

Uso do solo, Teledetecção e Estrutura da Paisagem

Ensaio Metodológico – Concelho de Mértola

Pedro Cortesão Casimiro

Universidade Nova de Lisboa

Faculdade de Ciências Sociais e Humanas

Março de 2002

Dissertação de Doutoramento no Ramo de Geografia e Planeamento Regional, especialidade de Novas Tecnologias em Geografia, apresentada à Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, sob a orientação da Professora Doutora Maria José Roxo.

No Alentejo, em fins de Julho ou princípios de Agosto, o olhar atinge o seu zénite. No horizonte raso e limpo tudo parece pegado à terra: muros, árvores, medas de palha, montes, quando se avistam distantes. Um delírio de luz sobe à cabeça, como a música das cigarras, e faz doer. As coisas todas estalam como romãs maduras, e ficam cheias de brilhos. Mesmo dentro de casa, com portas e janelas trancadas, a luz entra pelas frestas, entorna-se pelas tijoleiras e reflecte-se, tenuamente rosada, na brancura das paredes. No pátio, uma oculta água ergue-se num repuxo exíguo – e é pura delícia. Cheira a barro e a cal, cheira a coentros e a queijo seco. Cheira ao que é da terra e regressa à terra. Um som de guizos, o trote miúdo das mulas, o grito de uma criança, custam a distinguir, de tão longe vêm. Neste longo, ardente Verão do Sul, apenas as cigarras têm modulações amplas. À roda tudo é silêncio e secura. Os próprios homens quase não têm fala, mas os seus olhos queimam como duas pedras expostas ao sol durante milhares de dias. Só eles afirmam que nem tudo no Alentejo nasce e morre acachapado à terra. Eles, e uns pombos bravos que subitamente rasgam o céu, como quem foge ao áspero, ardido, amargo coração do meu país.

EUGÉNIO DE ANDRADE

Preâmbulo

Existe um conjunto de trajectos, incentivos, apoios e cumplicidades que possibilitaram e levaram à elaboração deste trabalho e que gostaria de tentar sistematizar neste preâmbulo. Depois de ler durante muitos anos introduções de dissertações e livros, penso compreender finalmente alguns dos denominadores comuns a quase todas: a longa e penosa travessia, introspectiva, profundamente solitária, difícil também e sobretudo para os que estão mais próximos. Por várias razões, seja pelas ausências de vária ordem, partilha da angústia, disponibilidade para “aturar”, apoiar, compreender, compartilhar e tolerar um pouco de tudo.

Depois de ter realizado em 1993 as Provas de Capacidade científica, “Concelho de Mértola – Geobiografia das Mudanças de Uso do Solo”, utilizando sumariamente imagens de satélite e efectuando uma retrospectiva histórica da evolução do uso do solo no Concelho, houve três pessoas que me incentivaram a desenvolver no futuro uma tese eminentemente metodológica sobre Teledetecção e uso do solo: o Professor Mariano Feio, a Professora Maria José Roxo (orientadora das Provas) e o Professor Jorge Umbelino. Acabaram, com o seu apoio incondicional, interesse e amizade, por traçar o rumo que eu viria a seguir em termos de investigação e interesse científico, mas não só.

O interesse pelo uso do solo enquanto domínio de investigação no âmbito da Geografia vinha já dos tempos de licenciatura, sobretudo durante o Seminário de Cartografia e Teledetecção, que levou à elaboração de um trabalho de fim de curso sobre o espaço peri-urbano na Freguesia de Colares – Sintra. O docente do Seminário e orientador desse trabalho veio posteriormente a convidar-me, já como assistente estagiário no Departamento de Geografia e Planeamento Regional, para leccionar um trabalho prático que consistia na elaboração de uma carta de uso do solo por foto-interpretação de fotografia aérea. Percorri durante alguns anos, com o José António Tenedório, um fértil percurso de profundo interesse comum pelo uso do solo e Teledetecção. Esse percurso e apoio consubstanciou-se em longos, profundos e acalorados debates, problematização, abstracção, sonhos e utopias em redor da Teledetecção, que traçaram e balizaram o rumo a seguir nesse domínio.

Ainda no terceiro ano do curso (1987) fui convidado pela Professora Maria José Roxo, enquanto bolseiro da JNICT no Centro de Estudo de Geografia e Planeamento Regional, a colaborar num projecto de investigação comunitário sobre Variabilidade Climática no Sul da Península Ibérica (EV4C), no domínio da informática e gestão de base de dados. Desde essa data nunca mais deixámos de trabalhar juntos, em vários projectos comunitários (Medalus I, II e III e DesertLinks), em termos de docência, em termos de interesses de investigação. Tem sido um sereno trajecto comum, leal, exigente, cúmplice e evolutivo, de debate, divergências e convergências, incentivo e amizade, “sempre” a caminho do Baixo Alentejo já lá vão 15 anos, com um interesse e curiosidade crescente e em permanente diversificação. Naturalmente teria que ser a orientadora desta dissertação, dificilmente poderia haver maior exigência e desafio mutuo, debate, espírito crítico e responsabilidade compartida.

Materialmente este trabalho não teria sido possível sem vários contributos, que tenho que enumerar:

- Graças aos vários projectos de investigação comunitários (EV4C e Medalus) foi possível desenvolver um intenso trabalho experimental no Baixo Alentejo, tanto no Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso como em inúmeras campanhas de campo: o campo é e será sempre o laboratório do geógrafo. Sem o financiamento destes projectos teria sido impossível manter um esforço continuado e regular, em termos de deslocações e estadias, no Baixo Alentejo;
- Sem os fundos desses projectos não teria sido possível adquirir vários meios e equipamentos de custos muito elevados: as imagens de satélite (seis cenas Landsat completas), fotografia aérea (três coberturas da área, pancromático e infravermelho), software específico para tratamento de imagem de satélite e hardware vários. Sem a confiança, apoio e “aposta” plena da coordenadora científica (a Professora Maria José Roxo) não teria sido possível definir e percorrer esse rumo em termos de investigação e especialização, no âmbito destes projectos;
- A convivência científica, intercâmbio e estímulo vividos no seio destes projectos, embora não contabilizável, é talvez o património mais importante pelo qual tenho que agradecer, tanto à União Europeia enquanto mentora e patrocinadora destes projectos, como a um enorme número de cientistas, parceiros de projecto, que me marcaram indelévelmente e incentivaram. Entre eles tenho que destacar o Professor John Thornes, o Professor Francisco Lopez-Bermudez e o Dr. Malcolm Taberner, pedindo desculpa por não poder referir todos;
- As estadias no Alentejo, no Campo Experimental de Vale Formoso, para trabalho de campo, trabalho experimental, períodos de leitura, escrita e trabalho vários, não seriam possíveis sem a autorização da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo, a quem agradeço;
- Nos últimos dois anos teria sido difícil continuar a efectuar deslocações ao Concelho de Mértola sem o financiamento do Centro de Geografia e Planeamento Regional, FCT-MCT, através duma linha de investigação que apoiou a elaboração deste trabalho numa fase crucial, agradeço à FCT e aos responsáveis pela linha de acção, o Professor Jorge Umbelino e a Professora Maria José Roxo;

Devo ainda referir um conjunto de pessoas que tiveram um importante papel, pontualmente ou de uma forma permanente, permitindo chegar a este ponto e a quem agradeço:

- Ao Celso Eduardo pela capa;
- Ao Mestre Luís Rodrigues pelo apoio em termos de SIG;

- A várias pessoas da Geograf, pela “paciência” e flexibilidade no processo de escolha e aquisição das imagens: o Engenheiro Rui Morgado para as imagens de 1985 – 95, o Engenheiro Nuno Leite para as imagens de 1995 e 2000-2001 e o Engenheiro Raul Mota ao longo de todo o processo;
- Ao Doutor Malcolm Taberner pelos ensinamentos e apoio em termos de processamento de imagens e conhecimento profundo da Teledetecção “pura”, dúvida sistemática e amizade;
- Aos meus pais, tia e Luisa pela revisão exaustiva, minuciosa e repetida deste trabalho;

Por último, e porque os últimos são também os primeiros, dificilmente poderei exprimir a gratidão e privilégio de ter uma segunda família em Vale Formoso, que me acolheu e me tornou parte da sua família, indissociável de um espaço que passou a fazer verdadeiramente parte de mim: Menina Augusta, Manuel José, Maria Feliciano, “maninho” Ricardo, Cristina, Maria Eugénia e Manuel Cavaco. Sem eles o “meu” Alentejo não faria sentido.

Com muita saudade agradeço ao José Augusto Chambel. Ensinou-me a questionar, argumentar, problematizar e ser. Foi um tempo de partilha e amizade intensa, curto mas indelével, certamente seria um dos meus melhores apoiantes e guia, vertical, integro e denso. Espero que este trabalho esteja ao nível daquilo que esperava de mim.

Aos meus pais tenho que agradecer ser, ser como sou e o que sou. Junto com a minha avó, tia e Luisa formam a base estrutural, essencial e incondicional de suporte a todos os níveis.

À Cristina tenho que pedir sobretudo desculpa, pelas ausências, tensão, angústia e verdadeiro inferno que viveu nestes últimos dois anos, sempre do meu lado, sofrendo sempre em primeira instância com uma firmeza e coragem únicas. Sem ela teria ficado pelo caminho, juntos temos um longo e brilhante caminho pela frente.

Embora não pessoalmente, agradeço a todos aqueles que, ao longo dos anos e de uma forma continuada e segura acreditaram em mim, me deram hipóteses, me apoiaram e incentivaram, estiveram do meu lado com espírito crítico e construtivo, partilharam ideias, momentos bons e maus, e que no fundo contribuíram para eu ser um melhor docente, investigador e pessoa. Sem esse conjunto de amigos, “poucos mas bons”, tudo seria francamente desinteressante, cinzento e estático.

Aos meus pais

Índice

Preâmbulo

Introdução	13
1. Objectivos	15
2. Estrutura do Trabalho.....	17
3. Localização e Caracterização Sumária do Espaço em Estudo – Concelho de Mértola..	19
Capítulo I - Uso do Solo	25
1. Conceptualização.....	27
2. Mecanismos de Mudança.....	34
3. Impacto das Mudanças	37
4. Grandes Etapas de Evolução do Uso do Solo no Concelho de Mértola	40
Capítulo II - Teledeteccção	45
1. Enquadramento	47
1.1 Definição	47
1.2 Recursos e Objectos	48
1.3 A Teledeteccção “Natural” e as Suas Limitações.....	50
1.4 Evolução	51
2. Teledeteccção – Geografia.....	57
3. Bases Físicas da Teledeteccção.....	59
3.1 Energia Electromagnética	59
3.2 Propagação da Radiação	61
3.3 Comportamento Espectral da Vegetação no Espectro Óptico	64
3.4 Comportamento Espectral dos Solos no Espectro Óptico	68
4. Resolução dos Sensores	69
4.1 Resolução Espectral	69
4.2 Resolução Radiométrica	70
4.3 Resolução Espacial	71
4.4 Resolução Temporal	72
5. O Sistema Landsat.....	73
6. Problemática da Teledeteccção	77
6.1 Objectivos.....	78
6.2 Funções.....	79
6.3 Relações Entre a Análise do Objecto e a Imagem	81

6.3.1 Objecto.....	81
6.3.2 A análise da Imagem	83
6.4 Metodologia da Interpretação	85
7. Escala e Teledeteccção	86
 Capítulo III - Processamento Digital de Imagens de Satélite	 91
1. Sequência Ideal de Procedimentos para Tratamento Digital de Imagens de Satélite	93
2. Conhecimento do Terreno	97
2.1 Coberto Vegetal – Composição.....	98
2.2 Coberto Vegetal – Evolução	107
2.3 Coberto Vegetal – Dinâmica.....	115
2.4 Processos Actuais de Degradação.....	128
2.5 Concelho de Mértola – Características Climáticas	147
2.6 Concelho de Mértola – Tipologia do Coberto Vegetal.....	161
3. As Imagens de Satélite	167
3.1 Escolha das Épocas do Ano para Obtenção das Imagens.....	167
3.2 Escolha dos Anos de Obtenção das Imagens	171
3.3 Enquadramento Climático dos Anos de Obtenção das Imagens	176
4. Pré-processamento das Imagens de satélite.....	179
5. Análise Visual, Realces de Imagem e “Neo-Canais”	198
5.1 Estatísticas Básicas	203
5.2 Expansão do Contraste.....	205
5.3 Filtragens.....	206
5.4 Selecção de Composições Coloridas.....	209
5.5 Índice de Vegetação	213
5.6 “Density Slice”	222
5.7 Análise de Componentes Principais.....	223
5.8 Análise da Textura	231
5.9 Transformação de Composições Coloridas Entre “Espaços de Cor” – RGB para HSI	234
 Capítulo IV - Classificação das Imagens de Satélite.....	 243
1. Definição da Pré-Legenda	245
1.1 Problemas - Limitações.....	245
1.1.1 Pixels Mistos – Resolução Espacial.....	245
1.1.2 Contraste Elevado Entre o Sinal Radiométrico do “Fundo” e os Restantes Objectos.....	252
1.1.3 Limites Físicos e Temáticos dos Objectos – Temas.....	254
1.1.4 “Fuzzy logic” – Abordagem Conceptual	259
1.2 Levantamento de Campo.....	266

1.2.1 Identificação, Validação, Verificação	267
1.2.2 Critérios de Amostragem das Áreas Teste	269
1.2.3 GPS – Global Positioning System	271
1.3 Classes	279
1.3.1 Eucaliptais - Exóticas	281
1.3.2 Pinhais - Resinosas	282
1.3.3 Floresta de Quercus - Montado	284
1.3.4 Reflorestação – Repovoamentos Florestais.....	288
1.3.5 Mato Denso	291
1.3.6 Mato	293
1.3.7 Esteval	295
1.3.8 Vegetação Ripícola	297
1.3.9 Cereais	299
1.3.10 Coberto Herbáceo Contínuo	301
1.3.11 Coberto Herbáceo Descontínuo	304
1.3.12 Componente Mineral	306
1.3.13 Água	309
1.3.14 Áreas Urbanas.....	311
1.3.15 Áreas Ardidas	312
2. Classificação	320
2.1 Método	320
2.2 Marcação – Análise Estatística das Áreas Teste.....	326
2.3 Aplicação do Algoritmo de Classificação – Verificação de Resultados	330
2.4 “Fuzzy Logic” e Matrizes de Confusão	349
3. Classificação Multi – Temporal.....	354
 Capítulo V - Ecologia da Paisagem.....	 389
 1. Origem – Definição	 391
2. Enquadramento - Contextualização.....	395
2.1 Geografia.....	395
2.2 Teledetecção.....	398
3. Estrutura da Paisagem	402
3.1 Manchas	402
3.2 Corredores.....	408
3.3 Matriz	412
3.3.1 – Porosidade	414
3.3.2 – Forma da Margem	415
3.4 Estrutura Global	416
3.4.1 – Configuração	417

3.4.2 – Contraste	418
3.4.3 – Grão	419
3.5 Princípios Gerais da Ecologia da Paisagem.....	419
4. Transformações da Paisagem.....	423
4.1 Gradiente de Modificação da Paisagem	424
4.2 Processos Espaciais de Transformação da Paisagem	428
5. Quantificação da Estrutura da Paisagem	429
5.1 Crítica.....	431
 Capítulo VI – Quantificação da Estrutura da Paisagem – Concelho de Mértola	 435
 1. Índices à Escala da Paisagem.....	 438
1.1 Evolução Temporal à Escala da Paisagem	439
1.2 Comparação Entre Áreas Distintas do Concelho de Mértola em 2001	469
2. Índices por Classe Para as Diferentes Datas	479
 Nota Final	 519
 Repertório Temático de Sites na World Wide Web	 525
1. Teledetecção	527
2. GPS	531
3. Ecologia da Paisagem	532
4. Ambiente - Vegetação	533
5. Land Cover – Land Use	534
6. Portugal.....	535
7. Motores de Busca – Bases de Dados - Índices.....	535
 Bibliografia.....	 537
 Índice de Figuras.....	 575
 Índice de Quadros.....	 581

Introdução

1. Objectivos

O presente trabalho insere-se no domínio das Novas Tecnologias em Geografia, tendo por objectivo primordial a análise da Paisagem, quantificação da sua estrutura e da sua evolução através da classificação do coberto vegetal – uso do solo, recorrendo ao tratamento digital de imagens de satélite. Pretende-se construir um exercício eminentemente metodológico, de aplicação de métodos e técnicas, numa perspectiva assumida de geógrafo, que seja tão pedagógico quanto possível, tanto no faseamento dos procedimentos como na análise das escolhas efectuadas e sua justificação.

Simultaneamente, além de se tentar determinar o melhor conjunto de procedimentos e sua sequência ideal, pretende-se sobretudo equacionar e delinear quais as limitações, problemas, fontes de erro e confusão ao longo do trajecto, em função do tipo de coberto vegetal e processos naturais existentes na área de estudo, bem como dos métodos e técnicas escolhidos. Nesse sentido será particularmente realçada a importância vital do conhecimento do território e da sua dinâmica, por forma a maximizar o significado real das unidades existentes e classificadas.

Por último apresentar-se-á uma nova abordagem da análise da Paisagem, baseada na quantificação da sua estrutura, análise da sua topologia e padrão espacial, decorrente dos paradigmas da Ecologia da Paisagem. As possibilidades de análise comparativa e evolutiva que esta nova abordagem constitui são contudo exclusivamente metodológicas, por oposição ao cariz tecnológico dos meios utilizados *a priori* para classificar o coberto vegetal – uso do solo. A sua apresentação e escolha constituem uma novidade e interessante vantagem na análise quantitativa da Paisagem, utilizando como “matéria-prima” as classificações do coberto vegetal – uso do solo entretanto efectuadas.

A opção por este tipo de trabalho deve-se ao facto de existirem globalmente, por um lado, trabalhos de investigação muito aplicados e pouco orientados para as questões metodológicas inerentes e, por outro lado, trabalhos quase demasiado metodológicos mas sem um contexto de aplicação claro ou demasiado restrito. Assim, a motivação subjacente à abordagem escolhida pretende encontrar um equilíbrio entre um estudo predominantemente metodológico e um estudo aplicado, ilustrando a aplicabilidade das metodologias através da escolha de uma área de estudo – o Concelho de Mértola.

Na sequência das motivações existem outros factores: há uma bibliografia relativamente extensa referente a aspectos metodológicos da Teledeteção em zonas áridas ou semi-áridas, mas não tanto em relação a áreas com características Mediterrâneas. No extremo oposto existem muitos exercícios de aplicação da Teledeteção (classificação do coberto vegetal – uso do solo) em áreas Mediterrâneas, mas nesse caso sem grande problematização metodológica e quase sempre inseridos em estudos de processos ou para efeitos de inventário. É precisamente entre estes dois extremos que este trabalho se pretende posicionar, assumindo a dicotomia método – aplicação e procurando ser tão pedagógico quanto possível.

Um vector essencial ao longo do trabalho diz respeito à importância do conhecimento de campo, para efeitos de análise, interpretação e classificação das imagens de satélite bem como para a análise da qualidade dos resultados. Os aspectos históricos da evolução do coberto vegetal e do uso do solo foram deliberadamente mantidos fora deste trabalho, sobretudo devido a duas ordens distintas de razões: por um lado a pesquisa histórica e análise da evolução do uso do solo na área de estudo foi em grande parte efectuada num estudo anterior (CASIMIRO, P.C. (1993) e também ROXO, M.J. (1994)), por outro lado, a aplicabilidade dos métodos diz respeito ao presente e a meios recentes, sendo mais importante compreender as características gerais do ecossistema, o seu estado actual, a sua dinâmica e o tipo de processos actuantes no presente.

A contextualização do trabalho insere-se no domínio da Geografia, é assumidamente nessa esfera que se vai enquadrar a aplicação dos métodos. Esses métodos dizem respeito à Teledeteção e a abordagem nova tem por base a aplicação de métodos de quantificação da estrutura da Paisagem, enquadrados pelos paradigmas da Ecologia da Paisagem que, conseqüentemente, terão quer ser sinteticamente apresentados.

Em termos práticos e operacionais (Figura I.1) o trajecto consistirá inicialmente no processamento das imagens de satélite: processamento, análise – interpretação e classificação. Seguidamente o resultado, a classificação do coberto vegetal – uso do solo, será analisado em termos quantitativos, para cada data e em termos de evolução. Por último, recorrendo aos métodos da Ecologia da Paisagem, proceder-se-á à quantificação da estrutura da Paisagem, aplicação de índices da Paisagem, análise dos padrões espaciais e sua evolução.

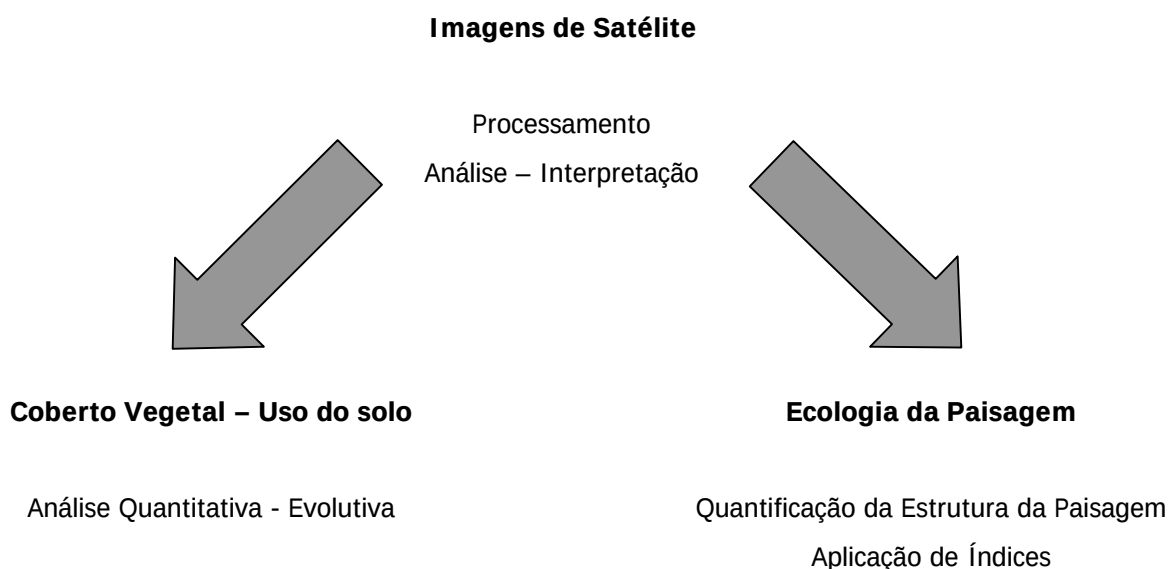


Figura I.1 – Diagrama operacional do trabalho.

De uma forma mais sistematizada, hierarquicamente, os objectivos operacionais do trabalho são:

- **O quê ?** – Classificar o coberto vegetal – uso do solo no Concelho de Mértola (1985, 1995 e 2001);
- **Como ?** – Através do processamento digital de imagens de satélite, analisando quantitativamente os resultados;
- **Inovação ?** – Adoptar uma nova metodologia de quantificação da estrutura da Paisagem, que aprofunda e enriquece as possibilidades de análise da Paisagem.

Existem vários aspectos subjacentes a estes objectivos, que estarão presentes ao longo do trabalho:

- Enquadramento da Teledetecção e Ecologia da Paisagem no contexto da Geografia;
- Apresentação dos paradigmas e métodos da Teledetecção e Ecologia da Paisagem;
- Apresentação sucinta dos métodos e técnicas, razões da sua escolha e limitações;
- Problematização e identificação das dificuldades e limites inerentes à aplicação;
- Carácter ilustrativo e pedagógico do trajecto e passos adoptados no trabalho.

2. Estrutura do Trabalho

Globalmente a estrutura adoptada consubstancia a necessidade de partir do teórico para a aplicação e do geral para o particular. Por outras palavras: contexto teórico, métodos, aplicação; e características gerais, características locais. Esquemáticamente apresentam-se os capítulos, respectivos conteúdos e sequência:

Capítulo 1 – Uso do Solo

Conceptualização, definição e justificação da terminologia a utilizar. Definição dos mecanismos e dinâmica de mudança em termos globais, bem como do impacto dessas mudanças. Apresentação das grandes etapas de mudança de uso do solo no Concelho de Mértola, suas causas e consequências.

Capítulo 2 - Teledetecção

Enquadramento teórico da Teledetecção: em termos de definição, recursos, objectos e evolução. Breve enquadramento da relevância da Teledetecção no contexto da Geografia, bases físicas da

Teledetecção, resolução dos sensores e escolha do mais adequado, apresentação do sistema Landsat. Apresentação da problemática da Teledetecção, seus objectivos e funções, escolha da metodologia de interpretação e análise de questões relativas a escala.

Capítulo 3 – Processamento Digital de Imagens de Satélite

Definição da sequência ideal de procedimentos para o tratamento digital, que constituirá a estrutura e ser adoptada em termos de execução. Importância do conhecimento do terreno, apresentação da composição, evolução e dinâmica do coberto vegetal Mediterrâneo e do Concelho de Mértola. Apresentação dos processos de degradação e desertificação, utilização de dados experimentais para demonstrar a relevância do uso do solo enquanto factor determinante. Caracterização sumária das principais características do clima, análise dos ciclos anuais agrícolas e da vegetação semi-natural, por forma a justificar a escolha das épocas ideais de aquisição das imagens bem como o enquadramento dos anos em que foram obtidas. Métodos e técnicas de pré-processamento das imagens, realces visuais e “neo-canais” para efeitos de análise das imagens.

Capítulo 4 – Classificação das Imagens de Satélite

Definição da pré-legenda, problemas e limitações inerentes, metodologia e técnicas auxiliares de trabalho de campo. Apresentação das classes, segundo um formato próximo da chave da foto-interpretação mas alargado, incluindo características funcionais e problemas inerentes. Escolha do método de classificação e dos critérios de marcação das áreas teste, aplicação do algoritmo de classificação e verificação dos resultados. Classificação multi-temporal e análise dos resultados.

Capítulo 5 - Ecologia da Paisagem

Definição, enquadramento e contextualização da Ecologia da Paisagem em termos da Geografia e da Teledetecção. Estrutura e transformações da Paisagem, quantificação da estrutura e análise crítica desta abordagem. Definição do contexto e domínio que se utilizará para análise.

Capítulo 6 – Quantificação da Estrutura da Paisagem – Concelho de Mértola

Aplicação de índices à escala global da Paisagem e sua evolução temporal, análise comparativa de sub-sectores com características distintas e evolução dos índices para as várias classes de coberto – uso do solo.

Optou-se por juntar ao trabalho um CD com as imagens de satélite e grande parte das tratamentos decorrentes do seu processamento digital, pois a sua reprodução com qualidade é complexa e demasiado onerosa. O conteúdo do CD funciona, também, como protótipo operacional de um possível site para divulgação e consulta do trabalho efectuado, embora responda sobretudo à necessidade de

apresentar as imagens e as várias etapas do seu processamento. Somente duas das imagens apresentadas têm a resolução máxima, efectiva, pois se assim não fosse a aplicação tornar-se-ia excepcionalmente pesada e de muito difícil visualização, requerendo a instalação de software específico.

Importa ainda referir dois aspectos, relativos à lista de sites apresentada antes da bibliografia e aos critérios de selecção de fontes bibliográficas na Internet:

- A lista de sites não pretende, de forma alguma, ser exaustiva. Existem muitíssimos sites, mas os apresentados para as várias categorias (Teledeteccção, GPS, Ecologia da Paisagem, Ambiente e Vegetação, Land Cover – Land Use e Portugal) são sobretudo institucionais ou ligados a unidades de ensino e investigação. Todos os sites foram verificados em 30 e 31 de Janeiro de 2002, podendo vir a sofrer modificações de endereço, facto incontornável mas que pode ser obviado recorrendo à busca dos conteúdos ou organismos, através dos múltiplos motores de busca também apresentados;
- As referências bibliográficas citadas, que foram recolhidas na Internet, obedeceram a um critério crítico, rígido, em que se privilegiaram exclusivamente: revistas online de manifesta importância, documentação oriunda de organismos e agências internacionais (ONU, União Europeia, FAO, EPA, USGS, Agência Espacial Europeia, etc.), nacionais (INE, ICN, Ministério da Agricultura, Ambiente, etc.), empresas produtoras de Software e detentoras dos direitos de comercialização de imagens de satélite, de Universidades ou Centros de Investigação e de autores individuais de assumida importância e relevância no âmbito deste trabalho.

