.6	3.0	4.6	0.0	27.7	13.2	1.6	0.1	10.1
Pinhal	2.5	41.5	0.4	8.2	4.0	0.0	3.7	0.3	32.7	3.6	1.4	0.0	1.7

Quadro 2 - Evolução do coberto - uso do solo entre 1985 e 1995.

- Herbáceo descontinuo - 24.8 % da área de 1985 mantém-se em 1995. A maior parte (38.0 %) passa a herbáceo contínuo, o que faz sentido (apesar de 1995 ser um ano seco) assumindo que esta classe diz respeito a áreas em pousio com pouca densidade de coberto herbáceo, seja porque há sobrepastoreio ou outro tipo de degradação. Esta mudança indica um aumento da densidade desse coberto ou evolução, pois 8.7 % passam a ser mato, certamente por abandono ou diminuição da intensidade de utilização. O reverso também ocorre, pois há também diminuição em 19.2 % da área, que passa a mineral, certamente para cultivo de cereais;
- Mato - Quase metade da área mantém-se (46.7 %) e parte evolui para mato denso (12.5 %). Em sentido inverso, aparente degradação do coberto, há uma diminuição de 15.8 %, que passa a herbáceo contínuo e 9.6 % que passam a mineral, por arroteamento para a abertura de alqueives ou repovoamentos florestais. Uma parte passa a constituir esteval (4.8 %);

- Floresta de Quercus (Montado) - Somente 8.6 % se mantém entre as duas datas, o que só faz sentido relembrando que são quase exclusivamente áreas de montado com pousio, sujeitas a grande confusão e classificadas de acordo com uma série de compromissos, que convém manter presentes. Prova aparente disso é a passagem de 34.3 % para herbáceo contínuo, indiciando pousio que “abafa” o sinal das árvores; passagem de 16.2 % para mato, por extensificação e abandono; perda de 15.3 % para herbáceo descontínuo, eventualmente por aumento da criação de gado; 10.9 % passa a mineral, tudo indica que por lavoura para cultivo de cereais, para os quais perde 7.8 %. Como tal, em função de todas as confusões e limites desta classe, os valores devem ser devidamente enquadrados;
- Herbáceo contínuo - 41.6 % mantêm-se, mas 20.1 % passam a mineral e 7.5 % a cereal, o que faz sentido no contexto da rotação pousio - cereal. Por diminuição da densidade de coberto herbáceo 18.5 % passam a descontínuo, mas em contrapartida 9.5 % evoluem para mato;
- Esteval - Somente 8.4 % se mantém, evoluindo 47.1 % para mato e 9.7 % para mato denso. Na direcção oposta, 12.7 % passa a herbáceo contínuo e 10.6 % a descontínuo, mas dadas as características climáticas de 1995 este facto pode dever-se a uma diminuição do vigor e densidade das estevas. Um facto que reforça a ideia de existirem arroteias constantes, para vários efeitos, é atestado pela passagem de 6.9 % de esteval para mineral e de 3.0 % para cereal;
- Água - Apresenta o valor mais elevado em termos de estabilidade, 55.8 %. Como 1995 é um ano seco há 7.6 % que passam a mineral, o que pode ser explicado pela porção de solo a nu que fica a descoberto depois da descida do nível das charcas e albufeiras, bem como pela maior porção de leito exposto nas linhas de água. Mas existem dois valores muito interessantes, 21.4 % passam a mato denso e 13.8 % a mato, o que só pode ser explicado pela posição desses dois tipos de coberto nas bases das vertentes, junto a linhas de água. Claro que também há aqui problemas de confusão e limites, sobretudo em função do papel que a sombra terá desempenhado na classificação;
- Eucaliptos - Apenas 10.2 % da área se mantém, o que é estranho, só explicável com a confusão com outras classes, o que parece ser demonstrado pela passagem de 45.8 % para mato e 22.3 % para mato denso;
- Ardido - Como facilmente se compreende não há qualquer estabilidade, pois é um fenómeno em grande parte aleatório, embora

seja interessante que 26.3 % e 21.5 % passem a herbáceo, respectivamente contínuo e descontínuo, e que 31.4 % passem a mato. Mas analisando o Quadro de outro modo (coluna vertical ardidado), de forma a avaliar que cobertos arderam, a maior porção é de eucaliptos (0.5 %), seguido de esteval e pinhal (0.3 %), mato e mato denso (0.2 %). Daqui podem-se tirar-se algumas conclusões interessantes: predominam os incêndios nas áreas florestais introduzidas seguidas de áreas de mato, mas depois de arderem a maior parte (47.8 %) passou a herbáceo;

- Mato denso - É a classe de vegetação mais estável, 52.9 % mantém-se, embora 37.2 % passem a mato, o que é compreensível de acordo com as confusões e indefinições de limites, sobretudo por 1995 constituir um ano climaticamente menos bom em termos de crescimento da vegetação. As mudanças para outras classes são todas de pequena amplitude: 4.0 % para esteval, 1.8 % para eucaliptos (estes podem ter-se desenvolvido mais) e 1.4 % para mineral (arroteamentos);
- Mineral - Mantém-se 17.9 %, que deverão dizer respeito às áreas urbanas, afloramentos rochosos e área de solo a nu da Mina de São Domingos (mas não só). As outras mudanças devem estar enquadradas na rotação cereal - pousio; 36.5 % passam a herbáceo contínuo (pousio), 17.0 % a herbáceo descontínuo e 11.8 % a cereal. No entanto, há 13.8 % que passam a mato e 1.8 % a mato denso (abandono);
- Cereais - Somente 10.9 % se mantêm, 39.1 % passam a herbáceo contínuo, 15.2 % a herbáceo descontínuo (situações de pousio) e 16.2 % a mineral (lavouras). No sentido do abandono há uma passagem de 13.8 % a mato, 3.1 % a mato denso e 0.4 % a esteval;
- Ripícola - Apresenta valores que se podem considerar estranhos, somente 0.1 % se mantêm, o que se compreende face ao valor mínimo que a classe apresenta em 1995. Demonstrando que há grande confusão com mato e mato denso, em função da sua posição na base das vertentes declivosas de muitas linhas de água, 33.5 % passam a mato, 27.7 % a mato denso e 13.2 % a mineral (fazendo este valor todo o sentido). Já a passagem de 10.9 % a herbáceo contínuo é pouco clara, somente compreensível em termos de margens de linhas de água com coberto herbáceo;
- Pinhal - Na evolução desta classe também está bem patente a questão da confusão, pois 41.5 % passam a ser mato e 32.7 % mato denso. Outra justificação possível diz respeito a um maior desenvolvimento da vegetação natural, que assim passaria a "abafar" o sinal dos pinheiros pouco desenvolvidos.