3. Localização e Caracterização Sumária do Espaço em Estudo – Concelho de Mértola

Na definição da área de estudo procurou-se encontrar um compromisso entre o artificial e o geográfico, ou seja, entre limites administrativos e uma área que constituísse, em si, uma região própria, “conjunto geográfico apreendido intuitivamente ou reconstituído historicamente, que se explica ou pode explicar pela acção contínua, positiva ou negativa que seja, de um determinado grupo ou de uma certa forma de organização social...[quem agir desta forma e com prudência] não se arrisca a cometer erros, a fazer confusões, a chegar a generalizações abusivas” (Marcel Roncayolo, *in* Enciclopédia EINAUDI (1986), pp. 162).

Por seu turno, o Concelho de Mértola tem especificidades marcadas, pois está fisicamente individualizado de uma forma bastante clara (Figura 1.2): para Sul começa a Serra Algarvia, a Norte existe a área dos barros de Beja, a Este os rios Chança e Guadiana constituem fronteira física com a vizinha Espanha. A Oeste o limite não é tão nítido, porque se caminha gradualmente para os Campos de Ourique. A Comarca de Mértola é mesmo considerada por Lautensach (RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H. (1991, pp. 1239)) como uma unidade geográfica integrada no Baixo Alentejo -

Portugal Meridional. No entanto, a maior individualidade física do Concelho de Mértola é constituir, na sua maioria, um enclave de solos muito pobres, entre a montanha (serra Algarvia), a terra chã do Campo de Ourique, e os solos extremamente férteis de Beja.

A escolha de uma unidade administrativa apresenta uma série de vantagens óbvias em termos de acesso a informação estatística de várias ordens. Além disso, em termos de constituição de uma base de dados de cartografia temática geo-referenciada, em ambiente SIG, o recurso a uma unidade territorial administrativa abre importantes possibilidades de cruzamento de informação. Sendo este trabalho sobre métodos e técnicas, em que um dos objectivos é produzir cartografia temática, a escolha do Concelho possibilita a incorporação potencial da cartografia produzida com outros “layers” temáticos.

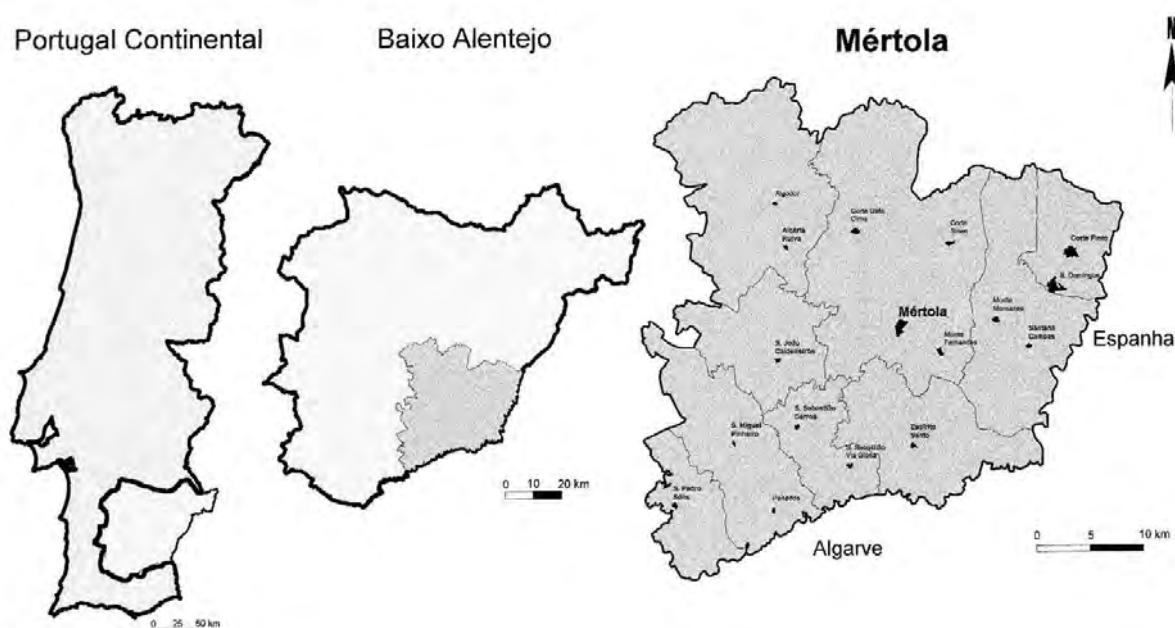


Figura 1.2 – Localização da área de estudo

Em termos geológicos, segundo TEIXEIRA, G. (1980), RIBEIRO, A. (1979) e OLIVEIRA, J. (1984), o Concelho de Mértola está localizado na Zona Sul Portuguesa, unidade morfo-estrutural do maciço Hespérico. A sua constituição litológica é pouco variada, consistindo em três unidades principais, todas elas representadas no Concelho:

- 1 - Espessa formação xisto-quartzítica - Devónico Inferior (?);
- 2 - Complexo vulcano sedimentar (faixa piritosa) - Devónico Superior;
- 3 - Formação espessa, tipo flysch, xistos e grauvaques do Carbónico.

A Zona Sul Portuguesa está separada da Zona Ossa-Morena, a Norte, ao longo do cavalgamento Ferreira do Alentejo-Ficalho. O Devónico contacta ao longo deste acidente com o maciço Hercínico de Beja, complexo plutónico vulcânico de rochas básicas e ultrabásicas, com mais de 160 quilómetros de comprimento.

Este zonamento Nordeste-Sudoeste está ligado à orogenia Hercínica e apresenta um encurvamento progressivo para Norte e Nordeste no sentido Este-Oeste. Esta orogenia teve duas fases principais: uma primeira de dobramento, ou fase maior (Astúrica 340-310 Ma, Carbónico Superior) e uma segunda muito menos intensa (Saalica 310-290 Ma, Pérmico Médio). Esta fase orogénica foi acompanhada de metamorfismo regional e magmatismo (com produção abundante de granitóides).

Contudo, a Zona Sul Portuguesa é a unidade que foi sujeita a uma deformação menos intensa e mais tardia, diminuindo o grau de metamorfismo em direcção ao Sul. A tectónica originou dobras apertadas, com xistosidade de plano axial e vergência progressivamente acentuada para Sudoeste. Na faixa piritosa as dobras são acompanhadas por cavalgamentos, estruturas que foram deformadas por acções posteriores.

As três formações existentes no Concelho caracterizam-se da seguinte forma:

- Formação do Pulo do Lobo – Constituída por filitos, quartzitos, grauvaques e vulcanitos. A sua idade é atribuída ao Devónico Superior, ou mais antigo. As dúvidas quanto à datação subsistem em virtude de não terem sido, até agora, encontrados fósseis. Deformação intensa e múltipla em três episódios: xistosidade e exsudação do quartzo na primeira, xistosidade de fractura na segunda e dobragem coaxial na terceira. O metamorfismo atinge um grau muito elevado (xistos quartzíticos). Esta formação ocupa um “anticlinorium” encaixado entre o grupo Ferreira – Ficalho e a Faixa Piritosa;
- Formação Filito-Quartzítica da Faixa Piritosa – Litologia variada, filitos, siltitos mais ou menos carbonosos ou quartzozos, quartzograuvaques, quartzitos, xistos siliciosos e quartzíticos, além de rochas vulcânicas ácidas e básicas, filonianas. O metamorfismo foi hidrotermal (com água do mar) e concomitante com a actividade vulcânica; o metamorfismo regional contemporâneo da primeira fase da deformação Hercínica sobrepõe-se ao episódio hidrotermal. Esta formação do Devónico Superior é constituída por três alinhamentos quartzíticos principais - série de Alcaria Ruiva;
- Formação de Mértola - Grupo de Flysch do Baixo Alentejo – É a mais antiga das três unidades do grupo de flysch, datada do Carbónico, marinho, complexo xisto-grauváquico, formação mais argilosa e bastante menos metamorfizada.

Como conclusão sobre a geologia da área, segundo FEIO, M. (1983, p. 8), a área define-se da seguinte forma: terrenos metamórficos, rochas eruptivas e sedimentos marinhos (xistos, grauvaques, quartzitos) do Devónico Superior [Inferior segundo estudos mais recentes] ao Carbónico Médio. Fortemente dobrados pelos movimentos Hercínicos, transformados em dobras isoclinais apertadas. Afloramentos com orientação Hercínica (ONO-ESE), resistência muito desigual, quartzitos, xistos siliciosos; no outro extremo da escala xistos argilosos e grauvaques.

Em termos de morfologia, globalmente o Alentejo é uma "...vasta peneplanície, várias vezes retocada...fossilizada por depósitos detríticos continentais [...] superfície poligénica. O limite meridional é a Serra Algarvia, cuja vertente Norte tem duas superfícies de erosão, uma que se confunde com a grande peneplanície Alentejana, e que aqui sobe muito, a outra que passa pelos cumes da serra. Dois níveis nitidamente escalonados e entalhados pelo Guadiana" (RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H. (1987, p. 158)).

O Concelho de Mértola tem três unidades distintas, resultantes da diferente resistência das formações geológicas aos processos erosivos. Assim, a formação do Pulo do Lobo, a Norte, constitui um sector, o complexo xisto-grauváquico, a sul, outro sector. A passagem de uma unidade para outra faz-se pela faixa piritosa, onde uma série de relevos residuais de dureza são as únicas formas que se elevam acima da vasta superfície de aplanamento, constituindo a terceira unidade.

Esta superfície, que se encontra a sensivelmente 200 metros, está bastante degradada pela erosão regressiva a partir dos principais cursos de água (Cobres, Chança, Vascão, Oeiras) que constituem um nível de base local, secundário face ao Guadiana que atravessa todo o Concelho no sentido Norte-Sul. A superfície dos 200 metros termina na escarpa de falha da Vidigueira, já na Zona Ossa-Morena, que faz a passagem para a superfície dos 240 metros de Évora. Esta vasta superfície de aplanamento está mais bem conservada no material eruptivo do maciço de Beja, estando bastante mais dissecada no xisto.

"[Os] xistos impermeáveis cobrem-se de uma cabeleira de sulcos por onde correm as águas das chuvas; a rocha parte-se e esfolheia-se, reduz-se a fragmentos ínfimos evacuados pela escorrência difusa e pelo escoamento torrencial. Todas as escarpas se esbatem, todas as superfícies se degradam. Onde a surreição ou o encaixe da rede hidrográfica colocou as plataformas muito acima do nível de base, elas resolvem-se num mar de cabeços, separados por sulcos escavados a todas as alturas, topografia a um tempo confusa e monótona, que tem sido comparada, expressivamente, a montículos de toupeiras ou às tendas de um imenso acampamento de nómadas". (RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H. (1987, p. 174)).

O mecanismo da erosão linear no modelado de xisto que, dada a sua impermeabilidade, está na origem de elevadas densidades de drenagem, implica também uma intensa lavagem dos topos e dá origem a uma “rolling topography”. No Concelho, a grande diferença entre a unidade Norte e a Sul reside nas diferentes características dos xistos. A Norte, a sua maior resistência (grau maior de impermeabilidade) originou uma rede de drenagem mais densa, uma dissecação mais intensa, a que também não será alheia a proximidade do Guadiana, pelo menos na margem esquerda.

Na margem direita o padrão é semelhante, residindo a diferença na maior extensão do afloramento do Devónico Inferior (formação do Pulo do Lobo). Já caminhando para Este, a partir do Guadiana, a dissecação diminui e a superfície encontra-se mais bem conservada, voltando somente a degradar-se com a aproximação do Chança. Excepção são, também, as áreas vizinhas aos rios Cobres e Terres, mas também aí, quanto mais longe do seu nível de base, o Guadiana, mais ao rés da superfície eles correm, apresentando um encaixe mínimo.

No sector Sul do Concelho, as diferentes características litológicas, formações mais argilosas, menos resistente, vão comandar a existência de uma menor densidade de drenagem e menor grau de incisão. Apenas dois factores contrariam este facto, no sector Este: o nível de base do Guadiana, e o começo da subida para o Sul do Concelho em direcção à Serra Algarvia. À imagem do sector Norte, o grau de dissecação e degradação da superfície diminui junto aos sectores de cabeceira dos afluentes do Guadiana, (neste caso Vascão e Oeiras), e em direcção a Oeste, oposto ao Guadiana.

A separação entre estes dois sectores é feita pela Faixa Piritosa. Morfologicamente ela é constituída por um conjunto de três alinhamentos principais, paralelos, com a orientação ESE-ONO, constituídos por material mais resistente, silicioso, que afloram com as dobras e a erosão diferencial deixou como relevos residuais de dureza. A primeira faixa corresponde ao alinhamento desde a Mina de São Domingos, Guizo Grande, Corte Pequena, Vale de Évora, Murteiras, Alcaria Ruiva; a segunda, Moreanes, Senhora do Amparo, São Barão; e a terceira, Neves, Alvares.

Em consequência do tipo de litologia existente no Concelho, segundo RIBEIRO, O. (1987, p. 86), os solos vão ter as seguintes características: “As terras de xisto dão sempre, nos nossos climas, uma imagem de pobreza e abandono. Impermeáveis, cobertas de uma rede hidrográfica densa que diseca as superfícies num mar infinito de cabeços, as delgadas faixas de melhor solo apenas se encontram no fundo dos barrancos...Tudo o mais é um terreno cascalhento [...] nas áreas chãs cobre às vezes a rocha uma capa de solo de alguns centímetros de espessura”.

Na realidade os solos do Concelho de Mértola apresentam uma capacidade de uso mínima, mas qual é o significado das classes de capacidade de uso do solo ?

Utilização	Classe	Definição - Características
Susceptível de utilização agrícola e outras utilizações	A	Poucas ou nenhuma limitações. Sem riscos de erosão ou com riscos ligeiros. Utilização agrícola intensiva.
	B	Limitações moderadas. Riscos de erosão no máximo moderados. Utilização agrícola moderadamente intensiva.
	C	Limitações acentuadas. Riscos de erosão no máximo moderados. Utilização agrícola pouco intensiva.
De uso limitado e em geral não susceptível de utilização agrícola	D	Limitações severas. Riscos de erosão muito elevados. Não susceptível de utilização agrícola, salvo casos muito especiais. Poucas ou moderadas limitações para pastagem, exploração de mato e exploração florestal.
	E	Limitações muito severas. Riscos de erosão muito elevados. Não susceptível de utilização agrícola. Severas a muito severas limitações para pastagem, matos e exploração florestal, servindo apenas para vegetação natural ou florestal de protecção ou verificação. Ou não susceptíveis de qualquer utilização.

Quadro 1.1 - Definição e características das classes de capacidade de uso do solo (MAP, SROA In MACEDO, M.J. (1987, p. 28)

No Concelho de Mértola os solos A e B praticamente não existem, aparecendo só faixas estreitas de reduzidas dimensões no fundo de alguns pequenos vales. A classe dominante é a dos solos E e alguns, poucos, D. A Noroeste da Alcaria Ruiva, associados a material vulcânico, aparecem alguns solos C, embora dominados por D. O sector Noroeste do Concelho é o que apresenta melhores solos, coincidindo com a área de maiores explorações. Ao invés disso, nos sectores Sul e Este do Concelho, os solos são extremamente pobres, litossolos pouco profundos, ou esqueléticos.

Solos	A	B	C	D	E
Mértola	0.1 %	0.6 %	2.3 %	16.3 %	80.7 %

Quadro 1.2 - Classes de capacidade de uso do solo no Concelho de Mértola (SROA-CNROA).

A relativa homogeneidade geológica constitui, portanto, uma vantagem em termos de Teledetecção, pois o grau de variabilidade do sinal radiométrico ficar-se-á a dever quase exclusivamente às variações do coberto vegetal. Caso existissem formações geológicas e litologias muito diversas, esse factor teria que ser incorporado no modelo de análise e interpretação das imagens.

Capitulo I

Uso do Solo

It is the theory that decides what we can observe.

Albert Einstein

1. Conceptualização

Os estudos acerca de uso do solo e sua evolução nem sempre empregam definições similares de vários termos, sobretudo tendo em conta a terminologia anglo-saxónica: “land use” e “land cover”. As descrições e definições destes termos variam em função da sua aplicação e contexto de utilização, como tal é essencial clarificar os conceitos e nomenclatura a seguir neste trabalho. Assim, partindo precisamente da terminologia anglo-saxónica, ambos os conceitos têm em comum a referência a “land” (terra), que pode ser definida de várias formas:

Segundo a FAO (1996), “Land” é simplesmente “uma área da superfície da Terra”. Mas existe uma definição mais completa (FAO (1995, p. 6)), também utilizada pela Convenção das Nações Unidas para Combater a Desertificação (UN-CCD):

“[Land] é uma área delineável da superfície da Terra, englobando todos os atributos da biosfera imediatamente acima ou abaixo dessa superfície, incluindo os do clima perto da superfície, o solo e formas de terreno, a hidrologia da superfície (incluindo lagos pouco fundos, rios e pântanos), os estratos sedimentares perto da superfície e as reservas aquíferas associadas, as populações de plantas e animais, os padrões de ocupação humana e resultados físicos da actividade humana presente e passada (estruturas de armazenamento e drenagem de água, estradas, edifícios, etc.)”.

Segundo WOLMAN, M.G. (1987, p. 646) o termo “Land” “...é usado num sentido integrante [...] para referir um vasto conjunto de atributos dos recursos naturais num perfil, desde a atmosfera acima da superfície até alguns metros sob a superfície da «terra». Os principais atributos dos recursos naturais são o clima, as formas de relevo, solo, vegetação, fauna e água”.

Segundo HOOVER, E.M.; GIARRATANI, F. (1984, p. 131), “Land” “...primeiro e antes de mais, denota espaço. [...] As suas qualidades incluem, além disso, atributos tais como os topográficos, estruturais, agrícolas e propriedades minerais de um local; o clima; a disponibilidade de ar puro e água e finalmente um conjunto de características ambientais imediatas, tais como a privacidade, aparência estética, etc.”.

Sendo “land” definida desta forma, a designação “uso do solo”, em português (ou occupation du sol, em francês), acaba por parecer um pouco mais restrita, embora a referência a solo possa ter várias abordagens. Visto que a designação uso do solo será utilizada, sendo absolutamente aceite como conceito similar a “land use”, quais são então os aspectos em que solo e terra (“land”) se aproximam e/ou distanciam ? Segundo LEMONNIER, P. (1986) existem dois aspectos essenciais ligados à questão solo:

Solo – Morfogénese – “O solo, entendido como a camada superficial do globo terrestre, é um sistema dinâmico, sede de fenómenos físico-químicos e biológicos estreitamente interligados. Meio vivo, um solo evolui, sofre modificações lentas mas contínuas, devido a dois processos complementares. Por um lado, a rocha mãe, a partir da qual ele se formou, sofre transformações físicas e químicas sob acção dos agentes climáticos e dos organismos vivos; a sua desagregação física e a sua alteração conduzem à formação de partículas de pequena dimensão e à simplificação da composição química dos elementos minerais. O outro processo de evolução do complexo edáfico é o fornecimento regular de elementos orgânicos, que voltam ao solo quando se efectua a decomposição da matéria viva, animal ou vegetal” (LEMONNIER, P. (1986, p. 59)).

Assim, o solo é, por excelência, o suporte de actividades produtivas. As suas qualidades e defeitos, as vantagens ou dificuldades que oferece aos utilizadores, constituem uma “...limitação cuja resolução é parte integrante das condições de reprodução das sociedades. Estas devem ocupar-se não só da distribuição dos homens sobre o solo, como da sua exploração” (LEMONNIER, P. (1986, p. 59)).

Num contexto geomorfológico o solo vai ser a interface entre dois tipos de factores: os endógenos, ligados à litologia, estrutura, “interiores”, e os exógenos; o clima, as modalidades de meteorização-transporte que permitem, condicionadas pelo coberto vegetal consequente. O mosaico morfo-climático do globo, ao reproduzir sistemas morfogenéticos distintos, tem no solo o elemento que consubstancia esse equilíbrio de forças – litosfera-atmosfera. A libertação inicial de partículas mobilizáveis pela meteorização é “...o acto inicial comum da pedogénese e da morfogénese...” (TRICART, J. (1978, p. 25)).

Solo – Terra - A palavra “terra” tem muitos sentidos. Segundo RAISON, J.P. (1986, p. 117), “...solo que se pisa, espaço das actividades rurais, o país em que se vive, o elemento sólido em relação aos oceanos, ou mais globalmente o nosso planeta. O lado racionalizado dos sentidos que a palavra apresenta sob o aspecto do vivido, do passional ou do carnal, seriam: solo, terreno, região ou país, continente, globo terrestre. Terra é a antítese de espaço, que é uma entidade sem vida [por analogia ao espaço cósmico] [...] espaço é aquilo que se sobrevoa e não sobre o qual se caminha, o que se domina e não o que se trabalha [...] Enquanto Paisagem se refere a visões diversas de uma mesma realidade, em terra há uma enorme variedade de escalas e, no fundo, de realidade”.

Esta noção de solo como terra introduz outra dimensão, a da percepção pessoal ou dos grupos humanos, a ligação mais ou menos mística, mais ou menos emocional, que o homem tem à terra. No Génesis o homem é moldado por Deus a partir da argila, em Hebreu homem é “Adam”, terra é “adama” (MATHER, A.S. (1986, p.2)). Mas a terra está ancestralmente ligada à fertilidade - a terra mãe que se fertiliza - estando o calendário profundamente enraizado no ciclo anual das colheitas, embora tal paganismo tenha sido progressivamente absorvido pelos ritos católicos, não deixando de corresponder as principais datas do calendário litúrgico a datas ligadas à terra, ao sol e, consequentemente, às colheitas.

“A terra é elemento de submissão, da participação na vida cósmica e, como teatro, matéria de um esforço específico de transformação [...] mas não há acto fecundo na terra sem o acordo divino” (RAISON, J.P. (1986, p. 119)). Mas esta perspectiva de terra está, também, ligada ao vivido, embora “...definida [a terra] em princípio no espaço e no tempo; inseparável do trabalho, apenas faz sentido graças àquilo que, na ordem do sagrado, dá um sentido a este, e que, ainda mais intimamente, liga no espírito humano terra e fertilidade, terra é inseparável de vida...” (RAISON, J.P. (1986, p. 118)). É o sentido da terra que se trabalha, que é portadora de vida, mas que se deve fertilizar, amansar, cuidar.

Desta forma, o sentido da palavra “solo” no conceito “uso do solo” deve ser entendido como uma conjugação destes dois aspectos: solo – morfogénese e solo – terra. A vegetação é em parte causa e produto do próprio solo, o solo é um sistema charneira, mas a utilização humana do solo implica a noção de solo – terra, conforme descrito antes. Parece portanto válido que “land” seja compreendida como “terra” e que uso do solo seja um conceito compatível com “land use”, embora não nos sentidos mais abrangentes do conceito “land”, mas sim como uma conjugação das duas abordagens possíveis ao conceito solo.

Em termos conceptuais, “land cover” e “land use” não são sinónimos, embora possa pontualmente haver alguma sobreposição, portanto é também essencial compreender as diferenças entre os dois conceitos. Quais são então as definições ?

“Land Cover”

Segundo TURNER, B.L.; SKOLE, D.; SANDERSON, S.; FISCHER, G.; FRESCO, L.; LEEMANS, R. (1995, p. 20) “...«land cover» é o estado biofísico da superfície das Terra e sub - superfície imediata”. Ou seja, “...«land cover» descreve o estado físico da superfície de terra [land] como terra de cultivo, montanhas ou florestas” (MOSER, S.C (1996, p. 247)). A isto, MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. (1994, p. 5) acrescentam: “...que engloba, por exemplo, a quantidade e tipo de vegetação da superfície, água e solo”. Mas MOSER, S.C (1996, p. 247) faz a seguinte observação: “... Originalmente o termo referia-se ao tipo de vegetação que cobria a superfície da terra [land surface], mas foi alargado subsequentemente para incluir estruturas humanas, tais como edifícios ou pavimento, bem como outros aspectos do Ambiente físico, tais como solos, biodiversidade ou água subterrânea”.

Existem várias definições de “land cover”, passam-se a citar algumas:

- Segundo a FAO (1997) “land cover” é o coberto (bio)físico observado da superfície da terra. Quando se considera “land cover” num sentido puro e estrito ele deve ser confinado à descrição da vegetação e estruturas feitas pelo Homem. Consequentemente, áreas onde a superfície consiste em afloramentos rochosos ou solo a nu descrevem mais a própria terra do que o “land

cover”. Também é questionável que os planos de água sejam considerados como “land cover”, mas na prática a comunidade científica descreve todos estes aspectos sob o termo de “land cover”;

- Segundo o ITC ¹, “land cover” é “...a vegetação (natural ou plantada) ou construções humanas (edifícios, estradas, etc.) que ocorrem na superfície da Terra. Água, gelo, rocha, areia e superfícies similares também contam como «land cover»”;
- Segundo o Projecto LUCC-IGBP-IHDP (Plano de Implementação LUCC), “land cover” refere-se “...às características físicas da superfície da Terra, capturadas na distribuição de vegetação, água, deserto, gelo e outras características, incluindo as criadas pelas actividades humanas, tais como minas, aglomerados, etc.”;
- Segundo o manual do CORINE, “land cover” corresponde “...à descrição biofísica da superfície da terra. É aquilo que se sobrepõe ou cobre o solo. Esta descrição permite a distinção de várias categorias biofísicas, basicamente: áreas de vegetação (árvores, mato, campos, prados), solo a nu, superfícies duras (rochas, edifícios) e áreas húmidas ou «corpos» de água (rios, ribeiras, pântanos, sapais)”.

Sinteticamente, “land cover” pode ser equiparado ao conceito de coberto, elementos – objectos físicos que existem na superfície. No entanto, em português, a designação mais corrente é coberto vegetal, o que põe um problema: os casos em que este não existe (há solo, rocha ou construções humanas) e aqueles em que existe água. Não obstante o uso do conceito é corrente e absolutamente aceite, embora paradigmaticamente “coberto” fosse menos restrito que “coberto vegetal”.

Qual é então a diferença fundamental entre “land cover” e “land use” ? Segundo TURNER, B.L.; SKOLE, D.; SANDERSON, S.; FISCHER, G.; FRESCO, L.; LEEMANS, R. (1995, p. 20), “...«land use» envolve tanto a forma como os atributos biofísicos que são manipulados, bem como a intenção subjacente a essa manipulação – o objectivo para o qual a terra [solo] é utilizado”. Também MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. (1994, p. 20) referem que “...«land use» é a forma pela qual e o objectivo para o qual os seres humanos utilizam a terra [land] e os seus recursos [...] «land use» denota o uso humano da terra”.

SKOLE, D.L. (1994, p. 438) expande este conceito, afirmando que “...«land use» por si é a utilização humana de um tipo de coberto [land cover], os meios pelos quais a actividade humana se apropria dos resultados da produção primária, conforme determinado por um complexo de factores sócio-económicos”. Em termos de definições:

¹ <http://www.itc.nl/education/ilarus/landuse/chap2.html>

Land Use

- Segundo a FAO (1996), “...«land use» é caracterizado pelos arranjos, actividades e inputs que as pessoas levam a cabo num certo coberto [land cover] para produzir, para o modificar ou para o manter. Esta definição de «land use» estabelece uma ligação directa entre coberto [land cover] e as acções das pessoas no seu ambiente”;
- Segundo o ITC, “...«land use» é a série de operações na terra, levadas a cabo por humanos, com a intenção de obter produtos e/ou benefícios através da utilização dos recursos dessa terra”;
- Segundo o Projecto LUCC-IGBP-IHDP (Plano de Implementação LUCC), “... «land use» é a utilização e estratégia de gestão dum coberto [land cover] por agentes humanos ou gestores da terra”;
- Segundo o manual do CORINE, “... «land use» corresponde à descrição sócio-económica de áreas (dimensão funcional): áreas usadas para fins residenciais, industriais ou comerciais, para a agricultura ou floresta, para recreação ou conservação, etc.”.

Existe portanto uma grande diferença entre uso do solo (assumindo que o conceito é semelhante a “land use”, conforme debatido anteriormente) e coberto. Segundo MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. (1994, p. 5), “Coberto [land cover] significa a categorização física, química ou biológica da superfície terrestre, e.g. pradaria, floresta ou betão, enquanto uso do solo [land use] se refere aos objectivos humanos que estão associados a esse coberto, e.g. criar gado, recreação, ou vivência urbana [...] Um uso do solo pode corresponder a um só coberto: por exemplo pastoreio em pastos naturais. [...]

Por outro lado, uma única classe de cobertos pode possuir vários usos (floresta usada para uma combinação de exploração florestal, agricultura de queimada, caça e recolção, recolha de lenha, recreação, conservação de vida selvagem e protecção do solo) e um único sistema de uso pode envolver a manutenção de vários cobertos distintos (como nalguns sistemas agrícolas que combinam terrenos cultivados, floresta, pastagens melhoradas e aglomerados). A mudança de uso do solo pode gerar mudança do coberto, mas o coberto pode mudar mesmo que o uso do solo se mantenha”.

Existem de facto ligações entre coberto e uso do solo, mas como referido em EEA (1994, “CORINE Land Cover Technical Guide”), “... as situações são por vezes complicadas e a ligação não é tão evidente. Ao contrário do coberto, o uso do solo é difícil de «observar». [...] As distinções entre coberto e uso do solo e a sua definição têm impacto no desenvolvimento de sistemas de classificação, recolha de dados e sistemas de informação em geral”. De acordo com o ITC, “... os dados da Teledeteção, e.g. fotografias aéreas ou imagens de satélite, podem ser correlacionadas com o coberto e utilizados para o cartografar. O uso do solo, por seu turno, pode ser relacionado com o coberto existente, por forma a cartografar o uso do solo com o coberto como passo intermédio”.

Tendo já assumido a utilização e definição do conteúdo dos conceitos coberto e uso do solo, podem-se transpor os problemas de indefinição, confusão e sobreposição destes conceitos para cobertos e usos potencialmente presentes na área de estudo. Começando pelo exemplo do mato enquanto coberto, os seus usos podem ser múltiplos: nenhum uso humano específico, coutada (área de importância para a caça), pastagem para gado, utilização para apicultura ou protecção para efeitos de conservação da natureza. Como tal, dificilmente é aceitável considerar mato como um uso do solo, pois pode não ter nenhum ou ter vários.

Outro caso diz respeito ao coberto herbáceo. Pode ser um campo abandonado (sem uso) ou um pousio (com um uso no contexto da rotação cereal – pousio), mas sendo um pousio pode constituir uma pastagem ou não. Ou seja, nesse caso, o próprio uso primário (pousio) pode ter pelo menos dois usos: estritamente pousio de terras agrícolas e/ou pastagem em terrenos em situação de pousio. Compreende-se que é delicado classificar qualquer coberto herbáceo como pousio, pois pode não o ser e pode, além disso, ter dois usos distintos, em simultâneo ou não.

Outro exemplo do mesmo tipo é representado pelo solo a nu: tanto pode ser um terreno lavrado (uso agrícola), um terreno cuja vegetação foi removida para reflorestação (uso florestal), uma área de expansão urbana (uso urbano) ou uma área muito degradada onde o coberto herbáceo não se consegue desenvolver (sem uso aparente). Também neste caso, atribuir um uso ao solo a nu é difícil e relativo.

Em termos da indefinição oposta, um uso possuir vários cobertos possíveis, a situação ainda se complica mais. No caso das actividades agrícolas, nesta área elas podem comportar: cultura de cereais de sequeiro, criação de gado (pastagens naturais, melhoradas ou cultivadas), apicultura em áreas de mato, exploração do montado (lenha, criação de gado, cereais), olivais, charcas para o gado, etc. Logo, existe um tipo de uso que recorre a uma série de cobertos distintos, o que amplifica e torna mais complexo o estabelecimento de relações directas entre cobertos e usos.

Assim, ao longo do trabalho optar-se-á pela designação mista “coberto – uso”, na medida em que dessa forma se evita o estabelecimento de relações entre os cobertos e os seus usos, sempre difícil, não obrigatoriamente directa e, sobretudo, dificilmente observável através do tratamento e classificação de imagens de satélite, onde são observáveis objectos e cobertos com características físicas determinadas e determináveis.

Nalguns casos o uso dos cobertos pode-se perspectivar, mas nunca com um grau de certeza absoluta. Se, ao invés, se utilizasse estritamente o conceito de uso, nalguns casos não seria absolutamente claro quais os cobertos respectivos. Por último, como a designação “coberto vegetal” é mais utilizada do que somente “coberto”, passará a referir-se “coberto vegetal – uso do solo”.

Mas existem ainda alguns aspectos ligados ao uso do solo que convém abordar e sistematizar. O “utilizador” do solo tem um objectivo primordial: maximizar a “utilidade”. Esta utilidade é, segundo MATHER, A.S. (1986, p. 33) : “A propriedade em qualquer objecto, através da qual há tendência a produzir benefício, vantagem, prazer, bem ou felicidade [...] para a parte cujo interesse é considerado”. No contexto de uso do solo, aparece assim um conceito mais vasto de solo, como recurso passível de um uso, cujo objectivo é maximizar a (sua) utilidade.

Neste contexto, segundo MATHER, A.S. (1986, p. 2), o solo tem dois sentidos: “é, por um lado, uma forma de propriedade que pode ser transaccionada, embora simultaneamente seja muito mais que uma propriedade privada, sendo a sua posse mais que uma questão determinada pelo mercado; noutro sentido, o solo é uma forma de propriedade comum, tanto no sentido de passagem através das gerações, como por extensão, no sentido mais vasto de que a comunidade tem interesse nele. É deste contraste de perspectivas que advêm muitos dos conflitos entre o interesse privado e o interesse público”.

Segundo MATHER, A.S. (1986, p. 6) a terra (land) possui um certo número de aspectos e atributos: a sua natureza física e biológica e a sua produtividade em termos ecológicos, como espaço vital para instalação de “coisas” e como Paisagem. Estes aspectos não são mutuamente exclusivos: o uso do solo como ecossistema está localizado no espaço e tem dimensões físicas concretas; o uso do solo como espaço e como ecossistema tem consequências definidas no uso do solo como Paisagem. Consequentemente, o uso pode proceder segundo três critérios, que interagem e não são, assim, compartimentados.

Uso do Solo como Ecossistema

O Homem vai procurar manipular os processos ecológicos, por forma a maximizar o potencial ecológico e os fluxos de energia, orientando-os para plantas ou animais percebidos como valiosos ou úteis para si (comida, roupa, lenha, etc.). A intervenção dá-se a nível de uma gestão do ecossistema, removendo os componentes considerados como pontos de fuga de energia inúteis, e promovendo ou apoiando os componentes positivos. Ao fazer isto, quase invariavelmente procede a uma simplificação do ecossistema.

No ecossistema natural há um ciclo, quase fechado, de nutrientes e produtos bioquímicos. No manipulado não há o retorno total, a produção é retirada do sistema, a produtividade primária bruta diminui muito. Nesse sentido, a única forma possível de reequilibrar o sistema, é recorrer a inputs artificiais, como os fertilizantes. Com as mudanças tecnológicas na agricultura, vai-se reavaliando quais as áreas que podem ser rentavelmente usadas como ecossistema, no fundo “os recursos só existem graças às técnicas que permitem explorá-los” (BLANC-PAMERD, C. ; RAISON, J.P. (1986, p. 138)).

Uso do Solo como Espaço

Este uso faz sobretudo apelo ao conceito de extensão, enquanto o uso como ecossistema implica uma noção de fluxo, as colheitas são tiradas da mesma área ano após ano, existem uma série de inputs e outputs no e do sistema, canais de circulação e trocas dentro dele. No conceito de uso do solo como espaço entram as noções de dimensão, finito e limitado e, desta forma, pode haver consumo material do solo. Este tipo de uso é requerido para a instalação de edifícios, estradas, barragens (cujas albufeiras vão ocupar enormes quantidades de solo como espaço), ou para explorações mineiras, embora neste caso se maximizem recursos subjacentes ao solo.

Uso do Solo como Paisagem

Este uso implica valores estéticos, utilização não material e o conceito de Paisagem enquanto recurso ambiental. As preocupações paisagísticas, embora não tão recentes quanto isso, devem-se na sua intensidade actual à crescente consciencialização do estado de degradação do Meio, da interdependência Homem-Meio, e são resultado do consumo excessivo de solo como espaço para implantação de actividades não naturais. O uso do solo como ecossistema tem *a priori* duas consequências: largas áreas ficam sujeitas a usos agrícolas, de valor paisagístico mais ou menos significativo, mas que são claramente artificiais na medida em que se contrapõem a um sistema natural; além disso representam também consumo de solo como espaço.

No pólo oposto, a crescente preocupação com questões ambientais, ligadas à noção do solo como património comum dum país, enquanto sustentáculo de espécies vegetais e animais que urge proteger, tem tido como consequência a tentativa de classificação de vastas áreas de vegetação semi-natural. Na sequência do uso do solo como Paisagem, para efeito de protecção e conservação, foi criado o Parque natural do vale do Guadiana (que será posteriormente referido), estando também identificados vários Biótopos Corine e Áreas da Rede Natura 2000.

2. Mecanismos de Mudança

Existem dois tipos essenciais de mudança do coberto: conversão e modificação. Segundo SKOLE, D.L. (1994, p.438), “Conversão do coberto [land cover] envolve uma mudança de um tipo para outro. Modificação do coberto envolve alterações da estrutura ou funcionamento sem uma mudança global de um tipo para outro; pode envolver mudanças na produtividade, biomassa ou fenologia”. “As mudanças de coberto são resultado de processos naturais, como as variações climáticas, erupções, mudanças nos leitos dos rios, alterações do nível do mar, etc.” (BRIASSOULIS, H. (2000, p. 9)). Mas a maioria das modificações de coberto, no presente e passado recente, resultam da actividade humana.

MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. (1996, p. 238) sugerem que “O uso do solo (tanto deliberadamente como inadvertidamente) altera o coberto de três formas: convertendo o coberto ou mudando-o para um estado qualitativamente diferente; modificando-o, ou alterando quantitativamente a sua condição

sem uma conversão total; e mantendo-o na sua condição, contra os agentes naturais de mudança”. Também as mudanças de uso do solo podem envolver conversão de um tipo para outro (mudanças na mistura e padrão de usos numa área), ou modificação de um certo tipo de uso (que pode envolver mudanças na densidade desse uso ou alterações nas suas características). Em termos de uso do solo agrícola, JONES, A.; CLARK, J. (1997, pp. 26-27) referem uma tipologia qualitativa de mudanças de uso: intensificação, extensificação, marginalização e abandono.

Existem dois grandes conjuntos de agentes de mudança, os biofísicos e os sócio-económicos. “Os biofísicos incluem características e processos do ambiente natural: variações do tempo e clima, formas de relevo, topografia e processos geomorfológicos. Os sócio-económicos compreendem factores e processos demográficos, sociais, económicos, políticos e institucionais, como a população e mudanças na população, estrutura industrial e sua mudança, tecnologia e mudanças tecnológicas, a família, o mercado, vários corpos do sector público suas políticas e regras, valores, organização e normas da comunidade e regime de propriedade [...] É importante notar que os agentes biofísicos não causam mudanças de uso do solo directamente. Causam, sobretudo, mudanças no coberto que, por seu turno, podem influenciar as decisões de uso do solo dos proprietários – gestores” (BRIASSOULIS, H. (2000, p. 10)).

Representando esquematicamente a forma pela qual as necessidades e desejos humanos se traduzem à escala global em mudanças de coberto e uso do solo (Figura 1.1), pode-se observar que existem três grandes conjuntos de mecanismos que se devem conhecer: sociais, sistemas de decisão e aspectos biogeoquímicos, que actuam e interagem a três escalas distintas: global, regional e local. Passando a analisar módulo a módulo, do local para o global e da esquerda para a direita:

- Módulo das aspirações humanas – As necessidades e desejos são modificados pela geografia e cultura da área, podendo-se agrupar em seis categorias básicas: alimentação, abrigo, prestígio, segurança, recreação e satisfação espiritual;
- Módulo da população – Inclui a dimensão, distribuição, composição e fluxos da população, sendo estes factores vitais para compreender os impactos sociais e ambientais cumulativos das decisões efectuadas a uma escala “micro”;
- Módulo do sistema de “micro – decisão” - É neste módulo que são efectuadas as decisões mais básicas, que directa ou indirectamente afectam as mudanças de coberto – uso do solo. O sub-módulo de consumo inclui aspectos ligados aos objectivos e valores, rendimento e tecnologia; o sub-módulo de produção inclui capital, mão de obra, matéria prima. Numa agricultura de subsistência as unidades de consumo e produção são basicamente as mesmas, numa sociedade desenvolvida as unidades podem estar em diferentes continentes;

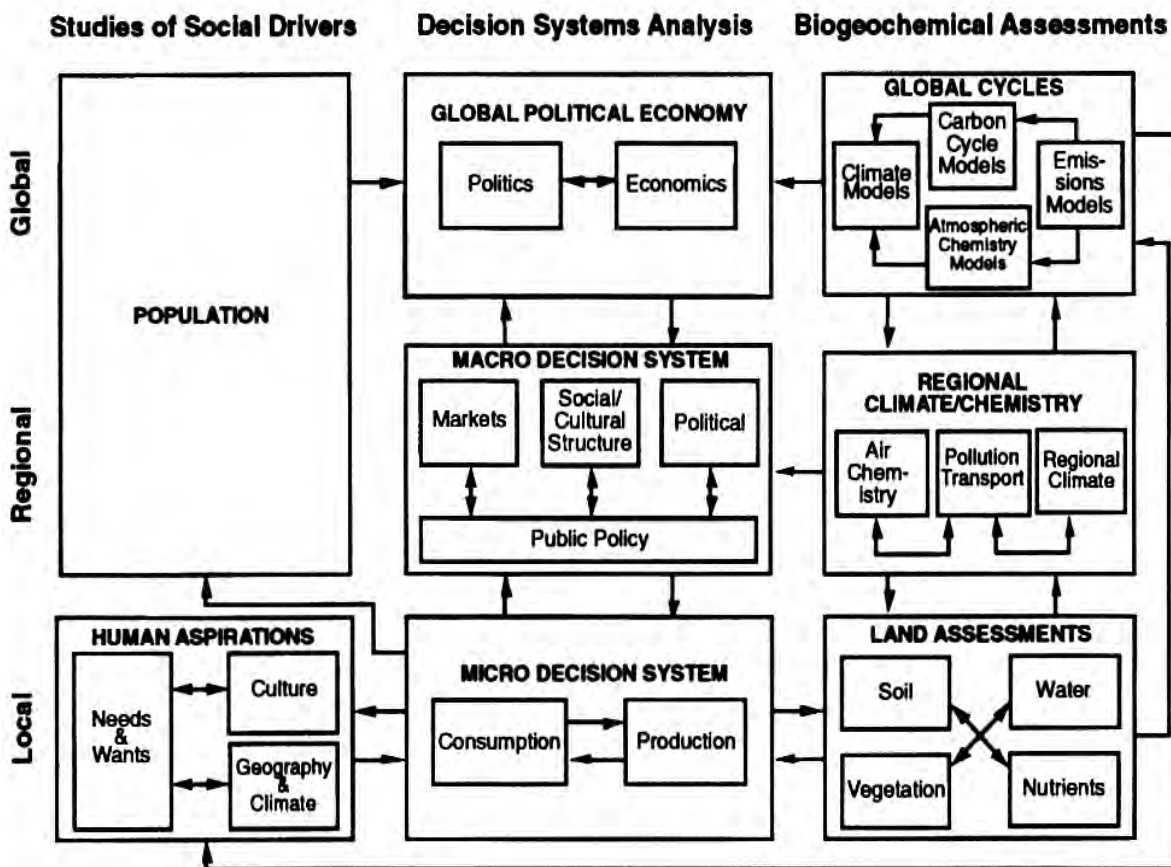


Figura 1.1 – Diagrama dos mecanismos de controlo e sua interacção, que comandam as mudanças de coberto – uso do solo (RAYNER, S. *et al* (1994, p. 15)).

- Módulo de “macro – decisão” – Nível seguinte, a nível local e regional, em que a tomada de decisões molda a mudança de coberto – uso. Este módulo descreve duas funções básicas: a coordenação de acções das unidades de tomada de decisão a um nível mais baixo e a comunicação com outras unidades de tomada de decisão à mesma escala através de mecanismos de coordenação à escala global. Cada um dos quatro sub-módulos diz respeito a um “plano” no qual as interações humanas produzem decisões a um nível macro: mercados (plano económico), instituições políticas (plano político), estruturas e instituições sociais e culturais (plano social) e política pública (o resultado da interacção entre os outros planos). Essencialmente, cada um representa um mecanismo social diferente para agregar as aspirações dos agentes locais, incluídos no módulo de “micro – decisão”;
- Módulo da política económica global – Raramente existem impactos directos, esse impacto é mediado pelas acções da tomada de decisão sub-global, a nível nacional, regional ou local. Este módulo está dividido em dois sub-módulos: sistema político global e economia global, que estão intrinsecamente ligados porque os padrões de autoridade internacional moldam as decisões económicas, sobretudo as decisões que dizem respeito a transferências internacionais de bens e produtos. O sub-módulo do sistema político diz respeito às actividades dos países soberanos, as suas relações formais através de tratados e o padrão cambiante das suas alianças informais, bem

como a estrutura e funcionamento das organizações internacionais e supra-nacionais (ONU). O sub-módulo do sistema económico diz respeito aos fluxos de bens, produtos, serviços e capitais a nível global, particularmente no contexto de acordos económicos e de comércio, tais como o GATT (General Agreement on Trade and Tariffs), à luz da importância crescente de associações regionais de livre comércio (U.E. – União Europeia, NAFTA – North American Free Trade Association);

- Módulo da avaliação da terra – Campos do conhecimento necessários para determinar a disponibilidade e adequação da “terra” para usos alternativos, a sua produtividade, a sustentabilidade desses usos e o seu impacto noutros recursos ambientais. Existem quatro sub-módulos: solo, água, nutrientes e vegetação, que estão interligados por interações *in situ*, mas também pela importação e exportação de bens e serviços;
- Módulo de clima regional e química atmosférica – Resulta da circulação geral da Atmosfera e da química e transporte de poluentes atmosféricos que emanam ou têm impacto sobre o uso que é feito da “terra”;
- Módulo dos ciclos globais – Vários sub-módulos – emissões, ciclo do carbono, química atmosférica e clima – que permitem compreender a mudança climática, seus impactos e o impacto das mudanças de coberto – uso no clima global (Global Change).

Os aspectos principais que resultam deste diagrama são vários, por um lado a acção humana está no centro, as tomadas de decisão operam hierarquicamente a vários níveis; por outro lado as mudanças de coberto – uso são causadas por uma complexa e intrincada rede de motivos, mecanismos e agentes, mas essas mudanças modificam local, regional e globalmente o clima e vários ciclos globais. Assim, além de existirem mecanismos claros de mudança do coberto – uso do solo existem também impactos significativos, o que revela também a complexidade dos processos e a diversidade das consequências.

3. Impacto das Mudanças

Os impactos das mudanças de coberto – uso do solo podem ser categorizados em ambientais e sócio-económicos (BRIASSOULIS, H. (2000, p. 11)). Em termos do impacto ambiental, MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. (1996, p. 237) referem que, “as mudanças de coberto e uso do solo são uma adição relativamente nova às preocupações centrais da pesquisa das mudanças ambientais globais [global environmental change]. A sua incorporação plena foi atrasada pela visão limitada daquilo que podia ser considerado como mudança global, restringindo-o aos processos que ocorrem nos sistemas fluidos de mudança global: a Atmosfera, os oceanos, o clima. Os impactos humanos neste «reino» têm sido referidos como formas sistémicas de mudança global; são incontestavelmente globais no sentido em

que uma mudança num ponto pode afectar o sistema inteiro, tendo repercussões físicas directas no outro lado do globo. [...]

Os exemplos clássicos são a destruição do ozono estratosférico, a mudança climática global através de um efeito de estufa intensificado, a subida eustática do nível do mar como uma consequência da mudança climática global”. Os autores apontam que, mesmo no sentido estreito de mudança global, os impactos das mudanças de coberto – uso do solo podem ser globais na natureza, pois: (1) muitos usos do solo (e.g. agricultura, criação de gado e exploração florestal) libertam quantidades substanciais de gases que podem produzir mudanças climáticas globais e, (2) é necessária uma profunda e extensa compreensão dos sistemas de coberto – uso do solo afectados para avaliar os impactos ambientais e outros resultantes de muitos fenómenos globais.

MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. (1996, pp. 237-238) também referem que os impactos das mudanças de coberto – uso do solo “são básicos para outra classe de mudanças ambientais, que pode ser considerada global no seu alcance, e que se podem denominar globalmente cumulativas. Embora não relacionadas fisicamente por um sistema a operar à escala global, estas mudanças podem atingir um estado e escala global quando a sua ocorrência em muitos locais se soma. [...] Fenómenos ambientais de grande escala como a degradação, a desertificação, a perda de biodiversidade, a destruição de habitats e transferência de espécies fazem parte de uma mesma categoria, pois todos são causados por mudanças do uso do solo”.

À escala regional, segundo BRIASSOULIS, H. (2000, pp. 12-13), “os impactos das mudanças de uso do solo são igualmente conhecidos e estão largamente identificados. A eutrofização de massas de água, a acidificação de ecossistemas aquáticos e terrestres, as cheias, a poluição do solo por nitratos, a degradação e desertificação, a poluição dos aquíferos, a poluição marinha e costeira e muitas outras são alterações ambientais que resultam directa ou indirectamente de mudanças de uso do solo. [...] Em termos locais estas mudanças incluem erosão do solo, sedimentação, contaminação e salinização do solo e aquíferos, extinção de espécies indígenas, etc. A importância destes impactos não se restringe à área local de interesse, pois são frequentemente cumulativos e resultam de decisões de muitos proprietários”.

Em termos de impacto sócio-económico, à escala global, as mudanças de uso do solo implicam problemas de disponibilidade de alimento, falta de água, deslocação de populações e problemas de segurança e vulnerabilidade a catástrofes naturais e tecnológicas (SMITH, K. (1992)). Mas é importante referir que nem sempre as mudanças de uso do solo são negativas, segundo BRIASSOULIS, H. (2000, p. 14), “...primeiro, se um impacto é positivo ou negativo depende da escala espacial e temporal em questão. Segundo, as forças humanas de mitigação, tais como os regulamentos e políticas ambientais e sociais, projectos de recuperação da «terra» e outras acções similares podem impedir as influências negativas da acção humana, podendo assim mitigar senão eliminar, as consequências indesejáveis das mudanças de uso do solo”.

Sistematizando a abordagem, em termos dos processos pelos quais as mudanças de coberto – uso do solo criam impactos vários, deve-se sobretudo ter noção da importância dessas mudanças no contexto dos ciclos biogeoquímicos (Figura 1.2). O uso do solo é de facto o meio mais importante de impacto da actividade humana (excluindo as questões directamente ligadas à Atmosfera), agindo também indirectamente sobre o solo, que vai constituir a interface entre o Meio e as actividades humanas.

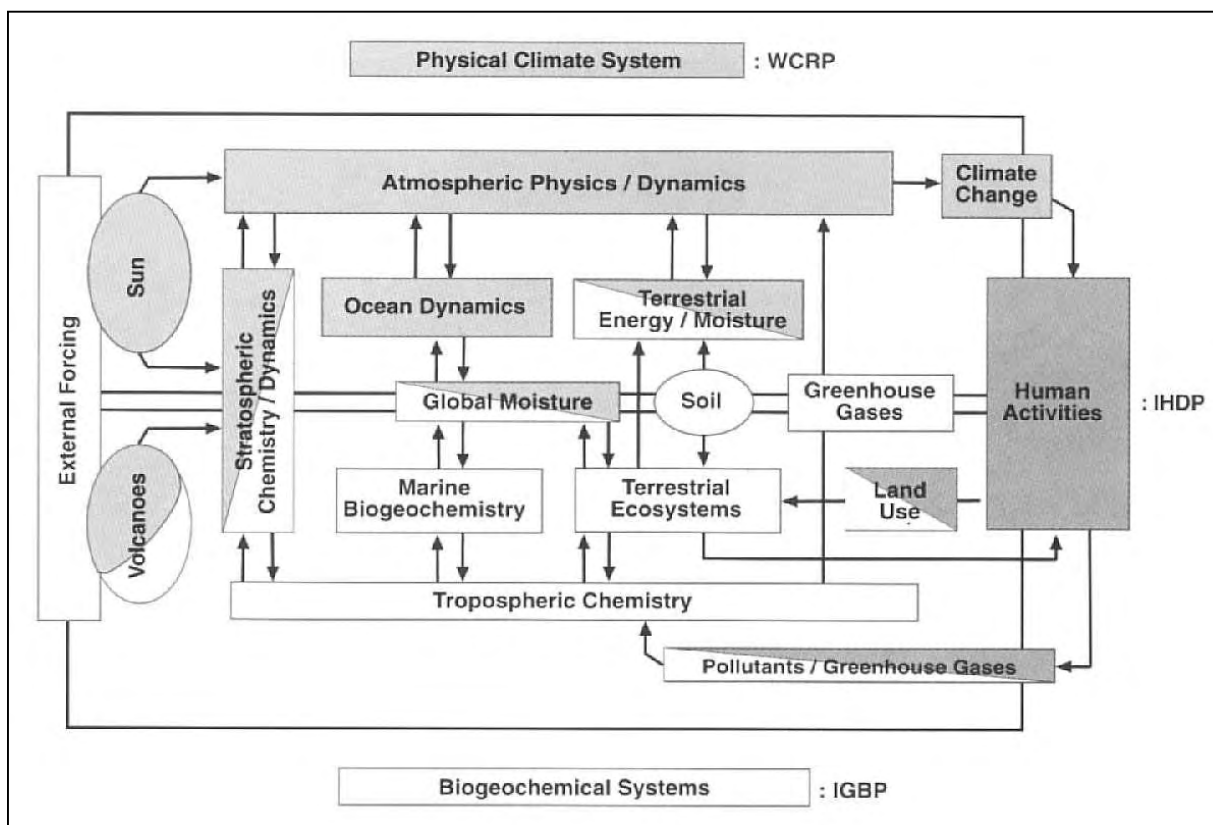


Figura 1.2 – Ciclos biogeoquímicos NRC (1997, pp. 25)

Por outro lado, a acção humana a nível da vegetação tem também uma série de impactos (Figura 1.3), que actuam indirectamente sobre as formas de relevo, o clima, o solo, a água e a fauna. Assumindo-se que a esmagadora maioria das mudanças de uso do solo em virtude de actividades humanas implicam modificações do coberto vegetal, pode-se ter uma noção das ramificações do impacto, bem como da forma como esses impactos podem interagir. Claro está que também a acção directa ou indirecta sobre o solo vai condicionar a própria vegetação, implicando um padrão de impactos semelhantes.

Apresentou-se tão sinteticamente quanto possível a conceptualização relativa ao coberto e uso do solo, bem como a clarificação e justificação da escolha das denominações e conteúdos dos conceitos a utilizar, embora se tenha voluntariamente posto a tónica exclusivamente em questões ligadas a áreas não urbanas. Delinearam-se os principais mecanismos de mudança, os seus tipos e complexa rede de sistemas que comandam as decisões que levam a mudanças de uso do solo, bem como as repercussões que essas mudanças têm nesse sistema.