1995 - 2001

	Herbáceo Descontínuo	Mato	Montado	Herbáceo Contínuo	Esteval	Água	Eucaliptos	Ardido	Mato Denso	Mineral	Cereais	Ripícola	Pinhal
Herbáceo Descontínuo	26.8	9.9	3.0	42.0	3.5	0.1	0.2	0.7	0.5	5.1	7.6	0.6	0.2
Mato	13.4	30.7	1.7	19.2	16.5	0.7	1.4	1.2	5.6	2.3	1.7	3.0	2.5
Montado	14.0	21.2	16.6	27.6	5.1	0.1	0.5	0.7	3.3	1.8	6.0	2.0	1.0
Herbáceo Contínuo	15.2	8.6	2.5	54.0	1.4	0.1	0.1	1.4	0.6	4.6	10.3	1.0	0.2
Esteval	5.9	35.7	0.8	6.9	32.0	0.2	2.2	0.7	10.0	0.9	0.3	1.8	2.8
Água	0.2	0.5	0.0	0.1	0.4	89.1	0.0	7.1	1.9	0.1	0.0	0.1	0.4
Eucaliptos	2.5	17.1	0.7	3.2	11.2	1.0	44.7	0.7	8.9	0.2	0.1	2.6	7.1
Ardido	5.1	33.7	0.1	5.1	37.9	3.4	0.4	1.3	10.6	0.3	0.0	0.9	1.4
Mato Denso	5.4	33.4	2.0	13.5	11.9	1.6	1.2	1.6	19.7	0.9	1.2	3.0	4.7
Mineral	22.8	8.7	1.5	42.0	4.5	0.7	0.2	1.2	0.5	8.4	7.7	1.6	0.3
Cereais	15.9	5.0	3.1	46.6	0.6	0.1	0.1	1.2	0.5	4.6	22.0	0.3	0.1
Ripícola	0.0	0.0	0.0	4.5	22.7	4.5	0.0	4.5	36.4	0.0	0.0	13.6	13.6
Pinhal	8.1	34.7	1.1	31.7	6.7	0.3	0.0	0.8	6.2	0.8	4.8	1.1	3.6

Quadro 3 - Evolução do coberto - uso do solo entre 1995 e 2001.

Quanto à evolução entre 1995 e 2001 (Quadro 3), mantêm-se alguns aspectos de estabilidade, mas há também diferenças:

- Globalmente há maior estabilidade das classes, o valor médio da diagonal passa de 21.5 % para 27.9 %. Água mantém 89.1 % da sua área (2001 é um ano húmido), herbáceo contínuo 54.0 % (extensificação, pousios), eucaliptos 44.7 % (crescimento e consolidação dos povoamentos, disponibilidade de água), esteval 32.0 %, mato 30.7 % e herbáceo descontínuo 26.8 %. Globalmente as áreas potencialmente em pousio tornam-se mais estáveis, por oposição à maior estabilidade da vegetação natural entre 1985 e 1995. No sentido oposto, menor estabilidade, estão: ardido 1.3 %, pinhal 3.6 % e mineral 8.4 %;
- Herbáceo descontínuo - Apresenta um pouco mais de estabilidade (26.8 % contra 24.8 % entre 1985 e 1995), passando sobretudo a herbáceo contínuo (42.0 %), a mato (9.9 %), esteval (3.5 %) e montado (3.0 %). Em termos de rotação cereal - pousio há uma passagem de 7.6 % para cereais e 5.1 % para mineral (o ano de 2001 é ótimo para o

desenvolvimento do coberto herbáceo mas também pode haver uma porção de diminuição da densidade, sobretudo por razões ligadas à criação de gado);

- Mato - A sua estabilidade diminuiu (30.7 % contra 46.7 % entre 1985 e 1995). Embora 5.6 % passem a mato denso e 16.5 % a esteval, há uma regressão de 19.2 % para herbáceo contínuo e 13.4 % para descontínuo. Neste caso, o vigor do coberto herbáceo pode em parte justificar o “abafar” do sinal arbustivo, ao constituir um fundo com sinal mais intenso. À semelhança do período anterior, em termos de arroteamento, 2.3 % passam a mineral e 1.7 % a cereais. O maior desenvolvimento dos cobertos florestais justifica a passagem de 2.5 % a pinhal e 1.4 % a eucaliptal;
- Floresta de Quercus (Montado) - É mais estável, quase o dobro (16.6 % mantêm-se contra 8.6 %). Mantêm-se as questões de confusão e compromisso com pousio: 27.6 % passam a herbáceo contínuo, 14.0 % a descontínuo. Mantêm-se também a relação com a cultura de cereais, pois 6.0 % passam a cereal e 1.8 % a mineral (assumindo que são sobretudo terrenos lavrados). Também se mantém a mudança associada a abandono, pois 21.2 % passam a mato, 5.1 % a esteval e 3.3 % a mato denso;
- Herbáceo contínuo - Passa a ser o coberto vegetal mais estável (54.0 % contra 41.6 %, entre 1985 e 1995 mato denso foi o mais estável, com 52.9 %). Mantêm-se a diminuição da densidade ou arroteamento: 15.2 % passam a descontínuo, 4.6 % a mineral. A proporção que passa a cereal é praticamente a mesma, 10.3 % contra 10.6 % entre 1985 e 1995. Em termos de abandono e regeneração: 8.6 % passam a mato, 1.4 % a esteval e 0.6 % a mato denso;
- Esteval - É francamente mais estável (32.0 % contra 8.4 % entre 1985 e 1995). Além disso parece confirmar que pode assumir um carácter pioneiro na regeneração, devidamente entendido no contexto de um ano húmido, pois 35.7 % passaram a mato e 10.0 % a mato denso (embora exista a omnipresente questão da confusão e indefinição de limites);
- Água - É muitíssimo estável (89.1 % contra 55.8 %), continuando a ser a classe com valor mais elevado, o que se compreende na medida em que o aumento de caudais e quantidade de água em albufeiras e charcas se faz a partir dos pontos mais baixos onde a água estava. Mantêm-se um aspecto ligado à confusão, 1.9 % passam a mato denso, bem como um aspecto estranho: 7.1 % passam a ardido. Este facto é dificilmente explicável, mas como houve neste período um grande incêndio no Perímetro Florestal de Mértola, talvez alguns pixels

classificados como água nessa área tenham sido “ofuscados” pelas características radiométricas da superfície ardida, o que pode fazer algum sentido mas não parece justificar a amplitude da mudança;

- Eucaliptos - Aumenta muito de estabilidade (passa de 10.2 % para 44.7 %), explicável pelo crescimento e consolidação dos povoamentos, bem como pelas características climáticas do ano 2000-2001. No entanto devem manter-se algumas confusões com outras classes, pois 17.1 % passam a mato, 11.2 % a esteval e 8.9 % a mato denso. A mudança para ripícola (2.6 %) pode-se explicar, pois a grande mancha de eucaliptos da Mina de São Domingos inclui duas albufeiras grandes, ora sendo 2000-2001 um ano húmido, o eucaliptal nas margens deve ter assumido valores radiométricos mais próximos de vegetação ripícola;
- Ardido - Algumas áreas mantêm-se, o que pode estar ligado à queima de restolho (alqueive preto). Entre 1995 e 2001 a evolução das áreas ardidadas ocorreu sobretudo para: esteval (37.9 %, espécies pirófitas), mato (33.7 %) e mato denso (10.6 %). Esta mudança contrasta com a de 1985 - 1995, que ocorreu sobretudo na direcção de cobertos herbáceos. Em termos das áreas que arderam neste período, elas são muito mais diversificadas que entre 1985 e 1995 (coluna vertical Ardido), pois não há uma classe que não tenha sido atingida. Destaca-se ripícola (4.5 %, o que reforça a explicação dada acerca do incêndio no Perímetro Florestal), seguido de mato denso (1.6 %) e herbáceo contínuo (1.4 %, incêndio perto de Algodor);
- Mato denso - Perde muita estabilidade, descendo de 52.9 % para 19.7 %, além de evoluir para mais cobertos e com maior amplitude. A maior mudança é para mato (33.4 %, tal como entre 1985 e 1995, nesse caso a mudança foi de 37.2 %), seguida de herbáceo contínuo (13.5 %, arroteamento, situação de pousio) e esteval 11.9 %. Há também arroteamento nas mudanças para herbáceo descontínuo (5.4 %), cereais (1.2 %) e mineral (0.9 %). O caso da mudança para ripícola (3.0 %) deve-se provavelmente ao aumento dos caudais nas linhas de água principais; as mudanças para pinhal (4.7 %) e eucaliptal (1.2 %) são provavelmente consequência do maior desenvolvimento dos povoamentos, havendo menos confusão entre classes;
- Mineral - A estabilidade diminui para cerca de metade (8.4 % contra 17.9 % entre 1985 e 1995). A grande maioria passa a herbáceo contínuo (42.0 %), descontínuo (22.8 %), mas também a mato (8.7 %), esteval (4.5 %) e ainda a cereal (7.7 %). As mudanças para ripícola (1.6 %) e água (0.7 %) devem ser consequência das características climáticas do ano, pois 1995 tinha sido seco;

- Cereais - A sua estabilidade duplica, passa de 10.6 % para 22.0 % entre 1995 e 2001. Há abandono (5.0 % passa a mato, 0.6 % a esteval e 0.5 % a mato denso), mas a maior mudança é para herbáceo contínuo (46.6 %) e descontínuo (15.9 %), que constituem potencialmente situações de pousio. Mantém-se a mudança compreensível para mineral (4.6 %), mas com menor valor que entre 1985 e 1995;
- Ripícola - É muito mais estável (13.6 % contra 0.1 % entre 1985 e 1995), naturalmente a maior disponibilidade de água e consequente caudal das linhas de água, bem como a maior porção de água represada, são responsáveis por este aumento. Em termos de mudança, ela dá-se sobretudo para mato denso (36.4 %) e esteval (22.7 %);
- Pinhal - Duplica a estabilidade (3.6 % contra 1.7 %). Tal como no caso dos eucaliptos, os povoamentos estão mais desenvolvidos e densos, além disso houve disponibilidade de água. Deve contudo manter-se o cariz da confusão principal, pois 34.7 % passam a mato, 6.2 % a mato denso (povoamentos mais densos); 31.7 % passam a herbáceo contínuo (maior significado provável da fracção herbácea).

Comparando ambos os períodos, em termos globais e sintéticos, 1985 - 1995 parece ter sido um período com mais mudanças, em que a vegetação natural manteve uma maior importância e apresentou uma maior estabilidade; os povoamentos florestais estavam em fase de crescimento e consolidação (excepto os pré-existentes, caso da Mina de São Domingos e parte do Perímetro Florestal de Mértola); houve uma diminuição nítida da disponibilidade de água (dadas as características pluviométricas de 1994-95), que se repercutiu tanto a nível das classes decorrentes dessa mesma água, bem como nas características da vegetação, seu estado e crescimento.

O período entre 1995 e 2001 representa uma maior estabilidade global dos cobertos - usos, a vegetação natural perde alguma importância e o coberto herbáceo assume o papel principal, em termos de área e estabilidade; os povoamentos florestais consolidam-se; o facto de 2001 ser um ano húmido implica também mais presença de água e mudanças na estrutura do coberto vegetal, tendo sido óptimo em termos de desenvolvimento do coberto herbáceo e contribuindo certamente para uma maior diversificação da vegetação natural.

Globalmente, analisando os dois períodos, há uma alteração da estrutura produtiva agrícola (maior peso da criação de gado, mais pousios, mais estabilidade); menor proporção de mato denso, embora haja também abandono e cobertos claramente num processo de regeneração, embora

mais limitados espacialmente; diminuição da componente mineral, talvez um pouco mais circunscrita ao contexto da rotação cereal - pousio.

Um outro aspecto da evolução do coberto vegetal - uso do solo diz respeito às áreas espacialmente mais estáveis, aquelas que apresentavam o mesmo coberto vegetal - uso do solo nas três datas, maior frequência temporal de classes num mesmo pixel (Quadro 4).

Classes	Pixels	%
Mato	104805900	57.98
Herbáceo Contínuo	46691100	25.83
Mato Denso	10542600	5.83
Herbáceo Descontínuo	6309000	3.49
Água	3206700	1.77
Cereais	2961000	1.64
Mineral	2272500	1.26
Esteval	1837800	1.02
Eucaliptos	1147500	0.63
Montado	984600	0.54
Pinhal	9000	0.00
Ardido	0	0.00
Ripícola	0	0.00

Quadro 4 - Áreas mais estáveis, mesma classe em 1985, 1995 e 2001.

O primeiro aspecto importante é a proporção de Paisagem que se mantém estável, 13.97 %, o que é significativo. Os valores mais baixos fazem sentido, tanto ripícola como ardido têm um carácter espacialmente pouco estável, embora ripícola devesse ter um valor mais alto. A classe largamente dominante é mato (57.98 %), como até certo ponto também seria de esperar, devendo estas áreas corresponder às áreas menos sujeitas à acção humana, eminentemente por razões de topografia, e que portanto estão consolidadas e são mais estáveis.

O valor seguinte é herbáceo contínuo (25.83 %), o que denota bem o peso e importância dos pousios, embora como seja natural, a sua localização varie em função da rotação cereal - pousio, mesmo tendo-se registado um aumento do peso da criação de gado em termos de agricultura. As duas classes seguintes, mato denso (5.83 %) e herbáceo descontínuo (3.49 %) acabam por representar cobertos que, mediante as condições climáticas dos anos (embora não exclusivamente), são relativamente indissociáveis das classes com valores de estabilidade mais elevada.