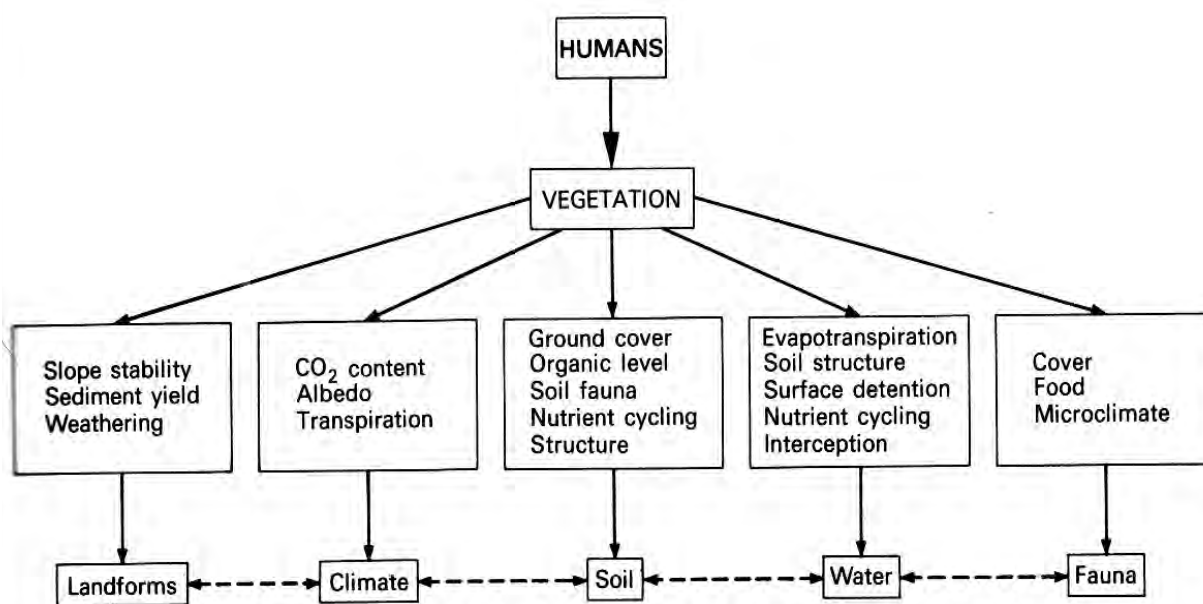


Figura 1.3 – Alguns aspectos das modificações da vegetação induzidas pela actividade humana (GOUDIE, A. (1988, p. 25))

Por último, apresentou-se a tipificação dos impactos das mudanças de uso do solo, sobretudo num contexto global, por forma a realçar a sua relevância e importância. Poder-se-ia aprofundar substancialmente as questões ligadas às mudanças globais, mas sairiam do contexto e escala de análise deste trabalho, embora seja essencial referi-las e ter bem presente a sua importância e interesse actual, sobretudo no seguimento da Conferência do Rio em 1992, estabelecimento da Agenda 21 e Protocolo de Quioto.

4. Grandes Etapas de Evolução do Uso do Solo no Concelho de Mértola

Após a apresentação dos mecanismos de mudança do uso do solo importa, para encerrar este ponto, apresentar muito sinteticamente os grandes períodos e razões que, no Concelho de Mértola, constituem pontos de mudança estruturais do uso do solo. A informação histórica relativa ao uso do solo foi aprofundada em CASIMIRO, P.C. (1993) e ROXO, M.J. (1994), tendo sido bastante sintetizada em ROXO, M.J.; CASIMIRO, P.C.; MOURÃO, J. (1997). Apresenta-se um excerto sintético, actualizado, de ROXO, M.J.; CASIMIRO, P.C. (1999, pp. 18-24).

Recorrendo à foto-interpretação e à classificação digital de imagens de satélite, bem como ao uso de cartografia antiga posteriormente digitalizada, foi possível traçar a evolução do uso do solo no Concelho de Mértola entre 1897-1900, 1950-60 e 1985 (Quadro 1.1).

Uso do solo (% da área do Concelho)	1900	1950	1985
Pomares e Hortas	0.09	0.08	-
Cereais	20.09	-	8.00
Pousio – Pastagem	42.86	-	34.0
Campos Lavrados	-	-	11.3
(Pousio /Pastagem + Cereais + Lavrado)	62.95	89.60	53.30
Olivais	0.09	0.32	-
Montado	7.13	7.47	13.20
Charneca – Vegetação Natural	29.17	1.23	31.30
Afloramentos rochosos	0.57	1.07	1.10
Total	100.00 %	99.77 %	98.9 %

Quadro 1.1 – Evolução do uso do solo no Concelho de Mértola. Os valores inferiores a 100 % devem-se, para 1950 à exclusão de alguns usos com significado mínimo e, para 1985, à exclusão de pixels não classificados na imagem de satélite. (CASIMIRO, P.C. (1993)).

A primeira avaliação quantitativa possível foi efectuada com base em minutas de campo inéditas da Carta Agrícola de 1897. No final do Século XIX somente 30 por cento da área do Concelho estava coberta com vegetação natural, o que implica que a agricultura cerealífera e o pastoreio eram já muito significativos.

A localização dos campos de cereais, contudo, era extremamente variada. Nos terrenos baldios Na Serra de Mértola, ocupavam o fundo dos vales, enquanto que no Sul do Concelho, independentemente do declive ou da posição na vertente, os campos agrícolas formavam um extenso contínuo. Em alguns casos os campos agrícolas desenvolviam-se até aos topos das principais elevações. Este facto indica que a degradação dos recursos naturais já tinha começado há muito, e de forma intensa, essencialmente através da destruição da vegetação “natural”, por expansão da agricultura para áreas de grande fragilidade ecológica.

A pesquisa de fontes históricas revelou que o processo de “colonização” da área correspondente ao Concelho de Mértola começou cedo, no Século XII, aquando da reconquista aos Árabes para Sul, com a doação de extensas propriedades a ordens religiosas para protecção e povoamento. A política de ermamento, então praticada para dificultar, em termos de provisões e abrigo, a permanência dos Árabes, bem como por questões de defesa (terreno limpo de obstáculos), e que consistia na destruição da vegetação pelo fogo, foi certamente um processo importante em termos de degradação ambiental.

No entanto, no Século XIII, com as cartas de Foral, foram estabelecidas normas de uso das terras comunais, que visavam a protecção da vegetação “natural”, com particular destaque para o montado e pastagens naturais devido à importância da criação de gado. Mas a história das diferentes fases de

ocupação e usufruto da terra revelam sempre uma estreita relação com o aumento da degradação da vegetação. Situações como a vinda dos Judeus fugidos de Espanha durante a Inquisição (Século XVII) para Portugal, que se fixaram nas áreas fronteiriças, o início da laboração da Mina de São Domingos (1859) e, mais tarde, a divisão dos terrenos baldios, são bons exemplos do aumento da pressão sobre os recursos naturais.

Assim, no início do Século XX, 63 % do Concelho já eram terras em produção, embora a produtividade fosse baixa e as características pouco favoráveis à cultura de cereais, devido às características do relevo e à fraca capacidade de uso do solo. As áreas de montado consistiam em árvores seleccionadas, que eram limpas do mato e evoluíam para produções naturais controladas, especialmente para alimentação das varas de porcos. Quase 30 % da área do Concelho era ainda vegetação “natural”, explorada de uma forma bastante extensiva, sobretudo para a criação de gado, produção de mel, caça e lenha.

Na sequência da Primeira Guerra Mundial, muitas nações compreenderam a importância da auto-suficiência, em termos de bens alimentares e outros produtos essenciais. Este facto veio reforçar a necessidade de um esforço, por parte do poder central, para se conseguir uma nunca antes atingida auto-suficiência em termos de cereais. A Campanha do Trigo, seguindo em grande parte o modelo de Mussolini da Bataglia del Grano, levou a que quase todas as áreas de vegetação “natural” restantes (terrenos baldios) fossem transformados em campos de cereais.

A maior parte do Baixo-Alentejo Interior foi transformado numa área de monocultura cerealífera, sem árvores, com algumas manchas de montado e resíduos de mato nas vertentes mais abruptas dos vales do rio Guadiana e afluentes. A Campanha do Trigo só veio continuar e reforçar o arroteamento e ocupação de áreas marginais, uma vez que o apoio do Estado aos agricultores se revelou eficaz, através de subsídios para a semente, adubos, maquinaria e seguros de colheita.

Esta política de incentivo à produção de cereais foi acompanhada de um autêntico processo de colonização, daí a entidade responsável ser a Junta de Colonização Interna. Em consequência, em 1950, 90 % da área do Concelho eram terras agrícolas, restando somente 10 % de vegetação natural, facto a que não estava alheio o progresso da mecanização. Nesta altura já havia um claro conhecimento e consciência do ponto e extensão a que a degradação dos solos tinha chegado, daí que no final da década tenha sido instalado na Serra de Mértola o Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso (Herdade de Vale Formoso). A verdade é que, em muitas áreas o solo tornou-se improdutivo, apesar da utilização cada vez mais comum de fertilizantes químicos.

Factores como a Guerra Colonial e o isolamento de Portugal em termos de trocas comerciais, dada a natureza autárquica do regime e a industrialização tardia no final da década de 50 início da década de 60, implicaram a desistência do modelo de agricultura como sector económico nacional principal, e estiveram na origem de grandes movimentos migratórios, para as grandes cidades (subúrbios

industriais de Lisboa, na margem Sul), bem como para o estrangeiro (França, Alemanha), o que conduziu ao abandono dos campos e ao despovoamento.

Na década de 80, depois de ter falhado a Reforma Agrária subsequente à Revolução de Abril de 1974 – onde foi tentado o modelo colectivista de apropriação da terra – a emergência do sector terciário na economia, o livre comércio e o desenvolvimento que se iniciava no país foram o golpe final numa agricultura de cereais decadente, em áreas marginais pobres e extremamente degradadas.

Com a adesão à Comunidade Económica Europeia, em 1986, este facto tornou-se ainda mais claro, pois os custos de produção do trigo eram três a quatro vezes maiores que nos países do Norte da Europa, que têm condições edafo-climática francamente melhores e atingem produções muito maiores. Além disso, o espírito de economia aberta e a livre circulação de bens tornavam a produção ainda menos competitiva, produção essa que sempre tinha sido subsidiada mas num modelo e lógica e auto-suficiência que deixara, entretanto, de fazer sentido.

O despovoamento acentua-se, uma vez que a população continuou a decrescer; para isso contribuiu também o encerramento definitivo da Mina de São Domingos em 1968 (Quadro 1.2). Em 1991 viviam no Concelho de Mértola menos pessoas que em 1796. Quanto ao uso do solo, as áreas de vegetação “natural” recuperaram para 32 % da área do Concelho, contra somente 53.3 % de terras agrícolas que, por outro lado, apresentam uma proporção significativamente maior de terras em pousio, usados sobretudo com pastagens. A vegetação “natural” expandiu-se a partir dos vales mais encaixados e com vertentes mais declivosas, onde foi subsistindo, decalcando a rede hidrográfica mais importante, bem como a partir dos topos das principais elevações. Em muitos casos, as manchas de montado fazem a transição entre áreas de vegetação “natural” densa e áreas de pousio – pastagem, funcionando como uma frente de colonização e recuperação.

Até há pouco tempo, a tendência tem sido para o abandono da agricultura mais intensiva, sendo crescente o número de campos em pousio – pastagem, claramente indicativos duma agricultura mais extensiva ou abandono puro e simples da agricultura. Este processo de recuperação da vegetação “natural” no seguimento de práticas agrícolas mais extensivas, do abandono e das reservas de caça, representa um lento mas importante processo de recuperação ambiental.

O peso das actividades ligadas à caça no Concelho (57 % do Concelho é sobretudo vegetação semi-natural) têm vindo a assumir relevância crescente em termos de áreas afectas a reservas de caça tanto associativas como turísticas; já o retorno financeiro e o seu impacto sócio-económico deixam mais dúvidas. Em 2001, segundo Direcção Geral de Florestas (2001), 66.4 % do Concelho de Mértola eram zonas de caça, excluindo as zonas de caça Municipal que estão em criação.

População	1798	1864	1900	1911	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981	1991	2001
Mértola	10288	15178	18910	22309	20526	26310	28848	28827	26026	14385	11693	9805	8714

Evolução (%)	1864	1900	1911	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981	1991	2001
Total	47.5	24.6	18.0	-8.0	28.2	9.6	-0.1	-9.7	-44.7	-18.7	-16.1	-11.1

Quadro 1.2 – Evolução da população no Concelho de Mértola, 1798 – 2001. (CASIMIRO, P.C. (1993), RODRIGUES, L. (1998), INE (2001)).

Mais recentemente, quando tudo indicava um movimento lento, mas decidido, em direcção ao crescente “set-aside”, bem como a uma clara recuperação da vegetação por interesses ligados à caça, recomeçou uma enorme onda de arroteias. A razão deveu-se, mais uma vez, a políticas agrícolas centrais que, neste caso a reforma da Política Agrícola Comum (PAC) que, ao definir o fim da comparticipação aos cereais em 2002, incentivou os agricultores a tentar a todo o custo aproveitar estes últimos subsídios.

A situação actual representa, de certa forma, um sério retrocesso em termos de recuperação do ecossistema por via do abandono da terra. A PAC da União Europeia e os seus subsídios às colheitas, criação de gado e à reflorestação, ou melhor, a forma como os agricultores utilizam estes benefícios, é o motor de rápidas e muito significativas mudanças de uso do solo.

A tendência actual, no Concelho de Mértola, aponta para um aumento das áreas arroteadas de solo a nu, diminuição do coberto vegetal “natural” e introdução de espécies arbóreas como o pinheiro manso, que se encontram desajustados em termos de solo e clima, situações que continuam a contribuir para a degradação do recursos naturais. Até certo ponto o resultado da aplicação dos subsídios tem tido, nesta área do país, um efeito perverso, reflectindo na prática o oposto à filosofia que lhe está subjacente: “set aside”, conservação, floresta, práticas adequadas e agricultura sustentável.

O significado deste novo surto de degradação é, não obstante, francamente maior que no passado. Lavra-se em maior profundidade, sobretudo graças ao aumento de tracção e potência dos tractores, o uso de fertilizantes é comum e em quantidade, pois os agricultores acreditam que o seu uso contrariará a baixa produtividade nas áreas degradadas pela prática continuada de cereais de sequeiro.

Capitulo II

Teledetecção

A humanidade deve elevar-se por sobre a Terra
até ao tecto da Atmosfera e mais além,
porque somente isso nos permitirá
entender o mundo em que vivemos.

Sócrates

1. Enquadramento

1.1 Definição

Existem várias definições introdutórias e generalistas de Teledetecção, algumas das quais são as seguintes:

- “Teledetecção pode ser definida como a Ciência da observação à distância. Logo contrasta com a detecção *in situ*, na qual os instrumentos de medição estão ou imersos em, ou pelo menos tocam o(s) objectos a observar e medir” (BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 6));
- “Teledetecção é a obtenção de dados físicos dum objecto sem entrar em contacto com ele” (LINTZ, J.; SIMONET, D.S. (1976, p. 1) *cit* CAMPBELL, J.B. (1996, p. 4));
- “O termo Teledetecção, no seu sentido mais largo, significa tão somente reconhecimento à distância” (COLWELL, R.N. (1996, p.71) *cit* CAMPBELL, J.B. (1996, p. 4));
- “Teledetecção pode se considerada a observação, ou recolha de informação, acerca de um «alvo» por um dispositivo separado dele por alguma distância” (CRACKNELL, A.P.; HAYES, A.W.B. (1993, p. 1)).

Detalhando um pouco mais, em termos de conceito:

- “Teledetecção define-se como a Ciência de adquirir, processar e interpretar imagens e dados relacionados, obtidos de aviões e satélites, que registam a interacção entre matéria e radiação electromagnética” (SABINS, F.F. (1996, p. 1)).

Mas a melhor e mais completa definição de Teledetecção é a seguinte:

- “Conjunto dos conhecimentos e técnicas utilizadas para determinar as características físicas e biológicas de um objecto através de medições feitas à distância, sem contacto

material com o objecto. Meio de conhecer um objecto, ou um conjunto de objectos distribuídos espacialmente em função:

- o De um ou vários sinais electromagnéticos numa ou várias bandas do comprimento de onda;
 - o Da evolução do sinal electromagnético do objecto no tempo;
 - o Da repartição de um objecto no espaço geográfico (Chorologia);
 - o Das ligações temporais do objecto com os outros objectos de natureza diferenciada que o rodeiam ou que lhe são conexos.
- A Teledetecção aplicada é, portanto, o conjunto de conhecimentos e técnicas necessários para interpretar diversos objectos através do seu comportamento espectral e distribuições espaciais recorrendo a medições de características específicas feitas à distância” (GIRARD, M.C.; GIRARD C.M. (1989, p. 1)).

Nesta definição, cujo conteúdo e postura se aproxima mais da abordagem que se pretende levar a cabo neste trabalho, são introduzidos vários aspectos essenciais: a distribuição espacial dos objectos, a sua evolução temporal em termos de radiação electromagnética e a sua “relação” com os objectos adjacentes. Neste ponto importa separar dois aspectos francamente distintos: os recursos e os objectos da Teledetecção.

1.2 Recursos e Objectos

	Recursos	Objectos
Aparelhos	Captores Vectores	Comprimento de onda Altitude Escala Data de registo
Tratamentos	Olho humano Do sinal Restituição Dos dados Computador	Abordagem sistémica e globalista Geometria Informação elaborada
Temas		Conhecimento do objecto Distribuição no espaço Comportamento no tempo

Quadro 2.1 – Recursos e objectos da Teledetecção, adaptado e sintetizado de GIRARD, M.C.; GIRARD C.M. (1989, p. 3).

A análise deste Quadro introduz uma separação de aspectos da Teledetecção e hierarquização dos objectos inerentes aos vários recursos. Existem aparelhos, os vectores (aviões, balões, satélites), que

permitem através dos captadores (sensores vários) fazer a “detecção” de objectos ². O comprimento de onda em que essa “detecção” é feita, a altitude a que se realiza, a escala a que é registada e a data e/ou periodicidade desse registo são atributos dos vectores.

Outro aspecto, que requer naturalmente outros meios técnicos, é o tratamento feito ao sinal e dados que foram “adquiridos” ³. Este tratamento pode ser visual (analógico) ou levado a cabo por um computador com software específico (digital); é basicamente um processo de identificação, sobretudo de formas. Este acaba por ser um passo, obrigatório, entre a obtenção dos dados e a sua interpretação.

O passo seguinte, através da interpretação, é de cariz temático, pressupõe o conhecimento prévio do objecto (forma, textura, tom), da sua distribuição no espaço (posição, densidade, relações de vizinhança) e do seu comportamento no tempo. Este último passo permite a criação de informação temática, cartográfica ou não, de um conjunto de objectos num dado espaço, detectados à distância.

Uma vez que a interpretação a partir de imagens, informação analógica ou digital, requer informação que ultrapassa a da informação fornecida pela Teledetecção, torna-se necessário ter conhecimentos claros dos seguintes aspectos (GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, p. 3)):

- Comprimentos de onda utilizados e qualidade geométrica das informações obtidas, logo dos captadores;
- Escala dos documentos e altitude de tomada de vista, logo dos vectores (que suportam os captadores);
- Data de tomada de vista e condições atmosféricas de transmissão ao captor do sinal que o objecto produz;
- Tratamentos do sinal que foram eventualmente feitos antes de se iniciar a análise do documento da Teledetecção.

Assim, torna-se necessário definir quais os vectores e captadores, bem como as suas características, por forma a adequar o documento da Teledetecção ao estudo a realizar. Neste caso:

- O fenómeno a estudar é o uso do solo em meio não urbano;
- Os objectos a identificar são terrenos agrícolas (sequeiro) e vegetação semi-natural, logo os comprimentos de onda dos captadores devem ser adequados por forma a maximizar a sua capacidade de discriminação das várias espécies vegetais;

² Neste caso, objectos no sentido mais amplo possível.

³ Por maior semelhança com as designações Francesa e Anglo-Saxónica, Acquisition.

- A escala dos documentos e sua adequação à área de estudo, tanto a nível da sua extensão como da dimensão dos objectos a identificar no terreno, portanto o captor deve permitir identificar uma unidade espacial mínima de determinada dimensão .

Antes de se passar a uma breve descrição dos vectores e captores, suas características e sua evolução, convém abordar as características da Teledetecção “natural”. Estas vão ser essenciais na escolha e adequação dos captores aos fenómenos a estudar, pois em Teledetecção a transferência de informação entre o objecto e o sensor é efectuada através de radiação electromagnética.

1.3 A Teledetecção “Natural” e as Suas Limitações

Todos os seres vivos utilizam os seus sentidos naturais para observar e explorar o Ambiente em que vivem. O olfacto, o paladar e o tacto permitem avaliar directamente qualidades ambientais, através das respostas neurofisiológicas aos gases, líquidos e sólidos com que têm contacto imediato. Os outros, visão e audição, podem proporcionar conhecimento de elementos distantes através dos padrões de propagação de energia associados a eles. A sensação, manifestada através da sensibilidade da pele ao calor, também permite avaliar algumas características de fenómenos distantes. Estas três percepções do comportamento de fontes de energia a alguma distância (visão, audição, sensação) podem ser consideradas formas naturais de Teledetecção (BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 19)).

Mas a que é, talvez, a mais importante forma de recolher informação sobre um objecto ou fenómeno com o qual não se tem contacto directo é a visão, tornada possível pelos olhos e cérebro. A energia visível, sob a forma de luz emitida ou reflectida por um objecto, é detectada pelas células sensíveis no olho (captor). O olho humano é sensível tanto à intensidade de luz recebida como à frequência desse fluxo de energia. Consequentemente pode diferenciar graus de brilho e uma variedade de tons de cor.

As imagens são processadas no cérebro e vividas como imagens visuais, podendo ser armazenadas, embora com sérias limitações de tempo e considerável perda de rigor e definição. O sistema de Teledetecção natural olho – cérebro está melhor adaptado à avaliação instantânea de padrões ambientais, função para a qual é primariamente utilizado (*Ibidem* p. 19). Faltam-lhe no entanto muitas capacidades potencialmente úteis (*Op. Cit.* p. 20):

- Capacidades mais largas e selectivas para detectar variações nas condições ambientais. Espectralmente o sistema olho – cérebro está limitado à região visível do espectro electromagnético;
- Capacidade de registar de uma forma mais completa e permanente os padrões que são detectados;
- Um melhor sistema de “recordar”, por forma a que os padrões observados em diferentes áreas / tempos pudessem ser comparados entre si com maior rigor e em maior detalhe;

- Capacidade de aceder ao passado a diversas velocidades se e quando necessário. Muitos fenómenos só se tornam mais perceptíveis se estudados por processos de aceleração de imagem ou, ao invés, em câmara lenta;
- Capacidade automática ou objectiva de analisar os dados, por forma a que as características subjectivas pessoais (psicológicas, educacionais, neurofisiológicas) possam ser minimizadas, permitindo comparações de maior confiança entre observações feitas por nós e pelos outros;
- Meios de realçar as imagens para revelar fenómenos de interesse especial.

Através do aparecimento e evolução da “Teledetecção do Ambiente artificialmente melhorada” (*Op. Cit.* p. 21), as limitações do sistema olho – cérebro foram largamente ultrapassadas. É possível observar objectos fora da região visível do espectro electromagnético, infravermelho em documentos analógicos (fotografia) e digitais e micro-ondas (radar) bem como raio X, embora neste caso não para Teledetecção ambiental, aquela que interessa no contexto deste trabalho. Seja em película fotográfica ou em formato digital, a capacidade de registo permanente (ou quase...), acesso e velocidade de acesso são também uma realidade. Por último, tornou-se também possível uma capacidade muito mais objectiva de analisar os dados bem como de realçar imagens, sobretudo se estas estiverem em formato digital.

1.4 Evolução

O desenvolvimento da Teledetecção ocorre por várias razões. Por um lado a evolução dos vectores, por outro a evolução dos captosres (sensores) e por último, mas não menos importante, pelo aumento espantoso das capacidades de tratamento digital de imagens graças à informática, tanto a nível do hardware como do software. Apresentam-se sinteticamente as principais etapas e marcos na história da Teledetecção, adaptado e sintetizado de BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, pp. 14-15), CAMBELL, J.B. (1996, p. 6) e CHUVIECO, E. (1996, pp. 27-34).

Antes de 1925 Período de aumento lento do estudo de fotografia aérea para elaboração de cartas topográficas. Reconhecimento aéreo durante a Primeira Guerra Mundial acelerou dramaticamente o processo.

1800 Descoberta do Infravermelho por Sir William Herschel

1839 Início da prática da fotografia

1847 O espectro infravermelho partilha propriedades com a luz visível, como foi demonstrado por A.H.L. Fizeau e J.B.L. Foucault

1859 Fotografia a partir de balões, Gaspar Félix de Tournachon

1873 Teoria da energia electromagnética desenvolvida por James Clerk Maxwell

1909 Fotografia a partir de aviões, Wilbur Wright

1915 Primeira câmara aérea, J.T.C. Moore-Brabazon

1914 – 1918 Primeira Guerra Mundial, reconhecimento aéreo

- 1925 – 1945** Uso generalizado de fotografia aérea em fotogrametria e elaboração de mapas.
Foto-Interpretação torna-se altamente desenvolvida para efeitos militares de reconhecimento e espionagem
Primeiras películas em Infravermelho, desenvolvidas pelos Kodak Research Laboratories
- 1930 – 1940 Desenvolvimento do radar na Alemanha, Estados Unidos da América e Inglaterra
- 1939 – 1945 Segunda Guerra Mundial: aplicações nas porções não visíveis do espectro electromagnético; formação e treino de especialistas em obtenção e interpretação de fotografia aérea
- 1945 – 1955** Período de desenvolvimento intenso de interpretação (subjectiva) e técnicas fotogramétricas (semi-objectiva). Período durante o qual geógrafos, cientistas de solos e geólogos desenvolveram muitos dos esquemas básicos de Foto-Interpretação e Foto-Análise.
Introdução do radar lateral aerotransportado (SLAR)
Sensores térmicos de varrimento
- 1955 – 1960** Pesquisa e desenvolvimento militar, Guerra Fria
Período de extensa utilização de fotografia aérea. Além de cartografia topográfica, os reconhecimentos aéreos tornaram-se largamente usados para planeamento regional, exploração geológica, inventários florestais, estudos agronómicos, análise de terreno, engenharia civil, cartografia de solos e outras tarefas associadas com mudanças espaciais e temporais na Paisagem.
- 1956 Pesquisa de Colwell sobre detecção de doenças com fotografia infravermelha
- 1957 Lançamento do satélite Sputnik
- 1960 – 1980** Período de rápido desenvolvimento de instrumentos de detecção e rápido estabelecimento de plataformas de satélite, levando aos primeiros sistemas de Teledetecção de satélite completamente operacionais. O primeiro satélite meteorológico, lançado em 1960, abriu caminho para um período de intensa actividade quando foram investigadas as suas potencialidades como plataformas de Teledetecção de balões, foguetes e especialmente satélites, usando não só fotografia convencional como também uma larga variedade de sensores.
- 1960 – 1970 Primeira utilização do termo Teledetecção
- 1960 Satélite meteorológico TIROS
- 1961 Primeiras fotografias espaciais tiradas por Alan Shepard a bordo da Mercury
- 1965 Missão Gemini – Titan, primeiras experiências formais de fotografia espacial, para usos geológicos e meteorológicos.
- 1970 – 1980 Rápidos progressos no processamento digital de imagem
- 1972 Lançamento do Landsat 1, série ERTS (Earth Resources Technology Satellite)

1973 Teledetecção a partir do espaço no Skylab

1975 Landsat 2

1978 Seasat

Satélite de investigação Térmica HCMM

1980 – 1995 Período durante o qual muitos países além do EUA e União Soviética (sobretudo a França, Índia, China e Japão) lançaram satélites de observação da Terra e iniciaram planos para programas relacionados com a Teledetecção francamente alargados. Período também marcado pelo exame sistemático de características específicas dos sensores para aplicações particulares, bem como um intenso desenvolvimento de pacotes integrados hardware – software para análise de imagens de Teledetecção, numa base de maior disseminação.