Excluindo as questões ligadas à natural dificuldade de estabelecer limites entre classes, herbáceo pode ser mais ou menos denso e contínuo, tal como o mato pode ser mais ou menos denso. Faz bastante sentido considerar mato denso e herbáceo descontínuo como sub-classes de mato e herbáceo, num caso por regeneração (mato para mato denso), noutro por degradação (herbáceo contínuo para descontínuo). Assim, globalmente, estes vão ser os cobertos mais estáveis espacialmente, embora as diferentes características climáticas dos anos desempenhem certamente um importante papel nas mudanças verificadas entre sub-classes e classes, bem como o grau de utilização pelo Homem.

Os restantes valores são compreensíveis, em termos de estabilidade espacial, mas os relativos a cobertos florestais não tanto, pois os povoamentos, quando desenvolvidos, deveriam ser excepcionalmente estáveis, embora existam cortes de desenvolvimento. Uma razão plausível para os valores não demonstrarem esse facto prende-se, certamente e mais uma vez, com a confusão existente entre esses povoamentos e outras classes, bem como ao diferente “peso” das outras fracções presentes (mato, esteval, herbáceo). Claro está que as características climáticas dos vários anos desempenham, também, um papel essencial no aumento ou diminuição dessa confusão.

Para terminar a análise dos valores relativos ao coberto vegetal - uso do solo convém, no entanto, referir que da análise visual das classificações se podem identificar três áreas relativamente homogéneas no Concelho de Mértola, que globalmente apresentam características específicas:

- **Margem esquerda do Guadiana:** Área do Baldio da Serra de Mértola, com propriedade de pequena dimensão, muito retalhada e regular; as margens Oeste e Este desta área já muito abandonadas e retomadas pelo mato; faixa da Corte Sines, montado de azinho e parcelas claramente maiores. Esta faixa começa na Mina de São Domingos e estende-se até à margem direita do Guadiana. Por último, o extremo Sul, relativamente misto em termos de dimensão da propriedade, média/pequena. A área em pousio é muito significativa, o mato avança a partir das margens, ao longo das linhas de água mais encaixadas, porque mais próximas do nível de base do Guadiana e Chança;
- Embora não sendo bem um sector, a **Mina de São Domingos** (mancha amarela de eucaliptos a meio do sector Este) constitui, indubitavelmente, uma área à parte na margem esquerda. A extensa mancha de afloramento rochoso - solo a nu corresponde a toda a área adjacente à mina propriamente dita, estendendo-se pela via-férrea até ao Pomarão, a Sul, onde a margem do rio apresenta também características similares de ausência de qualquer coberto vegetal.

Mancha grande e densa, por vezes não muito consolidada, de eucaliptos.

- **Margem direita do Guadiana - Sector Norte** até à Faixa Piritosa (alinhamento de topos de relevo com vegetação natural): área com solos de maior aptidão agrícola, mancha extensa de montado de azinho, grande propriedade e muitos campos de cereal, área em pouso proporcionalmente baixa (em relação ao resto do Concelho). Áreas de mato a partir do Vale do Guadiana e Cobres;

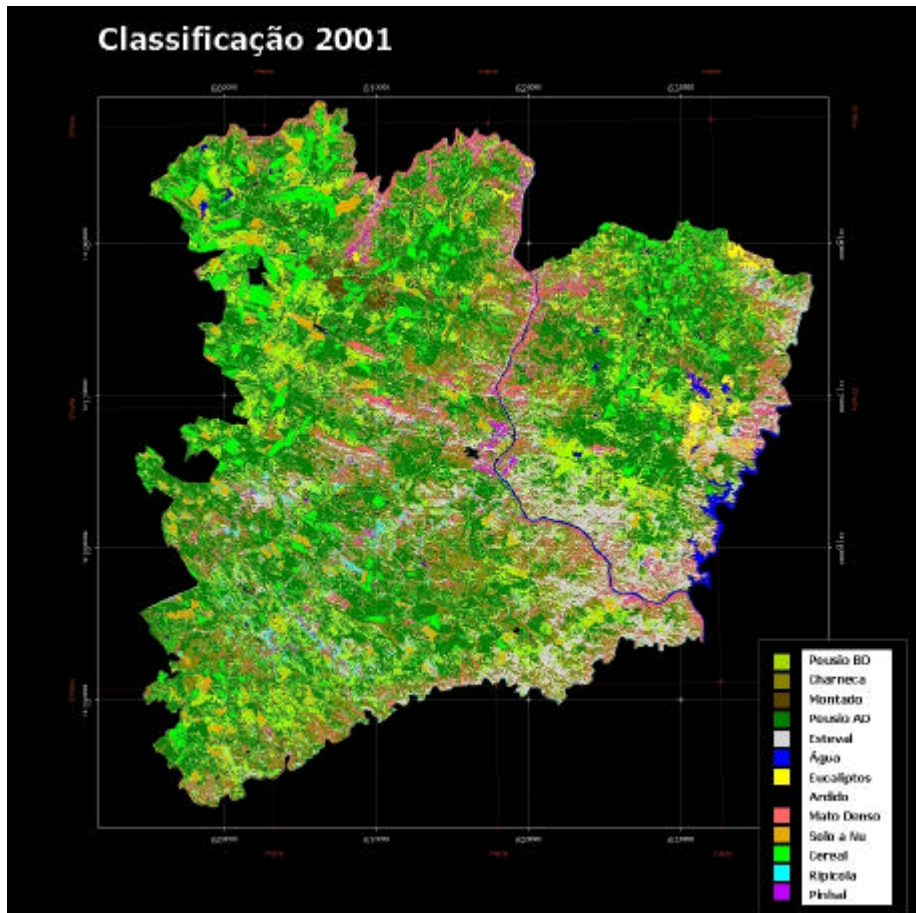


Figura 1 - Classificação do uso do solo - coberto vegetal no Concelho de Mértola, 2001.

- **Margem direita do Guadiana - Sector a Sul** da Faixa Piritosa: mato nos principais elementos de relevo (três alinhamentos Norte-Sul de cristas quartzíticas), ao longo do Vascão e Guadiana, com especial destaque para o extremo Este (Mesquita, Espírito Santo) onde é quase exclusivo. Campos lavrados de grandes a muito grandes, com pequenas manchas de mato e afloramentos rochosos. Área de montado de Azinho no extremo Sudoeste (São Pedro de Solis), a área de cereal é pequena.

III. Índices de Paisagem e sua evolução temporal

Depois de se analisar de uma forma tradicional a evolução do uso do solo no Concelho de Mértola, cuja análise quantitativa, evolutiva e de frequências se realizou com o ArcView, passou-se à quantificação da paisagem através de "landscape metrics" com o Patch Analyst (Grid)⁸. Este programa é uma extensão do Software de SIG ArcView 3.2, que funciona desde que o Spatial Analyst esteja activo, permitindo calcular quase todos os índices do Fragstats⁹ e acrescentando outras funcionalidades. Aumenta sobremaneira as possibilidades de análise intrínsecas ao Spatial Analyst do ArcView, nomeadamente todas as possibilidades de análise espacial e manipulação eventual de ficheiros, reclassificações e tabulações.

O significado e interpretação dos vários índices foram aprofundados e analisados anteriormente¹⁰, estando fora de questão voltar neste artigo, de aplicação efectiva e análise quantitativa, ao teor dos índices. Interessa sim, claramente, passar à análise do significado das alterações que os vários índices apresentam no Concelho de Mértola para os dois períodos de evolução em análise. Apresenta-se o quadro geral de evolução dos valores (Quadro 5), passando-se de seguida directamente à análise das mudanças quantitativas na estrutura e composição da Paisagem:

1985 - 1995

Índices de manchas

- O número de manchas aumenta 25.1 % (79.929 para 99.974), há portanto uma diminuição do grão da Paisagem, textura mais fina, maior heterogeneidade e fragmentação;
- O índice da maior mancha diminui muito: 77.8 % (de 47.407 % para 10.506 %). Esta diminuição deve-se à fragmentação do coberto dominante (mato) sendo também um indicador da maior fragmentação

⁸ Disponível em <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempe/patch/>

⁹ Software utilizado para cálculo dos índices da Paisagem no artigo anterior, CASIMIRO, Pedro Cortesão (2001), pp. 140

¹⁰ *Op. Cit.*, pp. 141-154

da Paisagem. A diminuição é francamente de maior amplitude que o aumento simples do número de manchas;

- A densidade de manchas, conseqüentemente, aumenta na mesma proporção que o número de manchas, passando de 61.772 Manchas por Hectare para 77.263;

ÍNDICES DA PAISAGEM	1985	1995	2001
Índices de Manchas			
Número de Manchas	79929	99974	139550
Índice da Maior Mancha (%)	47.407	10.506	2.916
Densidade de Manchas (Nº/100 Ha)	61.772	77.263	107.849
Dimensão Média das Manchas (Ha)	1.619	1.294	0.927
Desvio Padrão da Dimensão das Manchas (Ha)	217.253	53.178	21.741
Coefficiente de Variação da Dimensão das Manchas (%)	13420.093	4108.664	2344.743
Total de Margem (Metros)	21444810	28706465	33293670
Densidade de Margens (Metros/Ha)	165.733	221.853	257.304
Complexidade			
Índice de Forma da Paisagem	149.041	199.509	231.390
Índice Médio de Forma	1.230	1.279	1.259
Índice Médio de Forma ponderado pela Area	52.801	20.120	10.728
Dimensão Fractal Bi - Logarítmica	1.457	1.503	1.537
Dimensão Fractal Média das Manchas	1.036	1.041	1.038
Dimensão Fractal Média Ponderada Pela Área	1.311	1.271	1.246
Organização Espacial			
Distância Média ao Vizinho mais Próximo (Metros)	83.448	65.852	66.771
Desvio Padrão da Distância ao Vizinho mais Próximo (Metros)	137.045	144.649	98.457
Coefficiente de Variação do Vizinho mais Próximo (%):	164.227	219.659	147.454
Índice Médio de Proximidade	17390.018	3190.072	725.454
Contágio (%)	50.248	43.605	36.495
Índice de Inter -Dispersão e Justaposição (%)	67.437	61.272	70.192
Diversidade			
Índice de Diversidade de Shannon	1.655	1.795	1.988
Índice de Diversidade de Simpson	0.690	0.793	0.813
Índice de Equidade de Distribuição de Shannon	0.645	0.700	0.775
Índice de Equidade de Distribuição de Simpson	0.747	0.859	0.881

Quadro 5 - Índices da Paisagem para as três datas, Concelho de Mértola¹¹.

¹¹ CASIMIRO, Pedro Cortesão (2002), pp. 428

- A dimensão média das manchas diminui 20.1 % (passa de 1.619 Ha para 1.294). No entanto esta diminuição é de grandeza inferior ao aumento do número de manchas, podendo indicar que se mantêm manchas grandes. A dimensão resultante da fragmentação é inferior à grandeza da própria fragmentação;
- O desvio padrão da dimensão das manchas tem uma redução muito significativa de 75.5 % (passa de 217.253 Hectares para somente 53.178 Ha), querendo isto dizer que há mais manchas de dimensões mais regulares, embora a dimensão média também diminua;
- O coeficiente de variação da dimensão das manchas, que incorpora a própria dimensão média, apresenta portanto uma diminuição menos significativa, mas mesmo assim de elevada amplitude, menos 69.4 % (passa de 13420.093 % para 4108.664 %). Há portanto um padrão mais uniforme;
- O comprimento total das margens das manchas aumenta 33.9 %, sendo também um indicador de um significativo aumento da fragmentação e diminuição de habitats interiores. Dado que a grandeza do crescimento é superior tanto ao aumento do número de manchas como à diminuição da sua dimensão média, as formas resultantes da fragmentação deverão ser mais convolucionadas;
- Consequentemente a densidade de margens aumenta na mesma proporção, passando de 165.733 Metros por Hectare para 221.853;

Complexidade

- O índice de forma da Paisagem aumenta 33.9 % (passa de 149.041 para 199.509), revelando um aumento da complexidade das formas das manchas para a Paisagem como um todo;
- O índice médio de forma aumenta 4.0 % (passa de 1.230 para 1.279). Como é calculado para todas as manchas, revela um acréscimo menor de complexidade média para todas as manchas presentes na Paisagem;
- O índice médio de forma ponderado pela área, pelo contrário, diminui 61.9 % (passa de 52.801 para 20.120). Embora as formas da Paisagem se tornem globalmente mais irregulares, as manchas maiores (agrícolas, reflorestação) apresentam formas mais regulares, o que implica uma clara diminuição da complexidade, pois as manchas mais irregulares vão sendo proporcionalmente cada vez mais pequenas. Há, portanto e provavelmente, mais manchas não naturais, mais regulares e com maiores dimensões;

- A dimensão fractal bi-Logarítmica aumenta 3.2 % (passa de 1.457 para 1.503), globalmente a Paisagem está mais complexa;
- Avaliando a dimensão fractal para todas as manchas, o aumento de complexidade não é tão elevado (mais 0.5 %), além de os valores absolutos serem mais baixos (1.041 de dimensão das manchas contra 1.457 de complexidade global da Paisagem);
- Ponderando a dimensão fractal pelas áreas, ocorre uma diminuição, tal como no índice médio de forma, sendo essa diminuição de 3.1 % (passando a dimensão fractal ponderada de 1.311 para 1.271);