Desenvolvimento de sensores hiper-espectrais

1982 Landsat 4, nova geração de sensores Landsat

1985 Landsat 5

1986 SPOT – Satélite Francês de Observação da Terra

1987 MOS – 1, Japonês

1988 IRS – 1, Indiano

Soyus – Salyut, Soviético

1991 ERS – 1, Agência Espacial Europeia (Earth Resources Satellite)

1995 ERS – 2

1995 em Diante Começo de um novo período em que o aumento da comercialização de imagens de Teledetecção por satélite permite ajudar a banalização do seu uso quotidiano, mais plataformas, menores custos, maior resolução, mais aplicações.

Depois do fim da guerra fria EUA e Rússia têm disponibilizado e comercializado imagens de alta resolução de satélites espiões.

Software de tratamento digital de imagem com uso mais generalizado, baixos custos, múltiplas opções. Integração com software de SIG (Sistemas de Informação Geográfica), também largamente disponíveis e a custos sucessivamente menores e utilização cada vez mais generalizada a todos os níveis.

Aumento exponencial do desempenho dos computadores e capacidade de armazenamento (volátil – RAM e definitivo – Discos, CD, DVD...), diminuição de custos.

1995 RadarSat - Canadá

1996 IRS – 1C, Índia

1997 IRS – 1D

1998 Landsat 7, Sensor ETM (Enhanced Thematic Mapper)

SPOT 4

A situação actual da Teledetecção e do tratamento digital de imagem de satélite pode ser sintetizada, em torno de alguns aspectos fundamentais, da seguinte forma:

- Múltiplas plataformas (vectores) de Teledetecção. “No ano 2000 prevê-se que existam em órbita, simultaneamente, 31 satélites de observação da Terra capazes de recolher dados com uma resolução espacial ⁴ de 30 metros ou melhor” (STONEY (1997, p. 1)). São de quatro classes funcionais distintas: Tipo Landsat (Landsat, SPOT, IRS), Alta Resolução, Hiperespectrais e Radar. Logo há mais oferta, vários tipos, várias resoluções espaciais, espectrais e temporais, preços mais baixos e obtenção simplificada (tempo e suporte – CD ⁵);
- Graças à Internet, distribuição de fotografia aérea e ortofotomapas de uma forma gratuita, já digital, em muitos países, inclusive em Portugal ⁶, existe acesso fácil a uma miríade de informação relativa à Teledetecção. De referir que a comunidade da Teledetecção, talvez por fazer uso intensivo de computadores, tem uma presença fortíssima na Internet, tanto a nível de sites e conteúdos como de fóruns de discussão, boletins electrónicos e outras fontes (imagens, software, algoritmos, bibliotecas hiperespectrais, artigos, manuais, etc.). Também as Agências e Programas Nacionais e Internacionais relacionados com a Teledetecção marcam uma fortíssima presença na Internet ⁷;
- Generalização do uso de SIG's, que cumprem eminentemente o interesse dos geógrafos em sintetizar informação espacial para uma área particular ou região, usando “camadas” de informação temática vária, levando esta ferramenta a vários domínios. A sua utilização faz-se a nível científico, militar, comercial, gestão empresarial, pedagógico e institucional, sobretudo através do planeamento e ordenamento do território. A sua generalização deve-se, também, a uma oferta cada vez maior de pacotes de software que, por seu turno, são cada vez mais potentes, de mais fácil manuseamento e apresentam menores custos. A comunidade utilizadora dos SIG's constitui uma fonte primária de procura de documentos resultantes do tratamento de produtos da Teledetecção, cartografia temática sob as formas mais variadas. Também esta comunidade está fortemente presente e tira máximo partido da Internet, circulando informação a todos os níveis, existindo igualmente várias instituições que disponibilizam informação de base;

⁴ Os conceitos de resolução espacial (tamanho da mínima unidade de informação no terreno que o satélite pode “ler”), resolução espectral (número de bandas e comprimentos de onda de que o sensor dispõe) e resolução temporal (frequência de cobertura de uma mesma área) serão explicados e aprofundados mais adiante.

⁵ A primeira imagem adquirida no início da década de 90, Landsat 5 – TM, ainda era fornecida em banda magnética.

⁶ Disponível no Centro Nacional de Informação Geográfica - <http://www.cnig.pt/html/servicos.html>

⁷ Ver Lista de Sites.

- O desenvolvimento da micro-informática democratizou um poder de computação impensável há poucos anos, os custos diminuíram (e diminuem) sucessivamente, os desempenhos atingem patamares altíssimos e as capacidades de armazenamento crescem exponencialmente, enquanto o seu custo unitário (por Gb) desce. Assim, aplicações (Software) que há não tantos anos como isso corriam somente em Workstations e não existiam sequer para PC, correm facilmente hoje em dia num computador pessoal e permitem tratar volumes de informação gigantescos ⁸. Por natureza, as imagens de satélite (ou a fotografia aérea digitalizada), são um tipo de informação extremamente pesado, requerendo muito espaço para o seu armazenamento ⁹, logo, é necessária muita memória (RAM) para o seu processamento e muita velocidade do processador para efeitos de cálculo. Também o BUS que efectua a comunicação entre os vários elementos do computador (processador, memória, display, discos) tem vindo a funcionar cada vez mais depressa, tal como o acesso à própria RAM e aos discos, o que permite uma troca interna de volumes muito maiores de informação, aumentando assim o desempenho da máquina. Isto permite por sua vez correr Software cada vez mais pesado e complexo, aumentando as possibilidades do próprio tratamento de imagem. No fundo é uma espiral vertiginosa de aumento de desempenho, somente refreada pelo facto, não pouco importante, de que a evolução dos sensores de Teledetecção tem levado a um aumento da resolução espacial e espectral das imagens, o que aumenta por sua vez o volume da informação a armazenar e tratar. Passa-se exactamente o mesmo com o software de SIG, em termos de sofisticação e capacidade de tratamento da informação, bem como com a própria natureza da informação temática, cada vez mais detalhada.

Basicamente, mais e melhores satélites, mais e melhor software, mais e melhor poder de computação e, tudo isto, a custos mais baixos, com maior facilidade de acesso e manuseamento. Numa sociedade da informação, onde ela é cada vez em maior quantidade, circula em volumes gigantescos e a grande velocidade.

- Um outro aspecto prende-se com a percepção e preocupação da comunidade internacional com um enorme leque de problemas ambientais à escala global. Esse interesse promove um maior uso, desenvolvimento e mediatização da Teledetecção ambiental de observação da Terra, dos seus produtos e dos seus resultados. Alguns destes problemas ambientais à escala global são, segundo BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 13), os seguintes:

⁸ Um comentário a título de curiosidade: quando em 1992 nos tivemos que deslocar a Inglaterra (Universidade de Bristol, Departamento de Geografia) para efectuar um tratamento de imagem de satélite Landsat 5 TM, esse trabalho foi feito numa Workstation SunSpark II, com 64 Mb de RAM e um disco de 2 Gb, características excepcionais e impensáveis num PC. Actualmente um Pentium II ou similar faz mais MIPS (Milhões de Instruções por Segundo) que essa Workstation, o PC em que está a ser efectuado o trabalho tem 256 Mb de RAM e um Disco de 20 Gb e corre uma série de aplicações de SIG e Tratamento Digital de Imagem muitíssimo potentes quando comparados com os que existiam, somente, para UNIX ou Solaris. Não existiam leitores de CD nos PC's e muito menos gravadores de CD (CDW), que permitem cópias a baixíssimo custo.

⁹ Actualmente uma Imagem Landsat 7 ETM completa ocupa 700 Mb.

- o Mudanças e variabilidade climática – Possíveis mudanças climáticas devidas ao aquecimento global podem ser causadas pelo aumento da concentração dos chamados gases de estufa na Atmosfera (como o CO₂), este aumento é causado por actividades como a queima de combustíveis fósseis e desflorestação, bem como fenómenos climáticos periódicos, como o El Niño, cuja intensidade pode ser também afectada pelas actividades humanas;
- o Destruição da camada de Ozono – A libertação de clorofluorcarbonetos (CFC's) criados pela actividade humana para a Atmosfera é considerada como a maior causa da destruição catalítica do ozono estratosférico, levando ao aparecimento dos chamados “buracos do ozono” localizados nas regiões polares em certas alturas do ano. Estes são perigosos porque permitem um maior fluxo de radiação ultravioleta que, através da Atmosfera, atinge a superfície da Terra;
- o Chuvas ácidas – O aumento da deposição de ácido (chuvas ácidas) está a causar danos em lagos, árvores e solos. Este aumento da deposição é sobretudo um resultado da libertação para a Atmosfera de compostos sulfurosos contidos nos combustíveis fósseis queimados em centrais termoeléctricas, fábricas, casas particulares e meios de transporte vários. Os compostos libertados são subsequentemente “lavados” da Atmosfera pela precipitação, por vezes a grande distância dos pontos de origem;
- o Formação fotoquímica de oxidantes – Estes oxidantes resultam de reacções fotoquímicas envolvendo hidrocarbonetos e óxidos de nitrogénio, libertados pelos escapes dos veículos e outros sistemas mecânicos, causando danos às plantas e problemas de saúde humana;
- o O sobrepastoreio e a desflorestação são fenómenos generalizados, tendo como resultado danos permanentes para o coberto vegetal da Terra que podem levar à Desertificação. Estes processos levam à ruptura do equilíbrio ecológico e mudanças no albedo da superfície terrestre. Duas das muitas consequências são os perigos de ruptura e alteração do ciclo hidrológico bem como o equilíbrio do dióxido de carbono, que podem ser irreversivelmente afectados;
- o Sismos e vulcões – Os sismos e actividade vulcânica possuem grande potencial de destruição. A possibilidade de existir um crescente conhecimento das condições da crosta terrestre poderão permitir um sistema de alarme prévio destes acontecimentos.

A comunidade científica está plenamente convencida que a observação da Terra a partir do espaço constitui a forma mais viável e económica de adquirir grande parte dos dados necessários para estudar, monitorar e, esperemos, conter ou mitigar estes problemas. A mediatização das catástrofes naturais criou, a nível da percepção da população, um forte impulso para o desenvolvimento de mais e melhores sistemas para estudar os fenómenos à escala global, bem como para estudar os seus efeitos mais visíveis. Também aí a Teledetecção pode desempenhar, e desempenha, um papel fundamental: estudo de cheias, fogos florestais, mudanças de coberto vegetal, etc. Nunca se utilizou e/ou dependeu tanto dos dados da Teledetecção.

2. Teledetecção – Geografia

Neste ponto, antes de se prosseguir em maior detalhe para questões técnicas da Teledetecção, parece essencial enquadrar o uso da Teledetecção no contexto epistemológico actual da Geografia. Embora não se pretenda aprofundar de uma forma demasiado paradigmática esta questão, ela não deixa de ser fundamental, até porque, não poucas vezes, métodos e técnicas como a Teledetecção e os SIG's ¹⁰ são considerados mais como um fim do que como um meio no contexto da produção científica da Geografia, umas vezes pelos que as desconhecem e não compreendem, outras vezes e no extremo oposto, pelos “entusiastas” excessivos desses mesmos instrumentos que, por vezes, quase esquecem que eles são uma ferramenta.

Visto que não se pretende aprofundar demasiado esta questão, mas tão só deixar clara a posição quanto ao papel do uso da Teledetecção no contexto da Geografia, sua relevância e até carácter imprescindível em vários domínios, pode-se partir da seguinte definição:

- A investigação da Geografia concentra-se no estudo das sociedades humanas e do Ambiente, através das perspectivas de lugar, espaço e escala (NRC (1997, p. vii)). Qualquer disciplina académica é um meio, não um fim. É um meio para fins intelectuais como aprender, conhecer e compreender. É um meio para fins sociais como o progresso e a solução de problemas. É um meio para fins individuais como a oportunidade e a realização pessoal (*Op. Cit.*, p. ix).

Assim sendo, inequivocamente, todo e qualquer instrumento – ferramenta – método – técnica que o Geógrafo utilize na sua investigação para conhecer e compreender um espaço (onde existem sociedades humanas e um determinado ambiente, bem como interacção entre ambos) é, portanto, válido. O uso da Teledetecção *per se*, bem como os “produtos” resultantes do seu tratamento e interpretação é portanto, no mais amplo sentido possível introduzido pela definição, válido. Quanto à produção de cartografia, o seu uso, manipulação e tratamento, pode-se citar o seguinte: “Em Geografia [...] podemos tomar como axioma que tudo quanto não possa ser cartografado não será

¹⁰ Definidos como sistemas informáticos capazes de reunir, guardar, manipular e que permitem visualizar informação espacialmente referenciada.

susceptível de ser descrito [...] se considerarmos a Geografia simples e directamente como a descrição da superfície da Terra e sua diferenciação em áreas” (WOOLDRIDGE, S.W.; GORDON EAST, W. (1967, p. 66).

Quanto ao objecto de estudo e técnicas da Geografia, segundo o NRC (1997, p. 3):

- Os geógrafos estudam tanto a integração “vertical” de características que definem um lugar como as conexões “horizontais” entre lugares [...] concentrando-se também na importância da escala (no espaço e no tempo) nestas relações;
- As perspectivas da Geografia são suportadas por um corpo de técnicas de observação, como o trabalho de campo, Teledetecção e amostragem espacial, e de técnicas de análise e visualização de informação geográfica, como a cartografia, estatística espacial e SIG’s.

O mapa moderno é um produto dinâmico e multidimensional que existe em formato digital, ele próprio produto dos SIG’s, abrindo novas áreas de pesquisa e aplicação para a investigação geográfica. Essa pesquisa levou, também e por sua vez, a um crescente desenvolvimento dos SIG’s, que conjuntamente com técnicas geográficas de visualização e métodos de análise espacial, facilitaram um conhecimento do mundo crescentemente complexo e contextual.

O uso da Teledetecção como técnica de observação e dos SIG’s como técnica de análise e visualização são, claramente, parte integrante da Geografia actual e dos seus métodos. Integram-se também no papel que a Geografia desempenha respondendo a assuntos críticos da sociedade como a degradação ambiental e as mudanças globais (Global Change). Contribuem para as perspectivas da Geografia, a sua maneira de olhar o mundo, os seus domínios de síntese, representações espaciais e epistemologia. Ajudam a Geografia no seu contributo global para o conhecimento científico e para o processo de tomada de decisão, do nível local, passando pelo regional e nacional, ao internacional.

No entanto, no que diz respeito à Teledetecção, “embora o aumento da disponibilidade de imagens da Teledetecção pudesse parecer reduzir a necessidade de trabalho de campo para alguns tipos de investigação, na realidade torna [o recurso à Teledetecção] esse trabalho ainda mais importante, pois a interpretação rigorosa das imagens depende do conhecimento detalhado dos padrões reais existentes no solo [...] os investigadores necessitam de dados de terreno sobre a composição e distribuição [...] para poderem saber quanto é “visto” pelos sensores remotos” (NRC (1997, p. 51)).

O trabalho de campo é também imprescindível e essencial para “testar a validade das interpretações (e.g. um mapa da vegetação) feito com base em imagens da Teledetecção” (*Ibidem*). O melhor e mais usado método de observação é (e será) “o contacto no terreno entre o geógrafo e o objecto através do trabalho de campo e exploração” (*Op. Cit.*, p. 54). O campo é, e será sempre, o principal laboratório para a observação geográfica.

3. Bases Físicas da Teledetecção

3.1 Energia Electromagnética

Como referido anteriormente, em Teledetecção a transferência de informação entre o objecto e o sensor é efectuada através de radiação electromagnética, em particular através das variações espaciais, espectrais e temporais dessa radiação. Logo, para “capturar” informação devem medir-se estas variações e relacioná-las com classes de materiais ou objectos de interesse.

Importa, pois, abordar a natureza desta radiação por forma a compreender melhor não só o estatuto da Teledetecção como, sobretudo, as limitações impostas pelas características dos próprios sistemas e pelas características do espaço a estudar.

Segundo BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 23), “A energia tem a capacidade de realizar *trabalho*. Pode existir numa variedade de formas, incluindo energia química, eléctrica, calorífica ou mecânica. Durante a realização do *trabalho*, a energia tem que ser transferida de um corpo ou um lugar para outro. Tais transferências são efectuadas por:

- Condução – Envolve colisões atómicas ou moleculares;
- Convecção – Modo corpuscular de transferência no qual os corpos de material energético são fisicamente movimentados;
- Radiação – Única forma pela qual a energia electromagnética pode ser transmitida através de um qualquer meio ou do vácuo.

É este terceiro tipo de transferência que interessa primariamente nos estudos de Teledetecção”.

No caso da radiação electromagnética são necessários dois modelos para descrever e elucidar as suas características mais importantes (de acordo com BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, pp. 23-26), CHUVIECO, E. (1996, pp. 45-50), CAMPBELL, J.B. (1996, pp. 22-25), SABINS, F.F. (1996, pp. 2-3), e GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, pp. 4-6)): o modelo de ondas e o modelo de partículas.

Basicamente o modelo de ondas postula que qualquer partícula com uma temperatura acima do zero absoluto vibra. Esta vibração provoca perturbações tipo ondas nos campos magnéticos e eléctricos que rodeiam a partícula, que actua como uma fonte de radiação. Estas ondas são perpendiculares entre si e viajam a partir da fonte à velocidade da luz. O espaço entre cristas da onda é o comprimento de onda da radiação e o número de cristas que passam num determinado ponto num segundo é a sua frequência.

O modelo de partículas destaca aspectos do comportamento da radiação que sugerem que ela compreende muitas unidades discretas, chamadas “quanta” ou “fótons”. Estas transportam a partir da fonte algumas propriedades de partículas, como energia e momento, mas diferem de todas as outras partículas por terem massa zero em descanso.

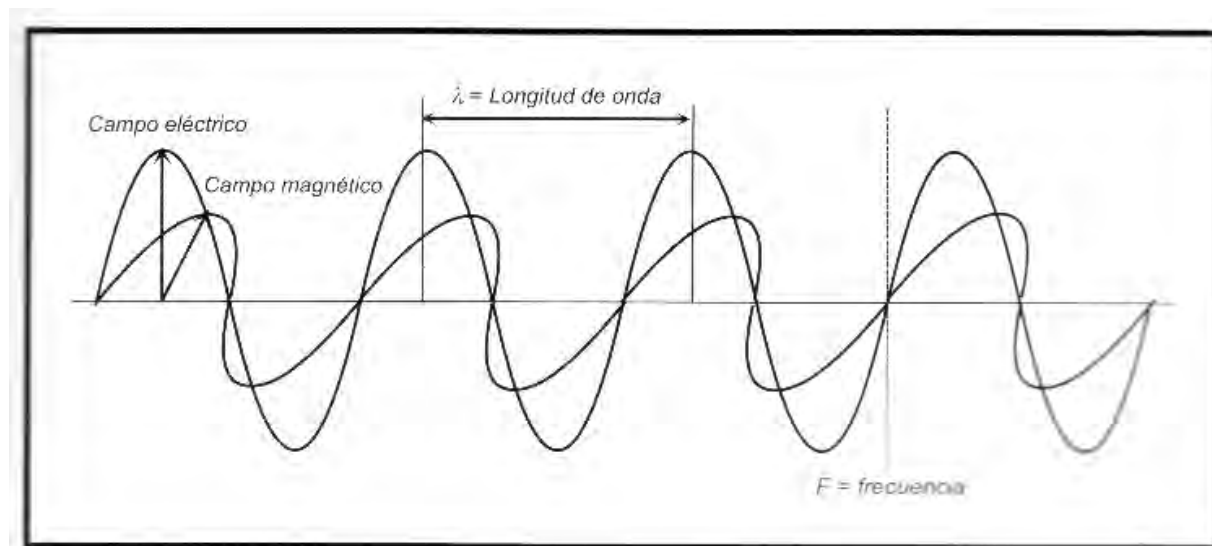


Figura 2.1 – Esquema de uma onda electromagnética (CHUVIECO, E. (1996, p. 47)).

A forma mais familiar de radiação electromagnética é a luz visível, radiação detectada pela visão humana, mas este espectro visível não pode ser confundido com o espectro electromagnético, muito mais largo e do qual faz parte. Este espectro está dividido num número de regiões e as fronteiras entre elas são expressas de diversas formas quanto ao comprimento de onda (de muito curto, microscópico, a muito longo, centenas de quilómetros), frequência (Hertz, ciclos por segundo estando o comprimento e a frequência inversamente relacionados – quanto maior o comprimento menor a frequência) e energia dos fótons (quanto menor for o comprimento mais energia).

Do ponto de vista da Teledeteccção convém destacar uma série de bandas espectrais, que são as mais frequentemente utilizadas com a tecnologia actual, segundo CHUVIECO, E. (1996, pp. 48-50):

- Espectro **Visível** ($0.4 - 0.7 \mu^{11}$) – Denomina-se assim por se tratar da única radiação electromagnética que os olhos humanos podem detectar, coincidindo com os comprimentos de onda onde é máxima a radiação solar. Distinguem-se três bandas elementares, denominadas azul ($0.4 - 0.5 \mu$), verde ($0.5 - 0.6 \mu$) e vermelho ($0.6 - 0.7 \mu$) por serem as cores primárias que os olhos detectam nesses comprimentos de onda;
- **Infravermelho Próximo** ($0.7 - 1.3 \mu$) – Por vezes também designado infravermelho reflectido ou fotográfico, visto que parte dele pode ser detectado com filmes dotados de

¹¹ Micrómetros de comprimento de onda.

emulsões especiais. Resulta de especial importância pela sua capacidade para discriminar massas vegetais e concentrações de humidade;

- **Infravermelho Médio** ($1.3 - 8 \mu$) – Onde se misturam os processos de reflexão da luz solar e emissão da superfície terrestre. Permite estimar o conteúdo de humidade na vegetação e detectar focos de alta temperatura;
- **Infravermelho Longínquo ou Térmico** ($8 - 14 \mu$) – Inclui a porção emissiva do espectro terrestre, é onde se detecta o calor proveniente da maior parte das superfícies terrestres.

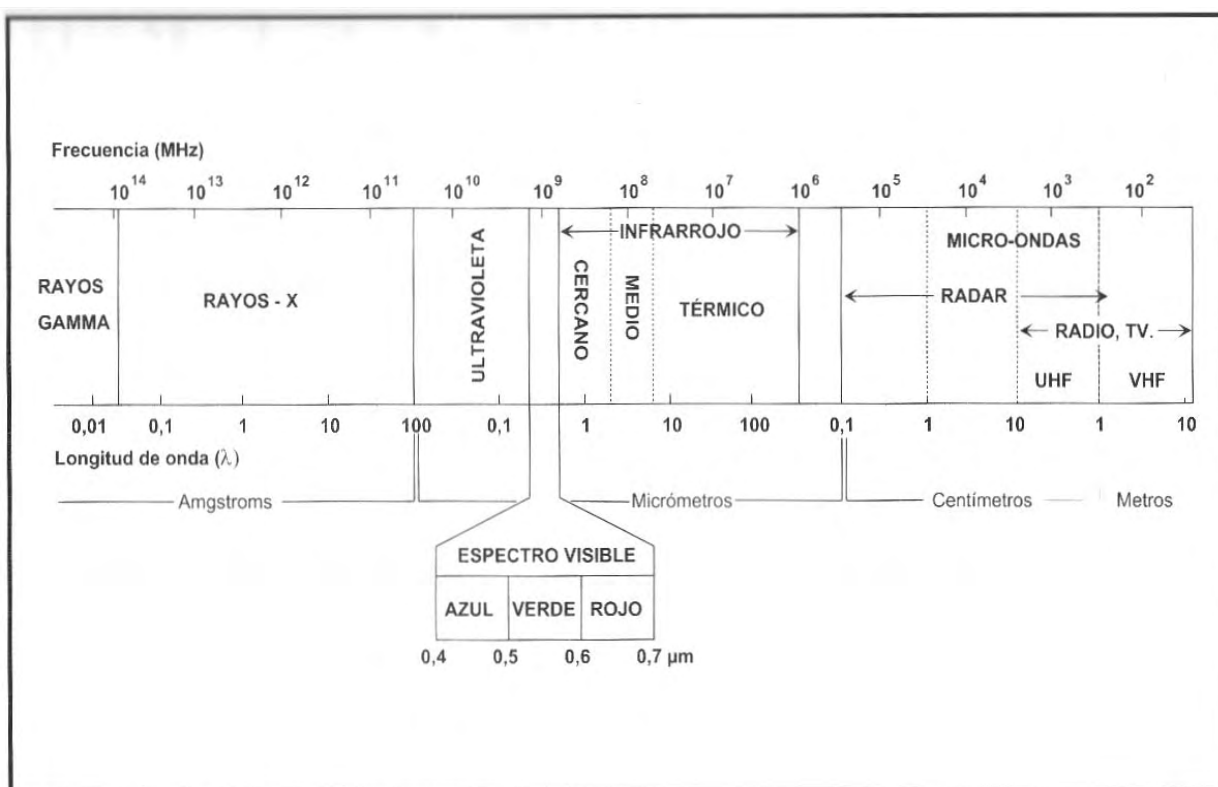


Figura 2.2 – Espectro electromagnético (CHUVIECO, E. (1996, p. 49)).

3.2 Propagação da Radiação

No domínio óptico do espectro, aquele cujo grupo de comprimentos de onda depende directamente da energia solar, a radiação tem que atravessar a Atmosfera antes de atingir a superfície da Terra. Isto implica que a Atmosfera intervenha entre o sensor e o seu alvo. A radiação que atravessou a Atmosfera e a detecção que o sensor faz desse objecto, pressupõe também um trajecto de regresso entre o alvo e o próprio sensor. Este trajecto pode ser novamente toda a Atmosfera, no caso de um satélite, ou parte dela no caso, por exemplo, da fotografia aérea a média altitude.

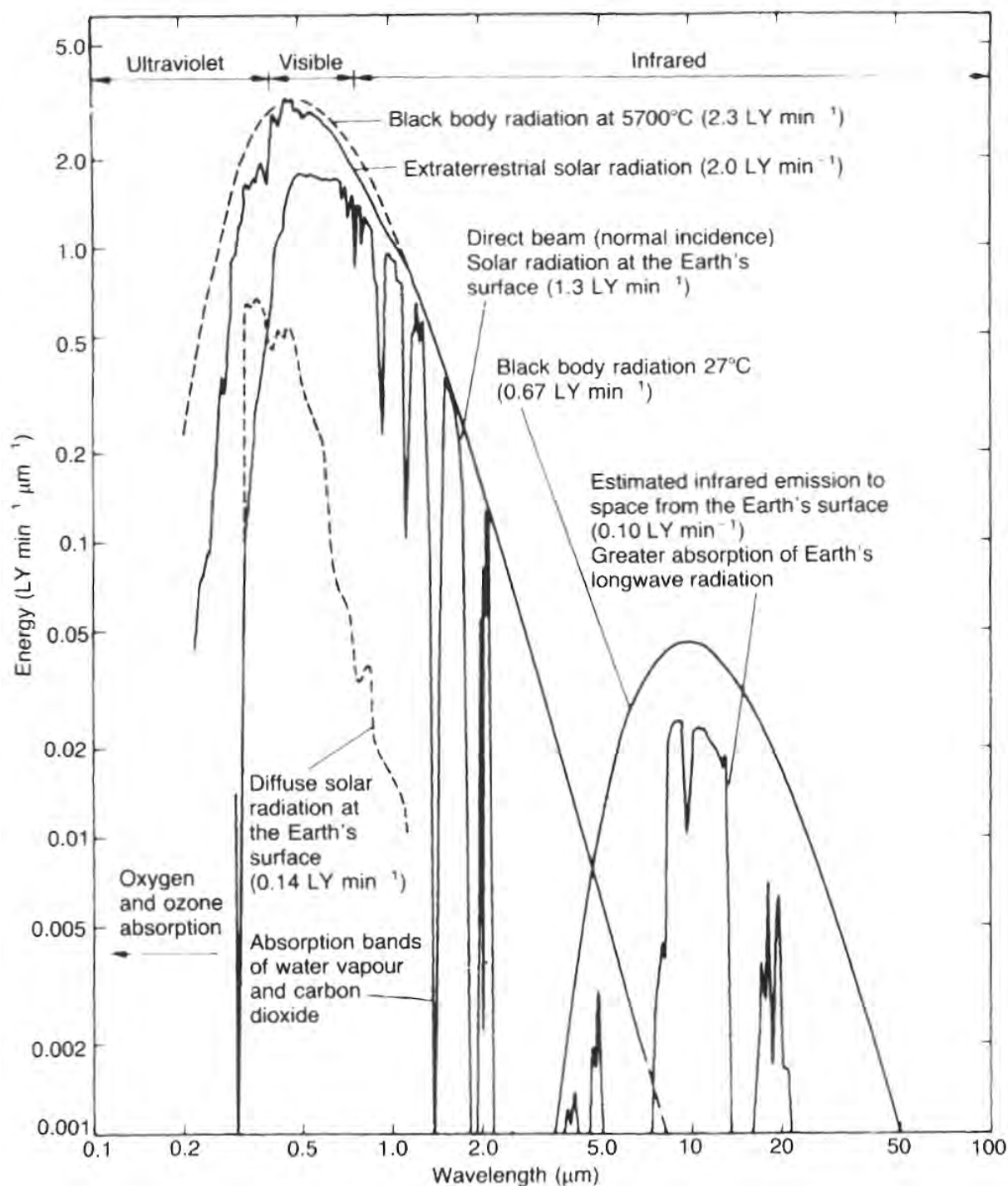


Figura 2.3 – Espectro eletromagnético da radiação solar e terrestre (BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 38)).