Organização Espacial

- A distância média ao vizinho mais próximo diminui 21.1 % (desce de 84.448 metros para 65.852). Como há mais manchas e mais pequenas a insularidade e isolamento absoluto diminuem, há de facto um menor grão e uma micro-heterogeneidade crescente de maior proximidade entre manchas;
- Mas o desvio padrão da distância ao vizinho mais próximo aumenta 5.5 % (passa de 137.045 metros para 144.649), indiciando uma distribuição mais irregular das manchas. Este facto só pode ser explicável pela fragmentação e maior perturbação humana se ter feito de uma forma mais localizada, não generalizada a toda Paisagem, o que teria provocado uma maior insularidade de alguns tipos de manchas. Esta fase de maior fragmentação teria emanado de áreas agrícolas consolidadas;
- Pela mesma razão, o coeficiente de variação do vizinho mais próximo, relativizado pela média, aumenta também 33.8 % (passa de 164.227 % para 219.659 %);
- O índice médio de proximidade, que quantifica o contexto espacial das manchas em relação ao vizinho, distinguindo agregações ou dispersão e medindo a conectividade, diminui 81.7 %. Portanto o isolamento das manchas é menor, o número de manchas aumenta, a sua dimensão média diminui, a sua proximidade aumenta e a diversidade de tipos de manchas na vizinhança de cada uma também, como tal há uma maior proximidade, uma maior conectividade potencial na Paisagem. Em suma, um mosaico mais micro-heterogéneo, de grão menor e com maior diversidade local, mais equitativamente distribuído tanto em termos de dimensão de manchas, como de distância entre elas e proporção de tipos;

- O contágio diminui 13.2 % (desce de 50.248 para 43.605), representando esta diminuição um aumento do número de manchas, mais pequenas, menos contínuas e com maior diversidade de classes na vizinhança. O mosaico, além de mais fino, mais denso, mais próximo e mais heterogéneo está também melhor distribuído;
- O índice de inter-dispersão e justaposição diminui 9.1 % (desce de 67.437 % para 61.272%), há portanto menor probabilidade de adjacência a um maior número de tipos de manchas, o que parece paradoxal, dado o aumento generalizado de heterogeneidade, fragmentação e diminuição do grão. Mas, como este índice é calculado mancha-a-mancha e não pixel-a-pixel como o contágio, parece indicar que a fragmentação não se deu de uma forma ubíqua, por um lado, e, por outro, a simplificação do tipo de manchas (passando provavelmente a parcelas agrícolas) e sua dimensão implica uma menor probabilidade de estarem adjacentes a um número maior de classes;

Diversidade

- Os índices de diversidade aumentam, 8.5 % o de Shannon, 14.9 % o de Simpson, denotando um aumento da diversidade da Paisagem;
- Os índices de equidade de distribuição aumentam, 8.5 % o de Shannon, 15.0 % o de Simpson, há um claro aumento da equidade de distribuição dos vários tipos de manchas.

1995 - 2001

Índices de manchas

- O número de manchas aumenta ainda mais, 39.6 % contra 25.1 % entre 1985 e 1995 (sobe de 99.974 para 139.550), o grão da Paisagem diminui ainda mais, a textura torna-se mais fina, há maior heterogeneidade e maior fragmentação;
- O índice da maior mancha volta a diminuir muito, 72.2 % contra 77.8 % entre 1985 e 1995 (desce de 10.506 % para 2.916), a maior mancha passa a ser de herbáceo contínuo, embora ocupe somente 2.916 % da Paisagem;
- A densidade de manchas aumenta na mesma proporção que o número de manchas, passando de 77.261 Manchas por Hectare para 107.849;

- A dimensão média das manchas diminui ainda mais, 28.4 % contra 20.1 % no período anterior (passa de 1.294 Ha para 0.927), a diminuição é de grandeza inferior ao aumento do número de manchas;
- O desvio padrão da dimensão das manchas volta a descer, 59.1 % que é um pouco menos que os 75.5 % do período anterior (passa de 217.253 Hectares para somente 53.178 Ha), querendo isto dizer que há cada vez mais manchas de dimensões cada vez mais regulares;
- O coeficiente de variação da dimensão das manchas, continua a diminuir, 42.9 % um pouco menos que antes (passa de 4108.664 % para 2344.743 %). O padrão do mosaico torna-se ainda mais uniforme;
- O comprimento total das margens das manchas aumenta 16.0 %, um pouco menos de metade dos 33.9 % do período anterior. A grandeza do crescimento é agora inferior tanto ao aumento do número de manchas como à diminuição da sua dimensão média, as formas resultantes da fragmentação deverão ser menos irregulares, pois criam proporcionalmente menos margens;
- Consequentemente a densidade de margens aumenta na mesma proporção, passando de 221.853 Metros por Hectare para 257.304;

Complexidade

- O índice de forma da Paisagem aumenta 16.0 % contra os 33.9 % do período anterior (passa de 199.509 para 231.390), há ainda um aumento da complexidade das formas das manchas para a Paisagem como um todo;
- O índice médio de forma diminui 1.6 %, enquanto antes tinha aumentado 4.0 % (passa de 1.279 para 1.259, que é contudo mais alto que o valor inicial de 1985, 1.230). Este é o primeiro valor contracorrente, digamos assim, pois revela um decréscimo de complexidade média para todas as manchas presentes na Paisagem, o que só se pode dever a um aumento do peso das manchas mais lineares, regulares, geométricas das áreas agrícolas. Como os terrenos em pousio (coberto herbáceo) dominam, tendo por vezes dimensões significativas, a sua regularidade deve ser responsável por esta diminuição;
- O índice médio de forma ponderado pela área diminui também, mas 46.7 % contra 61.9 % no período anterior (passa de 20.120 para 10.728). As manchas com formas mais regulares e de maior dimensão têm mais peso, diminui a complexidade pois as manchas mais

irregulares vão sendo proporcionalmente cada vez mais pequenas. Há, portanto e provavelmente, mais manchas não naturais, mais regulares, e com maiores dimensões embora a diminuição do índice seja inferior ao período anterior, cerca de dois terços;

- A dimensão fractal bi-Logarítmica volta a aumentar, 2.3 % contra os anteriores 3.2 % (passa de 1.503 para 1.537), globalmente a Paisagem está mais complexa;
- A dimensão fractal para todas as manchas apresenta neste período uma diminuição, também contracorrente, mas que vem realçar o maior peso das formas regulares na Paisagem, embora numa ordem de grandeza inferior ao aumento do período anterior;
- Ponderando a dimensão fractal pelas áreas, ocorre uma diminuição, tal como no índice médio de forma, mas a diminuição é menor: 2.0 % contra 3.1 % (a dimensão fractal ponderada passa de 1.271 para 1.246);