A curva da radiação solar que atinge o limite exterior da Atmosfera ("Extraterrestrial solar radiation") representa a radiação máxima, abaixo dessa curva está a radiação incidente à superfície, menor porque existem várias regiões que são absorvidas, por exemplo os ultravioletas pelo oxigénio e ozono e o infravermelho próximo pelo vapor de água e dióxido de carbono. À direita a emissão de radiação pela própria Terra, do domínio do infravermelho térmico.

Embora a velocidade de propagação da radiação electromagnética não seja afectada pela Atmosfera, esta afecta outras características desta forma de propagação de energia, incluindo a direcção da radiação, a sua intensidade, o comprimento de onda e frequência recebidas pelo alvo na base da Atmosfera e a distribuição espectral da energia radiante. Assim, esta energia é difundida (scattering), refractada, absorvida e emitida pela própria Atmosfera.

Por sua vez, também o alvo desta radiação reflecte (albedo), absorve e transmite radiação, sendo a soma das três componentes igual à radiação recebida. Assim, há um balanço radiactivo entre o fluxo incidente e reflectido, o qual tem novamente que percorrer um maior ou menor trajecto atmosférico até atingir o sensor que o está a “detectar”. Esse sinal é, na prática, a assinatura espectral bruta (não subtraída dos efeitos atmosféricos) dos vários objectos na superfície terrestre, a qual vai ser detectada pelos sensores e que se denomina radiância ¹².

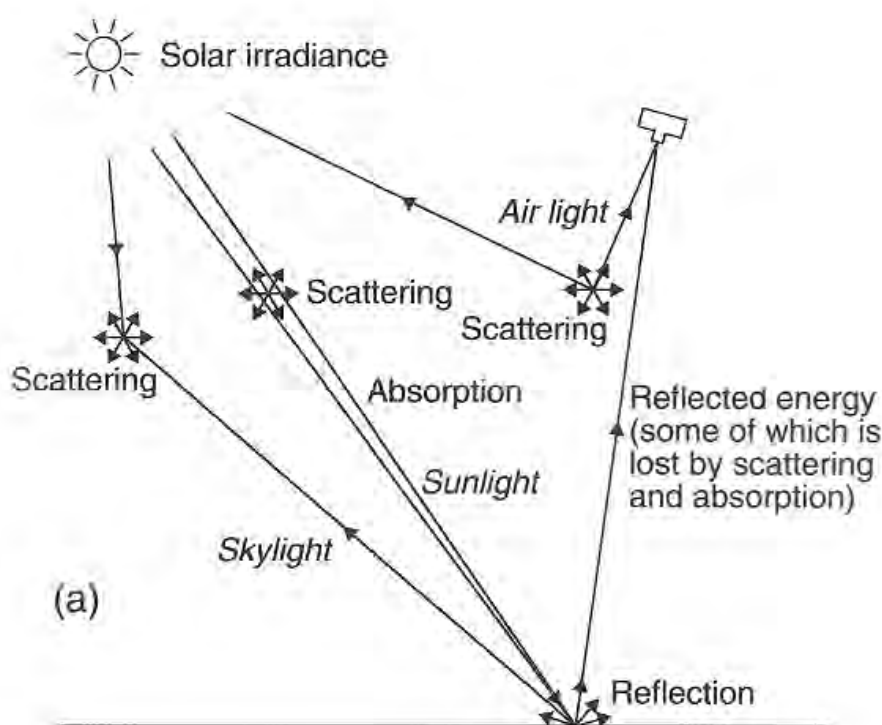


Figura 2.4 – Efeitos da Atmosfera e superfície na radiação recebida por um sensor de um satélite (BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 33)).

Depois desta breve, mas essencial, abordagem à natureza da radiação electromagnética e sua propagação podemos passar à questão de base: qual é o comportamento espectral da vegetação e dos solos, objectos principais deste estudo, e qual o tipo de sensor mais adequado? Importa desde já realçar que há dois tipos de sensores: passivos e activos. Os passivos limitam-se a receber a energia de um foco exterior a eles; os activos são capazes de emitir a sua própria energia (radar, laser) e

¹² Quociente do fluxo de energia que radia uma superfície pela sua área

receber a “resposta” da superfície, estando assim menos dependentes das características da Atmosfera (nuvens). Este tipo, o activo, está fora do âmbito deste trabalho, como tal interessam somente os detectores passivos.

3.3 Comportamento Espectral da Vegetação no Espectro Óptico

A caracterização espectral das massas vegetais é uma das tarefas mais interessantes, e mais difíceis, em Teledeteção, pois múltiplos factores influenciam a radiância final recebida pelo sensor (CHUVIECO, E. (1996, p. 62)):

- Reflectividade da planta, em função do seu estado fenológico (fenómenos periódicos nos seres vivos, nas plantas floração, maturação dos frutos, etc.), forma e conteúdo de humidade;
- Características morfológicas da planta, altura, perfil, grau de cobertura do solo, entre outras, que provocam uma notável modificação do seu comportamento reflectivo;
- Situação geográfica da planta, declive, exposição, associação com outras espécies, geometria da plantação, etc.

Como se pode verificar há inúmeros factores que se conjugam para tornar difícil determinar as assinaturas espectrais da vegetação. Além dos factores supracitados também a época do ano, hora do dia, o tipo de solo, suas condições e propriedades físicas, o facto de se estar somente a medir uma folha, conjunto de folhas ou a planta como um todo, uma planta isolada ou entre outras espécies, dificultam a determinação de um valor descritivo. Há sim um comportamento geral, entre vários limiares e que evolui em função dos vários factores referidos. Passa-se, assim, a referir os vários domínios do espectro visível e infravermelho mais representativos do comportamento vegetal, segundo as classes definidas por GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, pp. 22-28):

- **Visível** (380 – 700 nm ¹³) – Nesta porção do espectro o comportamento espectral está ligado à composição da planta em pigmentos, sobretudo a clorofila (A e B), mas também o caroteno entre outros. A reflectância é fraca de 380 a 500 nm e de 600 a 700 nm, mas apresenta um máximo a 550 nm e 650 nm (vermelho) ¹⁴;
- **Infravermelho próximo** (750 – 1300 nm) – Neste domínio já não são os pigmentos que intervêm no comportamento espectral mas sim, sobretudo, a estrutura interna da própria folha. Em função da estrutura da folha (Figura 2.5) a cutícula, que apresenta por vezes um revestimento ceroso (caso da vegetação sub-xerofítica existente no Sul de Portugal), reflecte

¹³ Correspondente a 0.38 a 0.7 μ

¹⁴ Grande parte destes valores resulta de estudos laboratoriais onde são medidas as reflectâncias ao longo do espectro, espectro-fotometria.

bem a radiação solar. A radiação que atravessa a folha encontra o parênquima em paliçada, dada a sua forma (sensivelmente paralelepípedica e regularmente alinhada segundo somente duas orientações) as ondas electromagnéticas são somente transmitidas ou absorvidas. Já no parênquima lacunoso, as células em forma esférica e as lacunas contendo diversas substâncias, constituem um meio com índices de refração diferentes, o que possibilita a reflexão da radiação em direcção à face superior da folha. Assim, o parênquima lacunoso é o principal responsável pela reflexão no infravermelho próximo. Quando as folhas de uma planta secam (envelhecimento, maturidade, condições de secura), o parênquima lacunoso perde a sua estrutura, as células tornam-se mais planas, as lacunas são reduzidas e a reflectância é modificada. Mas a estrutura foliar interna varia consoante as famílias e as espécies vegetais, os vegetais superiores, por exemplo, pertencem mais a um ou outro tipo dos ilustrados na Figura 2.5.;

- **Infravermelho Médio** (a partir de 1400 nm) – Neste domínio o comportamento espectral dos vegetais é função do seu conteúdo em água. Uma espécie clorofilina, em bom estado sanitário, apresenta uma diminuição da curva de reflectância entre 1450 e 1900 nm, correspondente às bandas de absorção da água. Se a planta está em maturação, sofre de stress hídrico ou está doente, o seu teor em água será menor e as bandas de absorção serão menos marcadas.

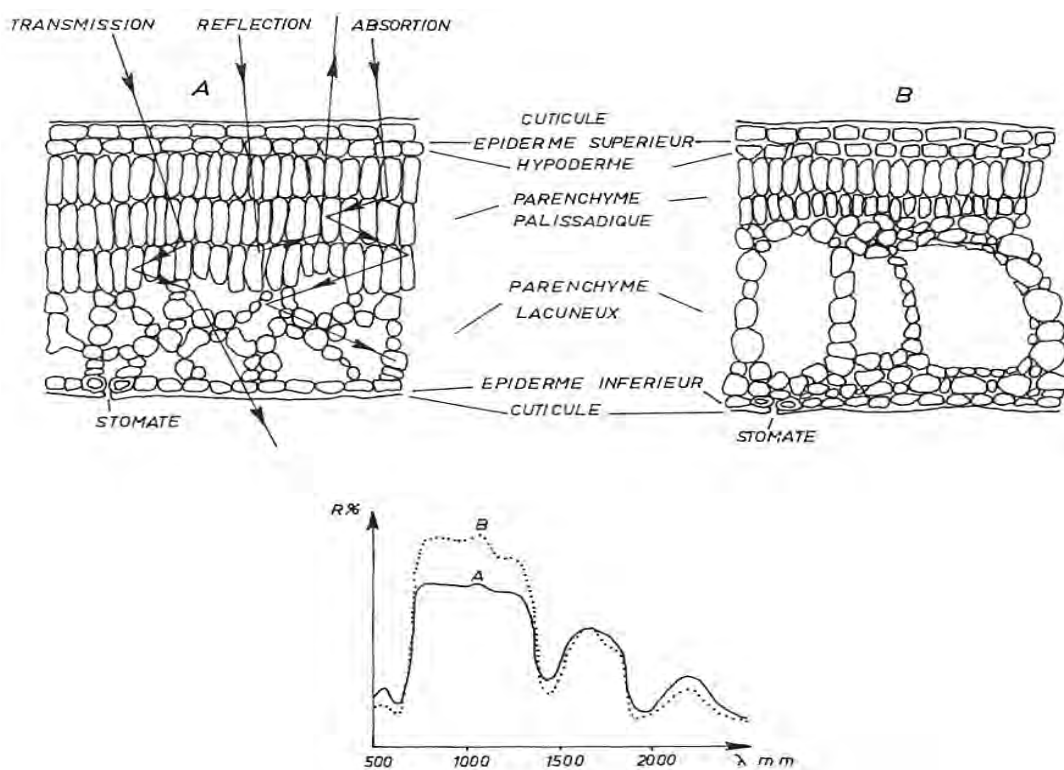


Figura 2.5 – Influência da estrutura interna das folhas verdes no seu comportamento espectral (GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, p. 26)).

Basicamente, o teor em clorofila, em água e a estrutura interna da folhagem são os factores que intervêm nos domínios espectrais, condicionando assim a assinatura espectral de uma espécie vegetal (Figura 2.6), mas funcionam de uma maneira complementar. Por exemplo, segundo GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, p. 27): quando um cereal atinge a fase de maturação dos grãos deixa de ter actividade clorofilina, a estrutura celular das folhas é completamente modificada, o seu comportamento espectral passa a ser controlado, somente, pelo seu teor em água.

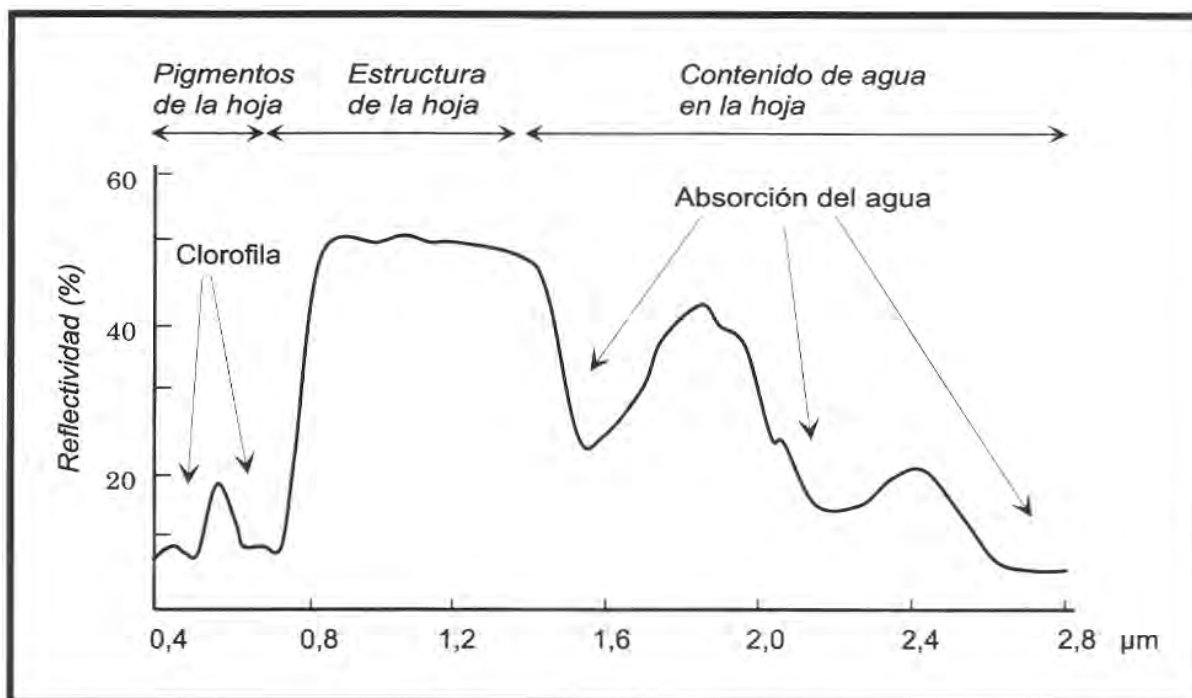


Figura 2.6 – Factores da reflectividade da vegetação, com um estado de sanidade bom, no espectro óptico (CHUVIECO, E. (1996, p. 63)).

Conclui-se que, recorrendo a um sensor com uma resolução espectral (que possa detectar a radiância) nestas porções do espectro electromagnético, é possível discriminar diferentes espécies, diferentes estados de crescimento, de saúde, de suprimento em água e estados fenológicos. Este facto pressupõe que o sensor possa “ver” uma porção de espaço mínima (pixel ¹⁵) em que esta espécie cubra toda a superfície.

Este vai ser um dos factores mais limitantes da Teledetecção, pois se nessa porção de espaço mínimo que o sensor “vê” (pixel) existir mais que uma espécie, ou menos de 30 % de uma única espécie, ou o grau de cobertura da vegetação (ao solo) for inferior a 15 %, esse pixel não vai ser puro e torna-se de difícil classificação, como refere GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, p. 27).

¹⁵ Abreviatura de Picture Element, unidade mínima de referência espacial que o satélite “vê” e que, consequentemente, pode ser processada, corresponde à resolução espacial do sensor.

Do ponto de vista estritamente radiométrico quais são então os sensores disponíveis ¹⁶ que cobrem estas bandas essenciais, para discriminação da vegetação ? Explicar e descrever todos os sistemas disponíveis seria descabido, está fora do contexto deste trabalho e constituiria um exercício longo. Assim, como se pode observar na Figura 2.7, o sensor que apresenta maior resolução espectral, tanto no domínio do visível como nas três regiões essenciais à discriminação de espécies vegetais, é o Landsat Thematic Mapper (TM). Possui três bandas (1,2 e 3 – Azul, Verde e Vermelho) para o espectro visível, duas nas regiões mais sensíveis de discriminação do mundo vegetal (5 e 7 – Infravermelho próximo e médio) e uma (6) no Infravermelho térmico (emissão).

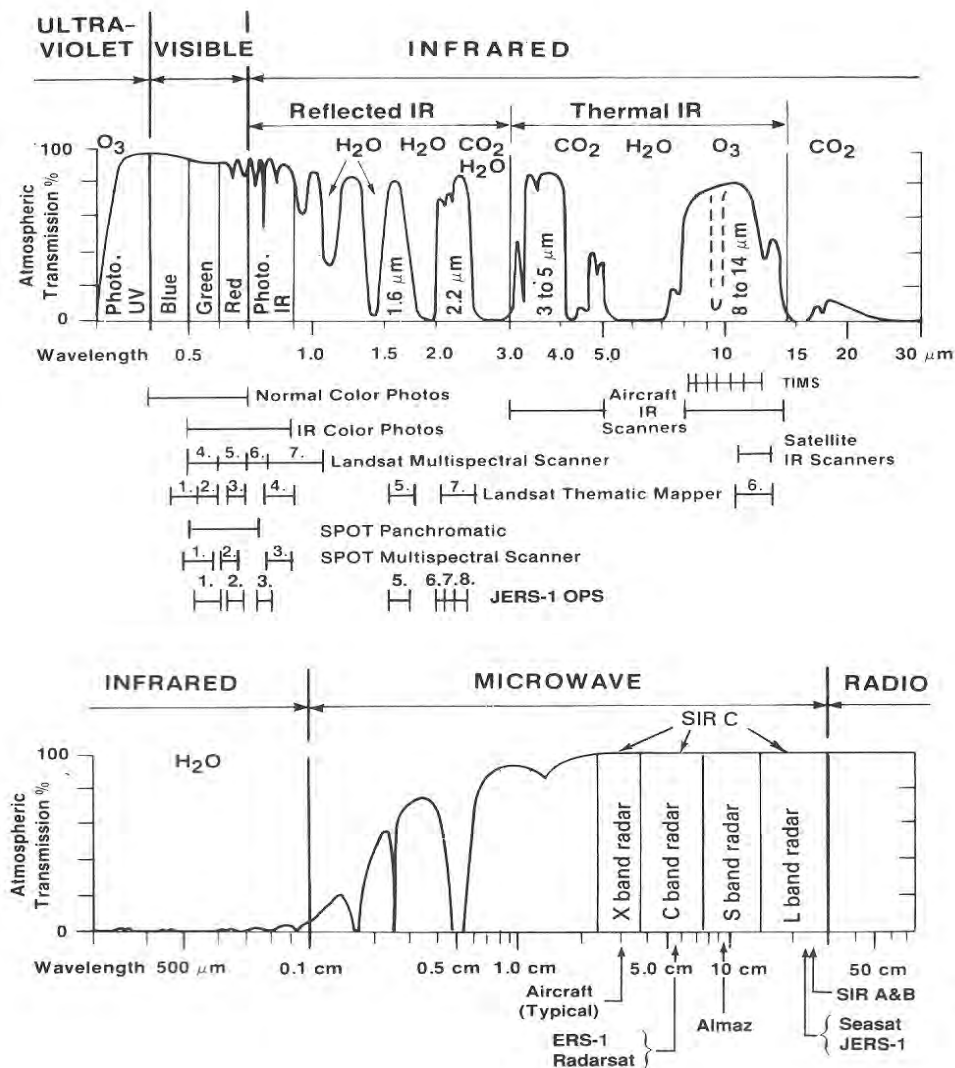


Figura 2.7 – Diagrama do espectro eletromagnético, regiões visível e infravermelha e micro-ondas, comprimento de onda das bandas dos sensores dos satélites mais usados e gases responsáveis pela absorção atmosférica de certas regiões do espectro (SABINS, F.F. (1996, p. 5)).

¹⁶ De entre os mais conhecidos, com custos acessíveis, fácil acesso e tratamento digital exequível no contexto deste trabalho.

É pois, neste ponto, a melhor, mais versátil e completa escolha para este tipo de análise. Mas há ainda outros aspectos a ter em conta, como o comportamento espectral dos solos, a resolução espacial e temporal dos sensores.

3.4 Comportamento Espectral dos Solos no Espectro Óptico

Excluindo os estudos de espectro-fotometria em laboratório, ou pixels puros de solo, quando a vegetação cobre parte do solo, é difícil obter informações directas a partir de sensores. Digamos que é o problema inverso ao da vegetação. Quanto aos solos a nu, o seu comportamento espectral é muito mais uniforme que o da vegetação, apresentando uma curva espectral bastante plana e de carácter ascendente (Figura 2.8).

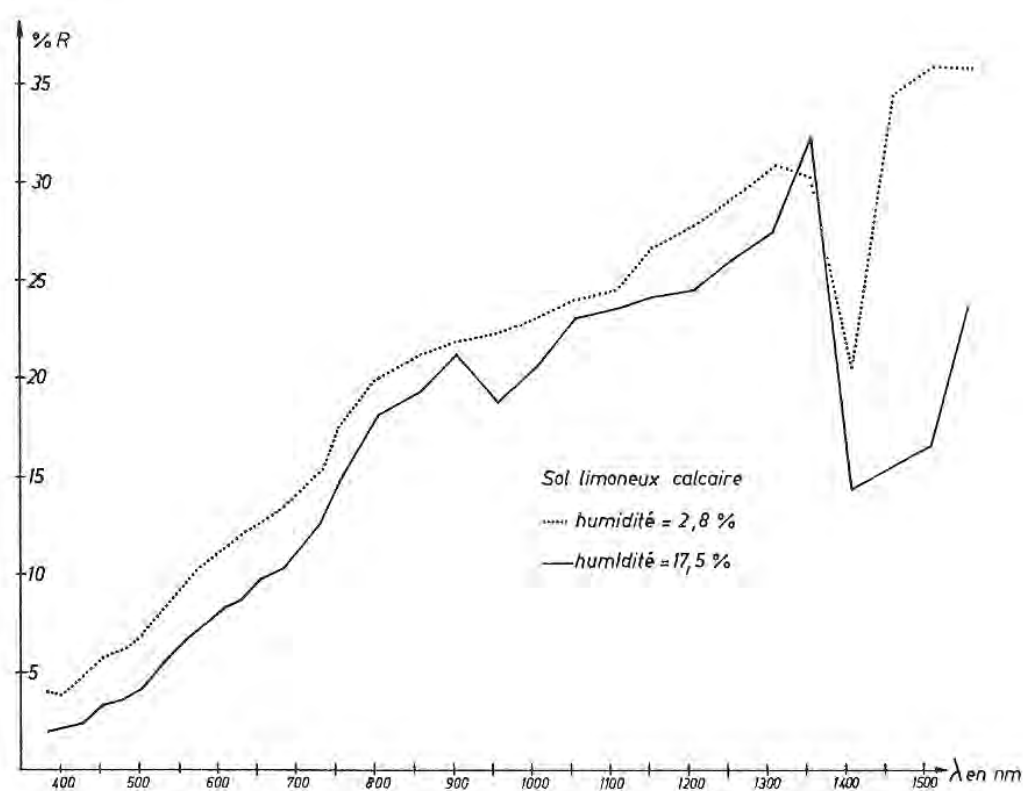


Figura 2.8 – Reflectância espectral de um solo (GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, p. 29)).

Segundo CURRAN, P.J. (1985) (*Cit.* CHUVIECO, E. (1996, p. 66)), os principais factores de variação da reflectância são a composição química do solo, a sua textura, estrutura e teor de humidade, factores estes que estão inter-relacionados. Quanto mais argiloso mais teor de água, estrutura forte e textura fina. Ao invés, quanto mais arenoso mais fraca a estrutura, mais baixo o teor de humidade, logo reflectividade mais elevada. Mas, de acordo com CHUVIECO, E. (1996, p. 65), de que forma é que estes factores intervêm ?

- Composição química – Causa da cor dominante, os solos calcários de cor clara reflectem mais em todas as bandas do espectro visível. Os solos argilosos têm uma maior reflectividade no vermelho, como consequência do seu alto teor em óxido de ferro. Também o teor de matéria orgânica influencia a cor, diminuindo a reflectância;
- Textura – Estrutura – Em termos gerais pode-se afirmar que a reflectividade é tanto maior quanto mais finos e compactados forem os solos;
- Teor de humidade – É um dos elementos mais importantes da reflectividade do solo, como consequência da alta absorção da água, influi inversamente na reflectividade do visível e do infravermelho (1450 – 1900 nm).

Visto que para os solos não existem áreas do espectro específicas (excepto as de absorção em resultado do teor em água e porção visível) que os permitam distinguir, mantém-se válida a opção pelo Landsat TM enquanto sensor mais adequado, também para os solos. Embora somente dum ponto de vista radiométrico, pois falta analisar ainda a resolução espacial e temporal dos sensores, o que será feito de seguida, saindo já das bases físicas da Teledetecção e assumindo, desde já, que a escolha feita é de um vector do tipo satélite, pois não é possível “observar” as regiões essenciais do espectro através de fotografia aérea (emulsão fotográfica), mas somente recorrendo a sensores óptico-electrónicos.

4. Resolução dos Sensores

A resolução de um sensor é, basicamente, a sua capacidade de discriminação, dentro do espectro (tanto a nível das bandas como da capacidade de discriminação), em termos espaciais e temporais. Como o desempenho e adequação do sensor escolhido depende das suas resoluções, bem como o tipo de limitações inerentes, é essencial referir e analisar ainda que com brevidade estes conceitos. Das características do sensor escolhido dependerão não só os resultados, mas também e sobretudo o tipo de abordagem e metodologia a escolher.

4.1 Resolução Espectral

Indica o número e largura das bandas espectrais que o sensor pode discriminar. No caso de um sensor multiespectral há registo simultâneo do mesmo objecto em várias bandas do espectro radiométrico; quanto maior for o número e melhor se adequarem as “larguras de banda” ao estudo a efectuar melhor será o sensor. Isto facilita a capacidade de discriminação de cobertos da superfície terrestre.

4.2 Resolução Radiométrica

Diz respeito à sensibilidade do sensor, à sua capacidade para detectar variações na radiância que recebe. Se nas fotografias pancromáticas se pode falar de uma escala de cinzentos, nos sensores óptico-electrónicos, como a imagem é em formato digital, há basicamente uma quantidade definida de valores que o sensor codifica, por isso se fala de imagens de satélite e não em fotografias. Uma imagem é uma matriz de pixels, uma por cada banda espectral, em que cada pixel apresenta um valor numérico, o Número Digital (DN – Digital Number) (Figura 2.9).

A atribuição de intensidades de brilho a esses valores permite a sua visualização num computador, num só tom ou nos três tons básicos, azul, verde e vermelho. Como quase todos os sistemas têm 256 níveis de intensidade por pixel, correspondendo a uma codificação de oito bits (um Byte), este tipo de resolução não constitui motivo de escolha entre os vários sensores.

Não obstante vale a pena referir que segundo CHUVIECO, E. (1996, p. 95) há uma excepção notável, o NOAA- AVHRR (US National Oceanic and Atmospheric Administration – Advanced Very High Resolution Radiometer) que trabalha com 1.024 níveis (10 bits).

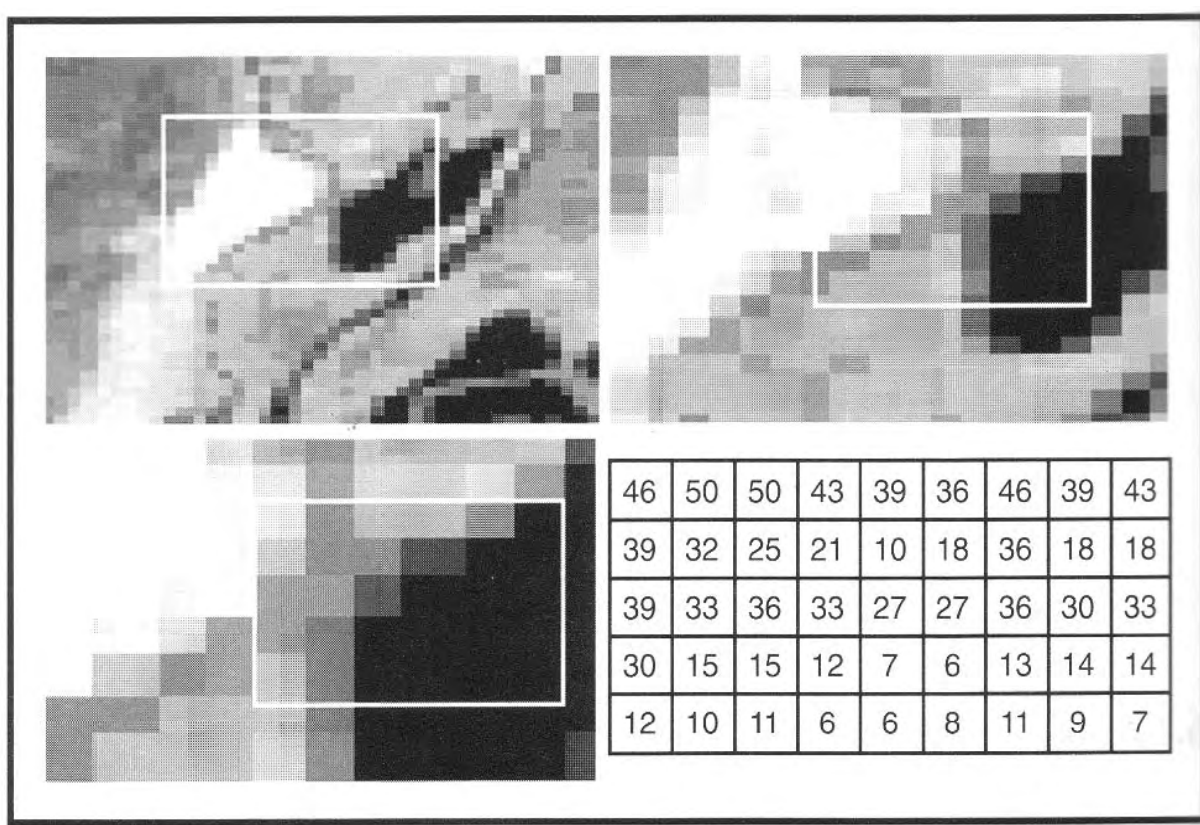


Figura 2.9 – Níveis de cinzento dos pixels, definidos pelos valores numéricos digitais e organização dos dados numa imagem digital (CHUVIECO, E. (1996, pp. 210-211)).

4.3 Resolução Espacial

O objecto mais pequeno que pode ser identificado numa imagem, unidade mínima de referenciação espacial é designado como PIXEL, sendo essa a resolução espacial do sensor. Mede-se em metros de lado, de superfície terrestre, tendo a esmagadora maioria uma forma quadrada. Apresentam-se as resoluções dos principais sensores no Quadro 2.2:

Sensor	Resolução - Pancromático	Resolução – Multiespectral
NOAA AVHRR	-----	1100 m X 1100 m
Landsat MSS	-----	82 m X 82 m
Landsat TM	-----	30 m X 30 m (120 X 120 IV – Térmico)
Landsat ETM	15 m X 15 m	30 m X 30 m (120 X 120 IV – Térmico)
Spot - HRV	10 m X 10 m	20 m X 20 m
IRS - 1	5m X 5 m	20 m X 20 m
Ikonos	1 m X 1 m	4 m X 4 m

Quadro 2.2 – Resolução espacial dos principais sensores de observação da Terra.

A resolução espacial é essencial para a interpretação da imagem, pois controla o nível de detalhe que a imagem oferece, consequentemente comanda a escala de análise e a fiabilidade da interpretação. Por princípio só se podem discriminar elementos de dimensão superior ao tamanho do pixel, embora a relação não seja linear pois um sinal forte (solo) num pixel misto (vegetação pouco densa) oculta o sinal mais fraco. Por isso há autores que consideram que o limiar é o objecto ter pelo menos $\frac{1}{4}$ da área total do pixel (CHUVIECO, E. (1996, p. 92)).

Quanto à escolha do sensor mais indicado para o presente estudo, há vários aspectos a considerar:

- Existem sensores com melhor resolução espacial que o Landsat TM e ETM, mas o detalhe seria tal que não se adequaria à área (extensão) a estudar, quantitativa e qualitativamente, pois o detalhe seria demasiado, a dimensão das imagens enorme e de difícil processamento. Além disso, as melhores resoluções que se podem observar no Quadro 2.2 dizem respeito ao modo pancromático, sensível (somente) a todo o espectro visível, o que não representa uma vantagem em estudos de vegetação, sendo ideal sim para o estudo de áreas urbanas, mas o custo é absolutamente proibitivo (caso do Ikonos);
- Outro aspecto prende-se com o modo multiespectral. Há resoluções espaciais melhores mas não o são a nível espectral (caso do Spot), ou se são os custos e facilidade de acesso a imagens são francamente menos favoráveis (caso do sistema IRS Indiano);

- Em último lugar, mas de importância capital, os sensores de melhor resolução espacial são relativamente recentes, o que dificulta um estudo multitemporal para um período significativo de tempo, o que é essencial neste caso.

4.4 Resolução Temporal

É, tão simplesmente, a periodicidade com que um sensor adquire imagens da mesma porção da Terra. Depende das características orbitais da plataforma (CHUVIECO, E. (1996, p. 97)): altura, velocidade, inclinação e ângulo total de abertura. Varia de uma frequência grande, 30 minutos no caso dos satélites geoestacionários Meteosat, GOES e GMS, para uma frequência menor no caso dos satélites de recursos naturais, 16 dias no caso do Landsat, 31 dias no caso do ERS. A Figura 2.10 proporciona uma boa percepção da relação existente entre resolução espectral e espacial de vários sensores.

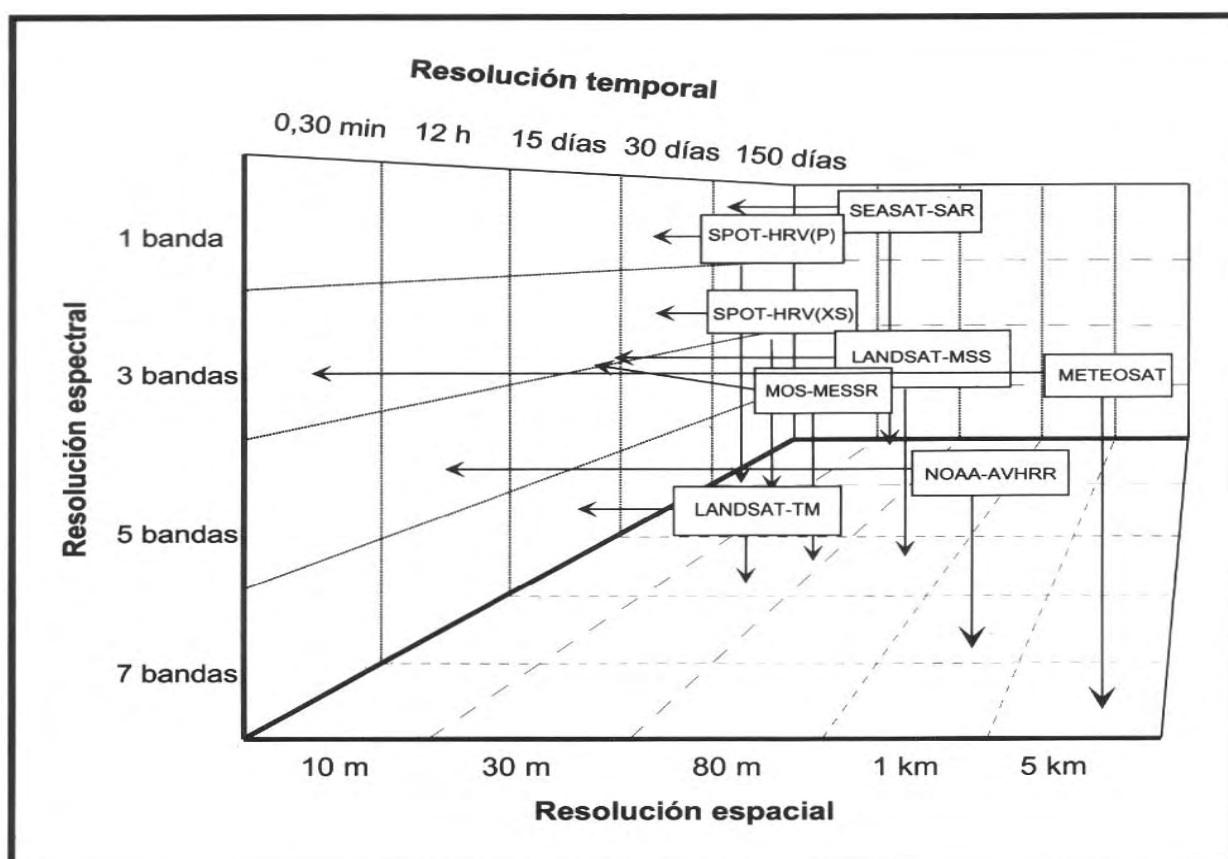


Figura 2.10 – Relação entre a resolução espectral e a resolução espacial de vários sensores (CHUVIECO, E. (1996, p. 98)).

Este aspecto é relevante porque é necessário um céu limpo para se obterem imagens. Assim, no caso de uma passagem uma vez por mês (no caso Português), torna-se pouco provável conseguir uma imagem sem nuvens durante o Inverno. Logo, quanto maior for a periodicidade melhor. Outros casos

há em que a escala temporal pode ser essencial, como por exemplo no estudo de fenómenos naturais extremos, em que um número maior de imagens é claramente mais adequado e importante.

Existe um último aspecto que convém salientar: entre cada órbita que o satélite faz pode haver sobreposição lateral de imagens (casos do Spot e Radarsat), que permite aplicações de estereoscopia (topografia e compilação de modelos digitais de terreno), podendo constituir uma vantagem interessante. Contudo, em termos de resolução temporal este facto aumenta o número de órbitas até o sensor voltar a passar sobre a mesma área (26 dias no caso do Spot).

Por várias razões e por ordem de importância, sobretudo resolução espectral, resolução espacial, resolução temporal, imagens disponíveis há mais tempo para o mesmo sensor (desde 3 de Janeiro de 1985), bem como custos razoáveis, facilidade de acesso e de processamento, volume e qualidade de documentação disponível, o sistema Landsat é neste ponto o mais indicado para este estudo, em que se irão utilizar os sensores TM e ETM. Como tal passemos à descrição, tão breve e sintética quanto possível, do sistema Landsat e dos seus sensores.

5. O Sistema Landsat

Este ponto é sintetizado e adaptado de: BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, pp. 95-99), CHUVIECO, E. (1996, pp. 122-128) e SABINS, F.F. (1996, pp. 69-104), bem como de uma série de artigos técnicos do próprio programa Landsat (existem centenas de páginas com TODOS os pormenores técnicos de todo o programa), disponíveis na Internet e de vários outros autores.

O sistema Landsat é, sem dúvida, a família mais importante de satélites de observação de recursos da Terra até hoje posta em órbita. Antes de 1974 era chamado ERTS (Earth Resources Technology Satellite), tendo a NASA (National Aeronautics and Space Administration) operado inicialmente o sistema, mas em 1985 a responsabilidade de operação passou para a companhia privada EOSAT (Earth Observation Satellite Company). Como a Landsat opera no domínio público internacional, isto significa que, dentro de uma política de “céus abertos” as imagens são adquiridas para toda a superfície da Terra sem necessidade de permissão de nenhum governo e que os utilizadores em qualquer lugar do mundo podem adquirir imagens a preços e prioridades uniformes.

O sistema Landsat proporcionou a primeira base de dados de imagens de cobertura repetitiva do Planeta, com resolução espectral e espacial adequadas a uma enorme série de aplicações. Uma vez que os dados sempre estiveram disponíveis em formato digital, esse facto contribuiu, também, para a promoção da Ciência de processamento digital de imagem.

Características Orbitais	Landsat 1 – 3	Landsat 4-5	Landsat 7
Altitude	907 – 915 Km	705 Km	705 Km
Inclinação	99.2 °	98.2°	98.2°
Órbita	Polar, Heliosíncrona	Polar, Heliosíncrona	Polar, Heliosíncrona
Cruzamento Equador	0930 UTC	0930 UTC	1000 UTC
Período de Revolução	103 minutos	99 minutos	99 minutos
Repetição de Cobertura	18 Dias	16 dias	16 dias
Lançamento	72/7 – 75/1 – 78/3	82/7 – 85/3	99/4
Estado	Terminou 78 – 82 – 83	Não operacional – L4 Operacional – L5	Operacional
Sensores	MSS	MSS - TM	ETM +

Quadro 2.3 – Características dos satélites do sistema Landsat ¹⁷.

Em relação ao Quadro anterior convém esclarecer alguns aspectos, sobretudo no que respeita às características orbitais. Em relação à altitude, quanto maior for, maior é o tempo de vida da plataforma antes da reentrada na Atmosfera e consequente destruição. A 500 km de altitude a vida útil é de 10 anos mas a 600 km é de 50 anos. Quanto mais baixa for a órbita mais curto será o período de revolução em torno da Terra e, consequentemente, a repetição de cobertura de uma mesma área.

A inclinação da órbita comanda o “movimento” sucessivo da plataforma através dos meridianos; se a órbita fosse polar pura o satélite faria a sua revolução sempre em torno do mesmo meridiano. Assim, no caso dos Landsat 1,2 e 3, em cada dia eram completadas 14 órbitas e o “rasto” sobre a superfície da Terra era deslocado 160 Km para Oeste, sendo a sobreposição lateral das imagens cerca de 14 % no Equador e até 70 % nas latitudes polares.

Por fim, o tipo de órbita, que é heliosíncrona. Isto significa que o satélite cruza a linha do Equador sempre à mesma hora solar, acompanha, por assim dizer, o dia ao longo dos meridianos e a sua órbita regride para Oeste. Com o fim de reduzir ao máximo as alterações das condições de observação, os satélites foram dotados de um sistema de estabilização segundo três eixos, orientados para a superfície terrestre e a vertical do Nadir ¹⁸. As correcções da órbita são efectuadas a partir de estações terrestres, o que confere uma grande estabilidade à obtenção de imagens.

Estas plataformas (vectores) têm vários sensores (captore) a bordo. Assim, referem-se em síntese as características do primeiro, o MSS (Multi Spectral Scanner), pois constitui o sensor mais utilizado até hoje, graças a uma série contínua de imagens desde 1972 até ao presente. Este sensor tem

¹⁷ O Landsat 6 foi lançado em Outubro de 1993, com um sensor ETM, mas perdeu-se no lançamento

¹⁸ Ponto da esfera celeste diametralmente oposto ao Zénite.

quatro bandas (três do espectro visível e uma do infravermelho próximo), um campo de visão de 11.56° que corresponde a 185 km da superfície, uma resolução espacial de 57 por 79 metros (por isso há dissimetria entre o número de linhas e colunas numa imagem, 2340 X 3240, pois o pixel não é quadrado) e uma resolução radiométrica de 64 níveis de quantificação.

O sensor TM (Thematic Mapper) pertence claramente a uma nova geração de sensores, tem 100 detectores em vez dos 24 do MSS, a resolução espacial aumenta, o IFOV¹⁹ passa para 30 metros (menos a banda 6 do infravermelho térmico cujo IFOV é de 120 m). Aumenta também a resolução espectral para sete bandas e a resolução radiométrica de seis para oito bits (256 níveis). O campo de visão continua a ser de 185 km. Este sensor representa uma melhoria sensível face ao MSS, mas os custos e o volume de dados que oferece aumentam, cada imagem TM é sete vezes maior que uma MSS (Figura 2.11). Cada imagem completa é um conjunto de sete matrizes, no caso do TM, com 6167 colunas por 5667 linhas em que cada pixel é um valor entre 0 e 255

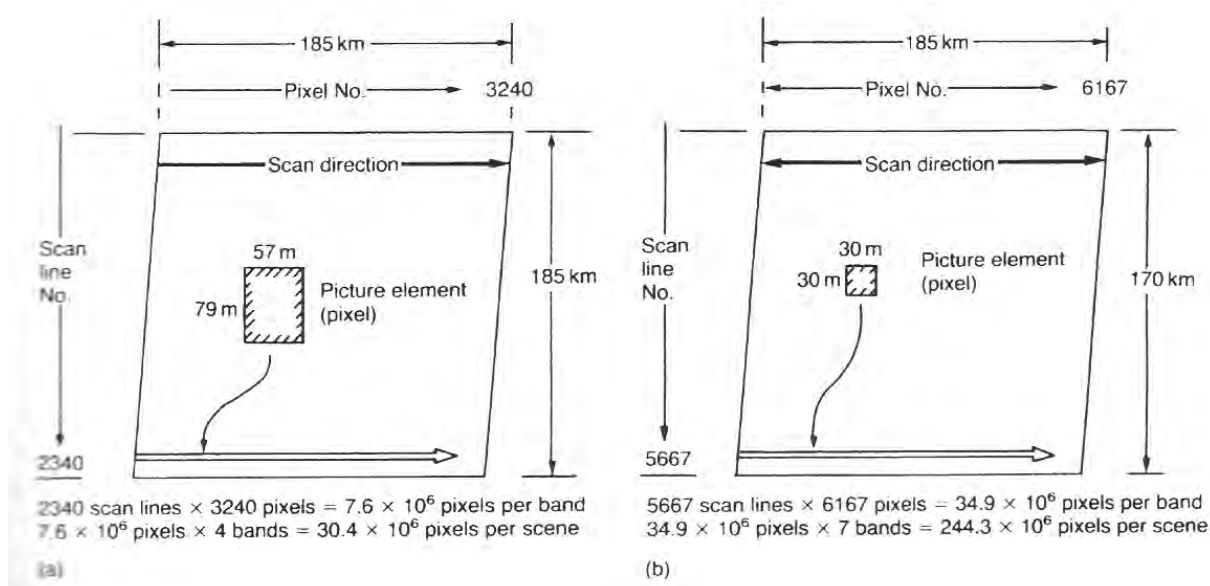


Figura 2.11 – Comparação entre o número de linhas e colunas das imagens TM (b) e MSS (a) (BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 97)).

O sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper, onde o + representa os melhoramentos face ao ETM do Landsat 6 que se perdeu), foi lançado com o objectivo de constituir o melhor sistema de Teledeteção em órbita, a nível de cobertura, alta resolução espacial, resolução espectral e calibragem radiométrica dos sensores. O objectivo foi, também, providenciar dados digitais à comunidade de utilizadores em maior quantidade, com maior rapidez e menores custos.

As grandes novidades deste sensor são: uma banda pancromática com 15 metros de resolução espacial, uma banda no infravermelho térmico com 60 metros de resolução espacial (passam a ser

¹⁹ Instantaneous Field of View, é no fundo a dimensão do pixel, espaço mínimo que cada detector do sensor pode “ver”.

oito bandas no total) e calibragem radiométrica absoluta e geométrica melhorada. O campo de visão mantém-se nos 185 km, cada imagem tem 3.8 Gigabits de dados e tanto a capacidade de transmissão de dados (150 Mbps – Mega bits por segundo) como a sua capacidade de armazenamento a bordo (100 imagens completas) são excepcionais. O acesso aos dados foi também melhorado, a informação relativa às imagens, constituída por imagens de baixa resolução (browse data) com referência à localização, qualidade e cobertura de nuvens bem como informação descritiva da imagem, estão disponíveis através da Internet 24 horas depois da sua obtenção pelo satélite.

A apresentação das características das bandas espectrais dos dois sensores, TM e ETM + (Quadro 2.4), cujas diferenças para as bandas comuns são ínfimas, finaliza a sustentação da escolha de vector e captor, pois constituem, sobretudo o ETM +, a plataforma mais versátil, completa e de melhor qualidade que existe para efectuar um estudo com as características do que se pretende realizar.

Banda	TM (μm)	ETM + (μm)	Características
Pancromático	-----	0.52 – 0.90	Visível e Infravermelho próximo, 15 metros
1	0.45 – 0.52	0.45 – 0.515	Azul – Verde. Penetração máxima da água, útil para cartografia batimétrica em águas pouco profundas. Distinção entre solo e vegetação e entre espécies coníferas e caducifólias.
2	0.52 – 0.60	0.525 – 0.605	Verde – Coincide com o pico de reflexão da vegetação verde, bom para determinar o vigor.
3	0.63 – 0.69	0.63 – 0.69	Vermelho – Coincide com uma banda de absorção de clorofila que é importante para discriminar tipos de vegetação.
4	0.76 – 0.90	0.75 – 0.90	Infravermelho próximo reflectido – Determinação do teor de biomassa.
5	1.55 – 1.75	1.55 – 1.75	Infravermelho médio reflectido – Indica o teor de humidade do solo e da vegetação. Penetra nuvens pouco espessas, bom contraste entre tipos diferentes de vegetação. Diferenciação entre neve e nuvens.
6	10.40 – 12.50	10.40 – 12.50	Infravermelho térmico emitido – Temperatura, stress da vegetação (120 m no TM e 30 m no ETM +).
7	2.08 – 2.35	2.09 – 2.35	Infravermelho médio reflectido – Coincide com uma banda de absorção causada pelos iões de hidroxilo, bom para discriminação de tipos de rocha e teor de humidade da vegetação.

Quadro 2.4 – Características das bandas espectrais dos sensores Landsat TM e ETM + (adaptado de SABINS, F.F. (1996, p. 74)).

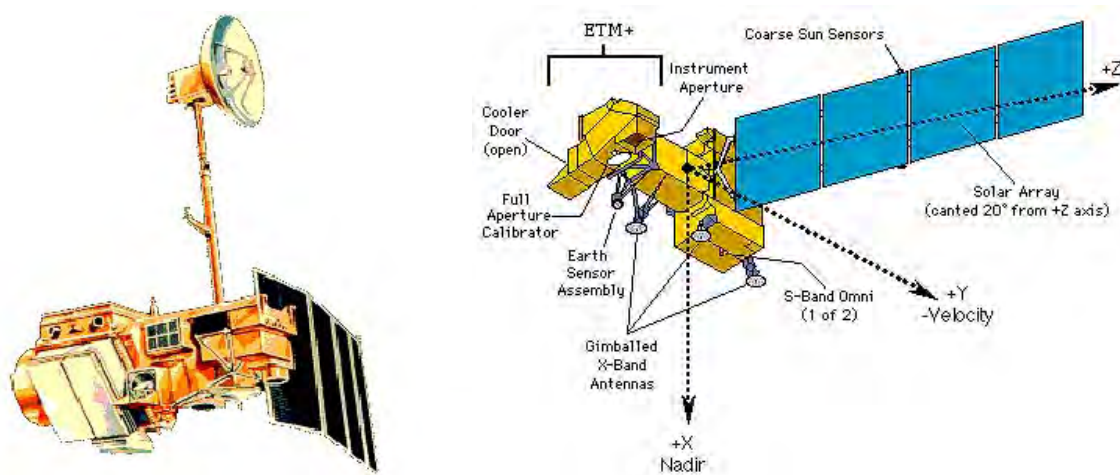


Figura 2.12 – Satélites Landsat 5 (sensor TM à esquerda) e Landsat 7

6. Problemática da Teledetecção

Este ponto resulta da adaptação parcial e selectiva da abordagem de GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, pp. 75-110), que constitui a melhor e mais profunda abordagem à problemática – epistemologia da Teledetecção que foi possível encontrar. A selectividade e adaptação levadas a cabo consubstanciam-se, sobretudo, na adequação ao tipo de estudo que se pretende realizar, bem como à área em estudo e seu tipo de coberto.

É essencial, nesta fase do trabalho, definir de uma forma precisa e clara qual o contexto epistemológico ²⁰ no qual se propõe utilizar a Teledetecção e o tratamento digital de imagem. Se, como já referido, a premissa fundamental da Teledetecção é que a transferência de informação entre o objecto e o sensor é efectuada através de radiação electromagnética, em particular através das variações espaciais, espectrais e temporais dessa mesma radiação, então essas variações de valores podem ser representadas, matematica e conceptualmente, de três formas distintas: imagem, espectro e objecto (LANDGREBE, D. (1997, p. 14)) (Figura 2.13).

A representação como imagem permite a visualização dos dados numéricos. Constitui a primeira interface entre o utilizador e os dados – esta imagem ajuda o utilizador a associar pixels a cobertos da superfície. Na representação espectral a ênfase é dada à assinatura espectral de vários objectos, à forma como se comportam radiometricamente ao longo do espectro, o que pode ser representado graficamente. A representação do objecto implica também os seus valores espectrais, mas neste caso ele é posicionado graficamente num espaço cujos eixos são bandas específicas do espectro, geralmente bandas que os sensores detectam, e que se tornam, assim, num espaço espectral (vectorial) “óptimo” para discriminação dos diversos objectos.

²⁰ Entendido como método de aquisição de conhecimento.

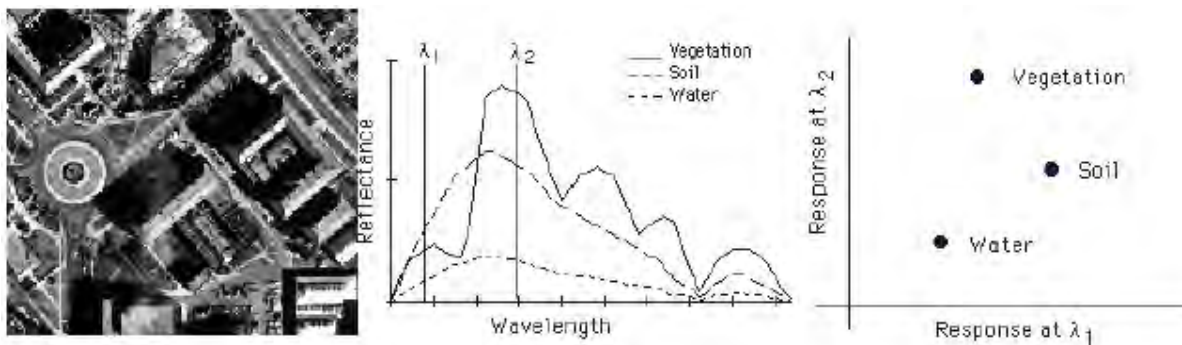


Figura 2.13 – Formas de representar dados multiespectrais, imagem, espectro e objecto (LANDGREBE, D. (1997, p. 15)).

Mas em termos paradigmáticos, não de forma de representação, pode-se dizer que os “problemas” da Teledetecção se inserem num espaço, cujas três dimensões fundamentais são (segundo GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, p. 75)):

- O objecto – A sua natureza, especificidade e características;
- A duração – O passado mais ou menos memorizado, o presente estudado, o futuro prognosticado;
- O espaço geográfico – As duas dimensões laterais que definem um plano ou uma superfície, a dimensão vertical (altitude, altura, profundidade ou espessura) e as relações entre objectos.