Organização Espacial

- A distância média ao vizinho mais próximo aumenta um pouco, 1.4 % depois de uma diminuição de 21.1 % entre 1985 e 1995 (sobe de 65.852 metros para 66.771). Este valor também parece paradoxal, mas só pode resultar de uma dispersão mais regular de tipos crescentes (em proporção de área) de manchas de maior dimensão. Por outras palavras, há certamente entre 1995 - 2001 um tipo de mancha cuja proporção espacial deve aumentar, bem como a sua dimensão média, pelo que o resultado global da distância ao vizinho mais próximo também aumenta muito ligeiramente;
- Mas o desvio padrão da distância ao vizinho mais próximo diminui significativamente, menos 31.9 % depois de ter aumentado 5.5 % no período anterior (passa de 144.649 metros para 98.457). Somente uma perturbação mais intensa e espacialmente melhor distribuída pode justificar este facto, pois há um significativo aumento da regularidade da distribuição espacial das manchas;
- Pela mesma razão, o coeficiente de variação do vizinho mais próximo, relativizado pela média, diminui também, 32.9 % (passa de 219.659 % para 147.454 %);
- O índice médio de proximidade volta a diminuir bastante, 77.3 % contra 81.7 % no período anterior. Portanto o isolamento das manchas é ainda menor, o número de manchas aumenta mais, a sua dimensão

média diminui, a sua proximidade aumenta e a diversidade de tipos de manchas na vizinhança de cada uma também, como tal há uma maior proximidade, uma maior conectividade potencial na Paisagem;

- O contágio diminui um pouco mais que antes, 16.3 % contra 13.2 % (desce de 43.605 para 36.495), há ainda aumento do número de manchas, mais pequenas, menos contínuas e com maior diversidade de classes na vizinhança. O mosaico, além de mais fino, mais denso, mais próximo e mais heterogéneo está também ainda melhor distribuído;
- O índice de inter-dispersão e justaposição aumenta 14.6 %, contra a diminuição anterior de 9.1 % que poderia parecer paradoxal. Há portanto, como seria de esperar havendo uma distribuição mais regular e uniforme de mais manchas mais pequenas, uma maior probabilidade de estarem adjacentes a um número maior de classes;

Diversidade

- Os índices de diversidade continuam a aumentar, o de Shannon aumenta mais que antes, 10.8 % contra 8,5 %; o de Simpson aumenta menos que antes, 2.5 % contra 14.9 %, a diversidade da Paisagem continua portanto a aumentar;
- Os índices de equidade de distribuição continuam também a aumentar, o de Shannon, aumenta mais que no período anterior, 10.7% contra 8.5 %; o de Simpson aumenta menos que no período anterior, 2.6 % contra 15.0 %, continua a aumentar a equidade de distribuição dos vários tipos de manchas.

Globalmente, independentemente dos diferentes ritmos, pode dizer-se que a fragmentação e heterogeneidade aumentam claramente, bem como a diversidade, regularidade de distribuição e uniformidade do mosaico, diminuindo a complexidade das manchas mas aumentando a complexidade geral da Paisagem. Os comportamentos “desviantes”, que apresentam tendências não contínuas, primeiro aumentam e depois diminuem (ou vice versa), dão algumas indicações preciosas: por um lado no primeiro período a fragmentação não foi espacialmente generalizada, concentrando-se e emanando a partir de áreas agrícolas consolidadas (aumento do índice de forma seguido de diminuição, aumento da dimensão fractal das manchas seguido de diminuição, aumento do desvio padrão da distância ao vizinho mais próximo seguido de diminuição, diminuição da distância ao vizinho mais próximo seguida de aumento e diminuição do índice de inter-dispersão e justaposição seguido de aumento).

Por outro lado, a modificação da proporção de manchas mais regulares, ligadas directa ou indirectamente às actividades agrícolas, constituem uma

diminuição de complexidade numa Paisagem que, não obstante, vê a sua complexidade global aumentar. Há mais manchas grandes regulares e as manchas pequenas irregulares são cada vez mais irregulares, o que pode indicar que as manchas de vegetação natural estão num processo de regeneração - colonização.

Os diferentes ritmos, aumentos ou diminuições maiores no primeiro ou segundo período, parecem também indicar duas características fundamentais distintas entre os dois períodos: no primeiro, entre 1985 e 1995, dá-se uma grande modificação sobretudo estrutural, de configuração (maiores aumentos de regularidade de distribuição espacial, homogeneidade de distribuição, complexidade); no período seguinte torna-se sobretudo numa mudança de composição (acelera o aumento do número de manchas, a diminuição da sua dimensão, consolida-se a micro-heterogeneidade e a própria heterogeneidade, pois aumenta a probabilidade de adjacência a outras classes de manchas).

Quase todos os valores que têm inflexão de evolução em 1995, independentemente do sentido, apresentam um valor final coincidente à evolução geral:

- O índice médio de forma começa por aumentar e depois diminui, o valor final é contudo 2.4 % superior ao valor inicial (1.259 contra os 1.230 iniciais), de acordo com o aumento crescente da complexidade geral da Paisagem;
- A dimensão média fractal das manchas começa por diminuir e depois aumenta, o valor final é 0.2 % superior ao valor inicial (1.038 contra os 1.036 iniciais), respeitando o aumento geral da complexidade da Paisagem e também das manchas, embora haja mais manchas, maiores, que são crescentemente regulares. Se mais complexo é mais natural pode-se admitir crescimento e expansão de áreas de vegetação natural;
- A distância média ao vizinho mais próximo começa por diminuir mas depois aumenta um pouco, o valor final é menor que o inicial em 20 % (66.771 metros contra 83.448 iniciais), mantém-se a tendência para diminuição do grão e menor resolução da heterogeneidade;
- O desvio padrão da distância ao vizinho mais próximo começa por, paradoxalmente, aumentar para depois diminuir, o valor final é uns significativos 28.2 % inferior ao valor inicial (98.457 metros contra os 137.045 metros iniciais), denotando um concordante aumento da uniformidade de dimensão e regularidade do padrão do mosaico, embora a dimensão média das manchas também diminua;

- O coeficiente de variação da distância ao vizinho mais próximo confirma o ponto anterior, pois tem em conta a dimensão média das manchas, começa por aumentar para depois diminuir, o valor final é 10.2 % inferior ao inicial (147.454 % contra os 164.227 % iniciais). Independentemente da inflexão em 1995, a evolução geral respeita a tendência global de uma maior uniformidade de padrão e maior proximidade entre as manchas do mosaico;
- Por último o índice de inter-dispersão e justaposição, que começa por diminuir para depois aumentar, o valor final é contudo 4.1 % superior ao inicial (70.192 % contra os 67.437 % iniciais). Também neste caso a evolução global está de acordo com a tendência geral: distribuição mais regular e uniforme de mais manchas mais pequenas com uma maior probabilidade de estarem adjacentes a um número maior de classes.

O aumento da heterogeneidade e fragmentação da Paisagem, que globalmente se verificam com base na análise anterior, segundo os Princípios Gerais da Ecologia da Paisagem, tem as seguintes consequências:

1. A heterogeneidade da Paisagem diminui a abundância de espécies interiores raras, aumenta a abundância de espécies de margem e animais que requerem dois ou mais elementos da Paisagem, ampliando a coexistência potencial de espécies (Princípio da Diversidade Biótica);
2. A expansão e contracção de espécies entre os elementos da Paisagem têm um importante efeito e é controlada pela heterogeneidade da Paisagem (Princípio do Fluxo de Espécies);
3. Os fluxos de energia e biomassa através das margens que separam as manchas, corredores e a matriz de uma Paisagem aumentam com uma heterogeneidade crescente da Paisagem (Princípio do Fluxo de Energia);
4. Quando não perturbada, a estrutura horizontal duma Paisagem tende progressivamente para a homogeneidade: uma perturbação moderada aumenta rapidamente a heterogeneidade, uma perturbação severa pode aumentar ou diminuir a heterogeneidade (Princípio da Mudança da Paisagem).

Parece inofismável que a aplicação e utilização destes índices permite uma nova visão sobre a evolução do uso do solo, muito mais rica, a uma escala distinta e mais desagregada, permitindo compreender de facto a mecânica e a forma estrutural da evolução ao longo do tempo. É, por assim dizer, um mundo novo que se abre em termos de possibilidades de análise de evolução da Paisagem, em termos de padrões espaciais e quantificação

da estrutura. Os valores absolutos de proporção de classes de uso do solo são, contudo, incontornáveis, pois estão na própria origem e possibilidade da elaboração deste tipo de análise, mas escondem em absoluto a forma efectiva de evolução do mosaico, só possível por uma análise deste tipo.

Utilizar este método da Ecologia da Paisagem, para efeitos de análise espacial, é no entanto um pouco redutor quanto às possibilidades e interesse paradigmático global da própria Ecologia da Paisagem. Por um lado só se aborda a componente horizontal, de relação espacial entre manchas e não a vertical, eminentemente biológica e ecológica; por outro lado deixam-se para trás os aspectos da relação entre função e forma, também muito queridos à Ecologia da Paisagem.

As vantagens, diferente dimensão e profundidade de análise que estes índices permitem, na compreensão da evolução estrutural do uso do solo e da Paisagem, são claramente válidas e oferecem um manancial espantoso de nova informação e novas possibilidades de leitura, mas poderão ser ainda estendidas a uma análise para cada classe de uso do solo, que contudo não se fará, encerrando aqui esta “trilogia” sobre a Ecologia da Paisagem em termos paradigmáticos, validação e análise dos métodos de quantificação da estrutura da Paisagem e sua aplicação efectiva para efeitos de análise da evolução temporal da paisagem.

Bibliografia

- ADPM - Associação de Defesa do Património de Mértola (1996) “Contributos para Preservação e Valorização do Património Natural do Troço Médio do Vale do Guadiana”, Mértola, ADPM, 99 p.
- CASIMIRO, Pedro Cortesão (1993) “Concelho de Mértola - Geo-Biografia das Mudanças de Uso do Solo”, Lisboa, DGPR - FCSH - UNL, Provas de Capacidade Científica, 220 p.
- CASIMIRO, Pedro Cortesão (2000) “Uso do Solo - Ecologia da Paisagem, Perspectivas de uma Nova Abordagem do Estudo da Paisagem em Geografia”, Geolnova N° 2, DGPR-FCSH-UNL, Lisboa, pp. 45-65
- CASIMIRO, Pedro Cortesão (2001) “Uso do Solo - Ecologia da Paisagem, Quantificação da Estrutura da Paisagem para Análise de Padrões Espaciais - Concelho de Mértola”, Geolnova N° 4, DGPR-FCSH-UNL, Lisboa, pp. 125-157
- CASIMIRO, Pedro Cortesão (2002) “Uso do Solo, Teledeteccção e Ecologia da Paisagem - Ensaio Metodológico, Concelho de Mértola”, Tese de Doutoramento, FCSH - UNL, 572 p.
- DRAMSTAD, OLSON, FORMAN (1996) “Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning”, Island Press, Washington, 80 p.

- FARINA, Almo (2000) "Landscape Ecology in Action", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 317 p.
- FORMAN, R.T. (1999) "Land Mosaics - The ecology of landscapes and regions", 5ª Edição, Cambridge University Press, Cambridge, 632 p.
- FORMAN, R.T., GODRON, M. (1986) "Landscape Ecology", John Willey, Nova Iorque, 619 p.
- FROHN, R.C. (1998) "Remote Sensing for Landscape Ecology - New Metric Indicators for Monitoring, Modeling, and Assessment of Ecosystems", Lewis, Boca Raton, 99 p.
- HAINES-YOUNG, R.; GREEN, R.; COUSINS, S.H. Eds. (1993) "Landscape Ecology and Geographical Information Systems", Taylor and Francis, Londres, 288 p.
- KLOPATEK, J.M.; GARDNER, R.H. Eds. (1999) "Landscape Ecological Analysis - Issues and Applications", Springer-Verlag, Nova Iorque, 400 p.
- MANDELBROT, B.B. (1983) "The Fractal Geometry of Nature", Nova Iorque, EUA, W.H. Freeman and Company, 468 p.
- MARSH, W.M. (1997) "Landscape Planning: Environmental Applications", John Willey, Nova Iorque, 434 p.
- McGARIGAL, Kevin; MARKS, Barbara (1995) "FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure", General Technical Report PNW-GTR-351, Portland-Oregon, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 122 p.
- MEYER, W.B.; TURNER, B.L. (1998) "Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective", 2ª Edição, Cambridge University Press, 537 p.
- NRC - National Research Council (1997) "Rediscovering Geography - New Relevance for Science and Society", National Academy Press, Washington, 233 p.
- PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985) "Fauna e flora de Mértola - uma perspectiva ecológica do Concelho de Mértola", Mértola, Campo Arqueológico de Mértola, Câmara Municipal de Mértola, 82 p.
- ROUGERIE, G; BEROUTCHACHVILI, N. (1991) "Géosystèmes et Paysages - Bilan et Méthodes", Armand Colin, Paris, 302 p.
- RUNDEL, P.W.; MONTENEGRO, G; JAKSIC, F.M. eds. (1998) "Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean-Type Ecosystems", Ecological Studies Vol. 136, Springer-Verlag, Berlin, 447 p.
- SEIXAS, J.F. (1998) "Patterns of Heterogeneity Derived from Remote Sensing Images: Implications for the Environmental Assessment of Desertification in Southern Portugal", Lisboa, FCT - UNL, Tese de Doutoramento, 292 p.
- TENEDÓRIO, J.A. (2002), Editorial - "Detecção Remota: da Informação ao Conhecimento Geográfico", Geolnova Nº 4, DGPR-FCSH-UNL, Lisboa, pp. 9-11
- TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (1991) "Quantitative Methods in Landscape Ecology", Ecological Studies Vol. 82, Springer-Verlag, Berlin, 536 p.