6.1 Objectivos

O enquadramento neste espaço implica que se podem estabelecer várias relações entre estes três elementos, quando se realizam estudos em Teledetecção, posicionando-se cada um deles num dado ponto deste espaço tridimensional. Seguindo esta abordagem, segundo GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, p. 76) há vários tipos de pesquisa que se podem realizar:

- Análise da interacção radiação - matéria - Medição das características espectrais de um objecto através de técnicas de medição e registo, em condições naturais ou em laboratório (por exemplo determinar os comprimentos de onda ligados à função clorofilina, 550/675 nm). Neste caso o enfoque é exclusivamente no objecto e nas suas características;
- Estudo do comportamento espectral – Com base em registos de diversas bandas do espectro electromagnético, o objectivo é identificar um objecto pelo seu comportamento. Face a uma imagem de satélite, proceder ao seu tratamento para identificar onde existem objectos cujo comportamento espectral é conhecido, através, nomeadamente, de medições prévias;

- Estudo de um fenómeno evolutivo – Medição de um fenómeno que varia ao longo do tempo (por exemplo a evolução do estado fenológico de uma espécie vegetal). Aqui o enfoque já inclui o objecto e a duração;
- Estudo da repartição de um objecto – Determinação tão precisa quanto possível da extensão no espaço geográfico de um objecto (por exemplo um inventário de áreas ardidas). Objecto, e espaço geográfico;
- Análise da heterogeneidade espacial – Caracterizar um objecto pela diferença entre ele e aquilo que o rodeia (por exemplo, áreas sujeitas a pragas em searas);
- Estudo da estruturação espacial – O objectivo é poder extrapolar cartograficamente o resultado de análises espectrais que identificam diversos objectos, que são caracterizados por diversos comportamentos espectrais (por exemplo cartografia das formações vegetais).

Face a estes vários tipos de abordagem, onde se enquadra então o presente estudo ? Claramente no estudo da estruturação espacial. O objectivo é classificar determinados cobertos vegetais (objecto), cujo comportamento espectral se conhece, na medida em se podem identificar numa imagem (os valores obtidos pelo sensor serão a sua assinatura espectral), permitindo extrapolar cartograficamente a sua distribuição no espaço geográfico da área em análise – classificação do coberto vegetal / uso do solo no Concelho de Mértola. A este objectivo acrescenta-se a sua evolução ao longo do tempo. Há portanto uma relação estrita entre os três elementos: objecto, duração e espaço geográfico.

6.2 Funções

A outro nível, não do posicionamento da problemática, mas no domínio do operacional, existem várias “funções” em Teledeteccção espacial que se podem associar entre si. Segundo GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, pp. 79-83) essas funções são:

- Justificação - Consiste na certificação de que, sob certas condições, as informações recolhidas pela Teledeteccção permitem encontrar aquilo que já se conhece (por exemplo produzir uma carta de solos com base em imagem de satélite que corresponde à cartografia existente a nível de solos). Verificação – validação, no domínio das características espectrais do objecto;
- Identificação – Faz corresponder a um conjunto de informações da Teledeteccção um conjunto de objectos conhecidos do investigador (assinaturas espectrais de objectos);
- Repetição - Caracterização de um objecto pela evolução das suas características espectrais no tempo, análise diacrónica; distinguem-se as características permanentes e as características conjunturais;

- **Determinação** – A identificação permite associar a um sinal radiométrico um conjunto de objectos. Para compreender esta ligação são necessárias informações fora do domínio da Teledetecção, por exemplo, avaliar o volume de madeira explorável num povoamento florestal, o que pressupõe associar à sua repartição espacial (graças à Teledetecção), uma avaliação da quantidade de madeira por espécie, idade e altura, o que pressupõe conhecimento prévio do terreno e trabalho experimental no campo;
- **Interpretação** – Caracterização de um conjunto de objectos não directamente discerníveis em Teledetecção, pelo seu comportamento espectral e organização espacial. Requer, portanto, a identificação, a determinação, mas também a repetição, a análise da repartição de cada objecto e a organização dos objectos entre eles. Implica conhecer o terreno, os objectos – temas presentes e proceder a uma interpretação dos dados da imagem, por forma a atribuir significado temático (“contentor”) a um conjunto de dados radiométricos (“conteúdo”);
- **Extrapolação** – Generalização de um modelo de identificação, de determinação ou interpretação, de áreas de pequena dimensão para um espaço muito maior, geralmente e no máximo uma região. Depois de se ter efectuado a interpretação passa-se à extrapolação – generalização no espaço geográfico envolvente ou adjacente;
- **Unificação** – Função cartográfica que consiste em produzir uma carta temática, a partir de documentos da Teledetecção, a uma dada escala, a partir de diversos documentos temáticos, a escalas diferentes e que não cobrem a totalidade da área que se pretende cartografar.

Novamente, importa definir quais as funções a que se vai recorrer neste estudo. É esse o objectivo deste ponto, enquadrar a abordagem funcional a seguir na problemática da Teledetecção. Pode-se dizer que serão utilizadas quatro funções, três delas num período prévio do tratamento da imagem de satélite, e o outro como grande objectivo do próprio tratamento, a classificação:

- **Identificação** – O conhecimento do terreno, através da sua exploração e trabalho sistemático de campo, permite identificar numa imagem objectos, temas. Assim sendo é possível transformar porções da imagem numa amostra numérica estatística, descritora de um objecto – tema conhecido. Trata-se de designar, classificar determinadas “manchas” existentes na imagem atribuindo um carácter temático ao seu conteúdo;
- **Repetição** – Alguns usos do solo, sobretudo os agrícolas, são mais facilmente classificáveis se se utilizar uma abordagem multi-temporal, diacrónica. Um tipo de cultura pode ter como melhor descritor, que o permita separar e diferenciar dos objectos vizinhos – a forma como o comportamento espectral do campo se altera – embora o argumento possa parecer um pouco estranho, na medida em que a repetição permite identificar um objecto e não uma área. Um

exemplo poderia ser um campo de trigo: lavrado na Primavera, semeado no Outono, em crescente desenvolvimento vegetativo até à Primavera seguinte, com restolho depois de ceifado, em pousio no ano seguinte. Ou seja, a forma como uma mesma área evolui espectralmente pode ser um óptimo indicador do coberto vegetal que possui em determinado momento;

- **Interpretação** – Certos cobertos vegetais, como o mato semi-natural mais ou menos denso, não são discerníveis em termos da resolução espacial da maioria esmagadora dos sensores. Assim, tanto pela forma como evoluem temporalmente (ao invés dos campos agrícolas, mantêm-se mais estáveis), como pela sua organização espacial ou posição (por exemplo maior densidade em áreas de maior declive), poderão ser identificados nas imagens. Aqui estão integradas as três dimensões: espectral, temporal e espacial;
- **Extrapolação** – Constitui o objectivo final do estudo. Trata-se de extrapolar os temas – objectos conhecidos, através da identificação, repetição e interpretação, temas esses que passam a constituir um modelo extrapolável a toda a imagem por um processo de classificação. O resultado final é um documento cartográfico temático e evolutivo. Ao identificar áreas teste dos cobertos – usos na imagem, os valores radiométricos desta amostra estatística passam a constituir o descritor estatístico com base no qual se procede à extrapolação – classificação de toda a área. No entanto, é necessária prudência, pois o modelo construído (de objectos e temas) pode não fazer qualquer sentido numa região adjacente, devendo por isso resultar de uma análise e conhecimento profundo e minucioso de toda a área à qual se quer extrapolar o modelo.

6.3 Relações Entre a Análise do Objecto e a Imagem

6.3.1 Objecto

Para analisar objectos, através da Teledetecção, é necessário estudar as suas características específicas e as suas características espaciais, ou as suas características específicas e as suas características temporais. Pode-se também analisar as características temporais e espaciais e, em seguida, procurar qual é o objecto, ou a organização de objectos que corresponde às unidades definidas. É esta última abordagem a escolhida, e ela consiste em analisar as características multi-espectrais e multi-temporais dos “temas” reconhecidos no terreno (o coberto vegetal – uso do solo).

Se é possível definir no espaço e no tempo um objecto, que tem um comportamento específico, detectável espectralmente, então existe fisicamente um objecto a que podemos fazer corresponder uma designação – áreas homogéneas, discerníveis radiometricamente. Contudo, esse objecto não corresponde, obrigatoriamente, a um tema particular, pode até consistir numa associação de temas, ou corresponder a uma organização específica de objectos. Um exemplo pode ser o montado: é um

tema que resulta da associação de um tipo de espécie florestal, com uma determinada organização espacial, associado a outros usos como o cereal, pousio ou terreno lavrado. Assim, esse tema, se tiver no seu conjunto um comportamento espectral discriminante, “existe”, embora resulte de um conjunto de diferentes objectos organizados espacialmente de uma forma específica, mais do que pelas características espectrais de cada um dos objectos que o constituem.

O mesmo se passa com a evolução temporal, como já foi referido para os campos de cereal de sequeiro. O que caracteriza mais o tema é a sua variação espectral (diferentes objectos) para uma mesma área durante um certo período de tempo, ou, da mesma forma, a repartição espacial e a posição que podem também constituir um melhor descritor do que as próprias características espectrais intrínsecas do objecto. Em todo o caso, o objecto deve ser definido antes, durante ou depois do tratamento da informação da Teledetecção. Por essa razão, haverá neste trabalho três etapas para efectuar a passagem da informação da Teledetecção para a identificação e interpretação do objecto (Figura 2.14):

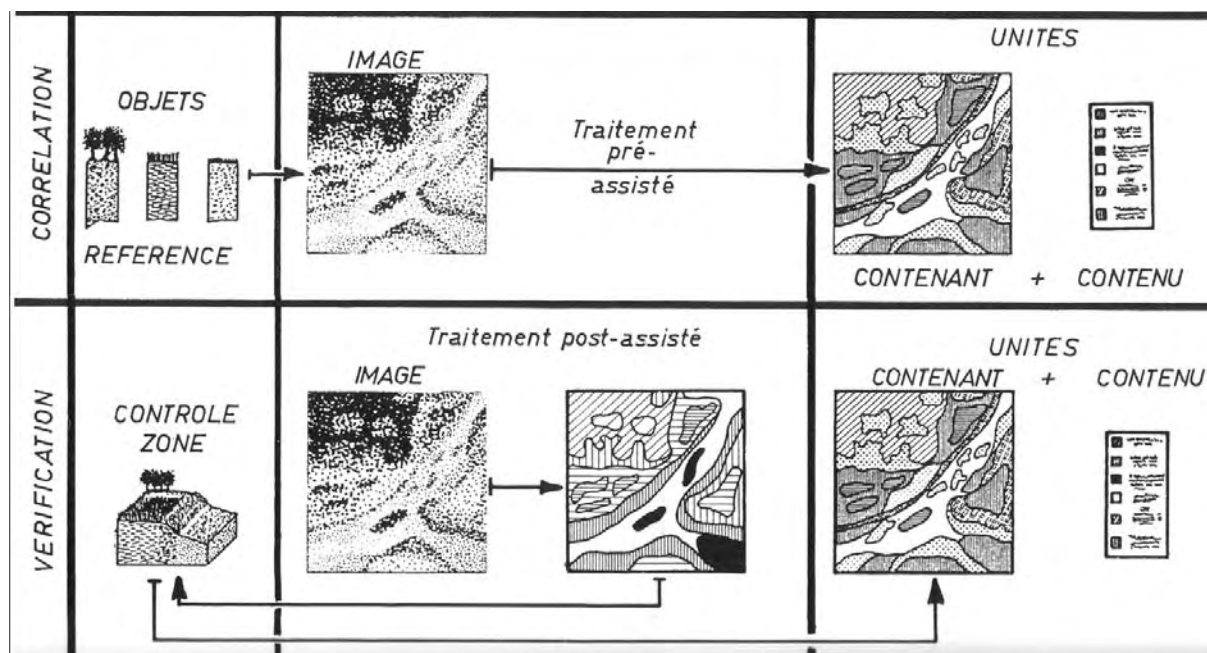


Figura 2.14 – Correlação, verificação (GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, p. 84)).

- Tratamento e análise prévia das imagens, por forma a avaliar o zonamento que resulta exclusivamente da realidade radiométrica dos objectos no terreno, através da visualização estrita da imagem. No entanto, o conteúdo de cada zona visualizada pode não ser claro. Visto que há, neste caso, conhecimento prévio e minucioso do terreno, é basicamente um processo de comparação – inicialização entre o conhecimento antecedente do investigador e os dados da imagem;

- Correlações – Estabelecimento de referências de terreno (pressupõe a identificação dos objectos – temas no campo), durante a passagem do captor, por forma a correlacionar as informações espectrais registadas com as áreas teste escolhidas no terreno. A partir daqui pode-se proceder à função extrapolação;
- Verificação – Determinar se as áreas classificadas na imagem correspondem à verdade do terreno (ground truth). Processo de verificação, em áreas de controlo, teste da qualidade da extrapolação feita por correlação entre áreas de referência e os valores radiométricos da imagem captados pelo sensor.

No entanto, é essencial não confundir áreas de referência com áreas de controlo, aliás, certo tipo de abordagem que sobrevaloriza a “ground truth” constitui um caminho perigoso e paradigmaticamente dúbio, pois o terreno não dá a verdade, mas uma informação. Esta informação varia com o lugar e o momento em que é feita a leitura e, como tal, toda a abordagem à Teledetecção que busca as assinaturas espectrais dos objectos (“absolute ground truth”) acaba por produzir resultados dúbios e duma aplicabilidade no espaço geográfico muito discutíveis.

6.3.2 A análise da Imagem

A análise das imagens da Teledetecção deve orientar-se para uma interpretação diacrónica e multi-banda, embora existam muitos tratamentos informáticos possíveis. A abordagem metodológica a este tratamento pode assumir dois aspectos, sinteticamente:

- Abordagem analítica – Registam-se os valores radiométricos dos objectos no terreno e com base nesses valores identificam-se as áreas da imagem onde existem esses valores e que, logo, correspondem à presença desse objecto. Muito utilizada pelos “mentores” da verdade absoluta do terreno, representa mais uma investigação no domínio da física do que uma aplicação temática do tratamento das imagens de satélite, como tal está fora do contexto ou interesse deste estudo;
- Abordagem estatística – A imagem é uma matriz numérica, logo cada pixel é um vector numérico com tantas coordenadas quantas as bandas do sensor. Isto permite que sejam aplicados diversos algoritmos de classificação, para constituir populações, onde a homogeneidade seja máxima no seu interior e a heterogeneidade máxima entre diferentes populações (classificação não supervisionada). Outra opção é determinar áreas teste, o que pressupõe conhecimento do terreno, recolher os valores de reflectância correspondentes a estas áreas na imagem, passando estes valores a constituir a amostra estatística desses objectos – temas. Através de algoritmos de classificação, agrupam-se todos os pixels que pertencem (estatisticamente) a cada uma dessas populações (classificação supervisionada);

A abordagem escolhida é a estatística, recorrendo a uma classificação supervisionada. Como se pode ver na Figura 2.15, o processo consistirá em escolher áreas teste (objecto – tema), que passarão a constituir a amostra estatística de uma população. Amostra essa que, numericamente, será o resultado dos valores de reflectância dessas porções da imagem. A partir destas será feita a extrapolação a toda a área de estudo por um processo de classificação, que se denomina por isso como supervisionado, na medida em que há pré-determinação das populações por parte de quem vai efectuar o tratamento, graças à identificação e interpretação prévias.

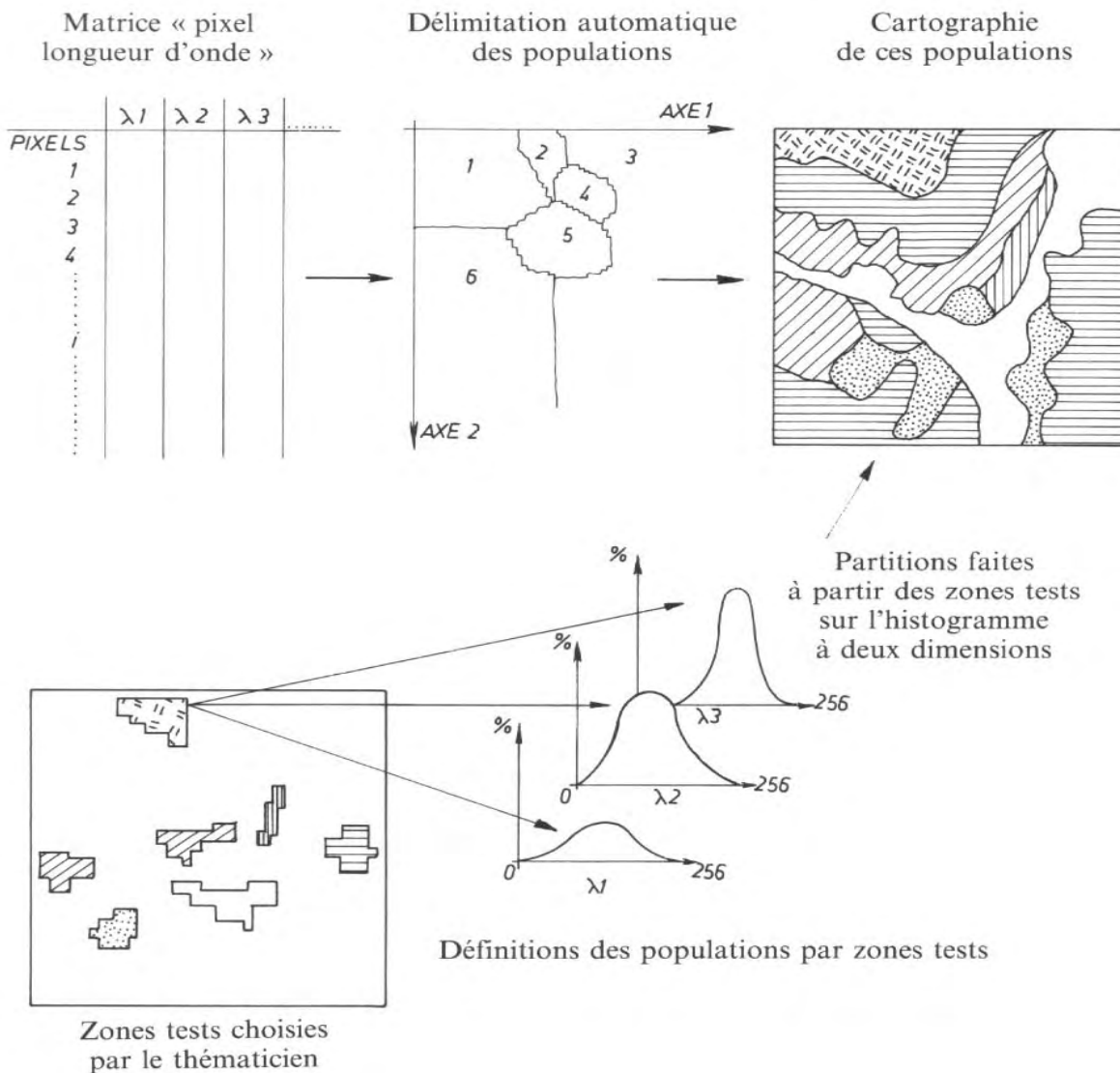


Figura 2.15 – Abordagem estatística: classificação não supervisionada em cima; supervisionada em baixo, resultado final é uma cartografia das populações (GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, p. 90)).

6.4 Metodologia da Interpretação

O método parte do objecto e do seu comportamento espectral para chegar à interpretação da imagem. O objectivo é obter um documento cartográfico temático, conjunto dos limites definidos em extensão e representando conjuntos organizados de objectos, que são caracterizados por um conjunto de conteúdos definidos radiometricamente. Quais são, então, os dois tipos de análise a seguir em termos de metodologia de interpretação ?

- O objecto e a sua reflectância – Trata-se de definir os objectos ou grupos de objectos pelo seu comportamento espectral. Cria-se um modelo, em que as várias populações se consubstanciam radiometricamente num conjunto de valores;
- Análise corológica – Consiste em analisar no espaço geográfico a repartição dos objectos, definidos no espaço radiométrico. Existem repartições corológicas de objectos que são significativas: por exemplo, a água pode-se repartir na imagem por linhas mais ou menos espessas (linhas de água), ou formas oblongas (lagos, albufeiras). Assim, a forma de uma zona correspondendo a um objecto ou conjunto de objectos é um importante factor de interpretação e o objecto, além de se caracterizar pelo seu comportamento espectral, também se caracteriza pelas formas que pode assumir no espaço geográfico.

Em síntese, as escolhas para este estudo enquadram-se na problemática da Teledetecção da seguinte forma:

- Objectivos – Estudo da estruturação espacial dos objectos – temas e sua evolução temporal. Extrapolação cartográfica de diversos objectos – temas, com base nas suas características radiométricas, que os tornam numa população espectralmente homogénea. Relação estreita entre objecto, duração e espaço geográfico. O resultado final deve ser um documento temático dos cobertos vegetais – uso do solo e sua evolução;
- Funções – Numa fase prévia: identificação de objectos – temas na imagem e repetição (abordagem diacrónica multi-temporal). O corpo do estudo recorre à interpretação e extrapolação para toda a área geográfica em análise;
- Análise do objecto - Análise das características multi-espectrais e multi-temporais dos objectos – temas reconhecidos no terreno (o coberto vegetal – uso do solo). As etapas são: a análise e tratamento prévio das imagens, a correlação (áreas de referência) e a verificação (áreas de controlo);
- Análise da imagem – Abordagem estatística, classificação supervisionada;

- Metodologia de interpretação – Definição dos objectos – temas pelos seus comportamentos espectrais e análise corológica e pela sua forma e posição;

7. Escala e Teledetecção

Depois de definido o enquadramento na problemática da Teledetecção, bem como vários aspectos metodológicos inerentes à abordagem escolhida para este estudo, torna-se importante aflorar a questão do conceito de escala no contexto estrito da Teledetecção. Embora a escala esteja mais ou menos intrinsecamente relacionada com a resolução espacial dos sensores, há outros aspectos a ter em conta. Sendo um assunto particularmente “querido” e até inerente à Geografia, serão somente discutidos os aspectos ligados à problemática da Teledetecção.

O conceito de escala define “...tanto a magnitude de um estudo (e.g. a sua extensão geográfica) como o grau de detalhe (e.g. o seu grau de resolução espacial). É usado no contexto do espaço (escala geográfica), tempo (escala temporal) e muitas outras dimensões da investigação” (QUATTROCHI, D.A.; GOODCHILD, M.F. *Eds.* (1997, pp. 1)).

A escala geográfica é essencial porque define os limites da observação efectuada, tanto a nível da extensão como do grau de pormenor, que no contexto da Teledetecção é, basicamente, o pixel, unidade mínima de observação espacial. Mas a escala geográfica também é essencial, na medida em que constitui geralmente um parâmetro dos processos físicos e sociais, que dão forma aos fenómenos geográficos.

No domínio espacial existem, segundo CAO, C.; LAM, N.S. (1997, pp. 57-59), pelo menos quatro significados de escala:

- Escala Cartográfica – Proporção entre a distância num mapa e a distância correspondente no terreno. Uma mapa de pequena escala cobre uma área muito grande com pouco detalhe, um mapa de escala grande cobre uma área mais pequena com mais pormenor;
- Escala Geográfica (de Observação) – Espaço ou extensão espacial de um estudo, escala é a distância a que se observa o objecto, seja ele um objecto físico ou um fenómeno;
- Escala Operacional – Escala a que certos processos operam no Ambiente, também designada escala de acção. É inerente ao fenómeno geográfico, sendo assim importante ser definida previamente por forma a determinar a correcta escala de observação para determinado fenómeno, isto porque determinados fenómenos observáveis a uma certa escala podem não o ser observáveis a outras;

- Resolução – Escala de medição que se refere à mais pequena porção discernível de um objecto. Pode ser espacial, caso dos pixels numa imagem de satélite, ou temporal, intervalo de medição de um objecto ou fenómeno. Em função do volume de dados, geralmente, quanto maior for a escala de observação menor é a resolução.

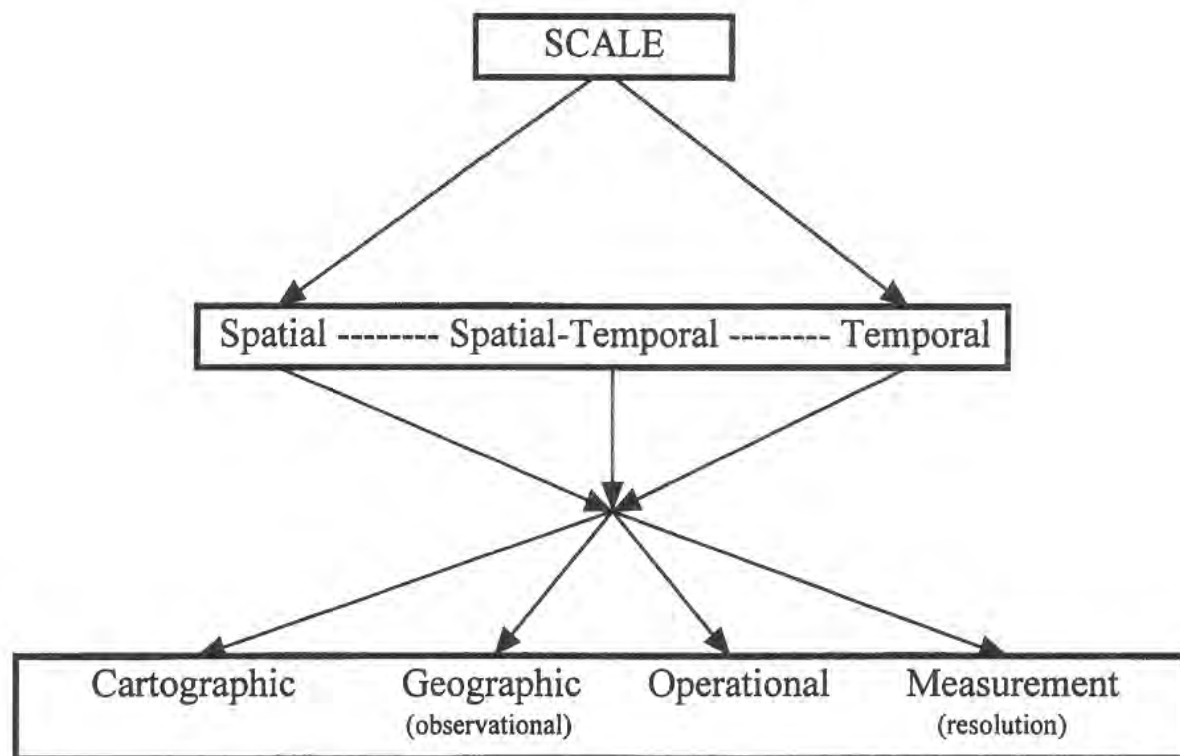


Figura 2.16 – Significados de escala (CAO, C.; LAM, N.S. (1997, p. 58)).

No contexto deste trabalho, convém em primeiro lugar discutir a escala de medição, resolução. O ideal seria possuir um sensor que pudesse discernir elementos mínimos, neste caso espécies vegetais, mas isso não só não é possível como não é desejável. Isto porque o volume de informação resultante, para escalas de observação de âmbito regional, seria gigantesco, quase impossível de manusear e processar, implicando assim e somente escalas cartográficas muito grandes e escalas operacionais mínimas.

Qualquer investigador que usa a Teledetecção como instrumento “sonha” com resoluções sucessivamente maiores. Não obstante é mais uma questão de puro fascínio e abertura de perspectivas de análise do que potencial aplicabilidade às escalas mais comuns a que os geógrafos trabalham. O instrumento deve sim constituir um meio adequado aos objectivos, sendo que aquilo que é considerado como uma limitação de um sensor, a sua resolução espacial, acaba por ser uma virtude.

De facto, como refere TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (1991, pp. 57), “A Teledetecção existe como meio de integrar respostas espacialmente heterogéneas num formato mais facilmente mensurável, quantificando as respostas espectrais a uma determinada escala [...] logo, o domínio multiespectral existe como factor de integração de fenómenos relacionados com escala”. Assim, a resolução da análise acaba por ser igual à resolução espacial do sensor, que deixa de constituir limitação e passa a ser um elemento integrador. Um bom exemplo são os estudos de vegetação a nível global, cuja resolução é da ordem dos cinco quilómetros, pois caso contrário não seriam exequíveis tecnicamente e, porque não, até conceptualmente.

Cada pixel constitui o valor “médio” de determinada porção da superfície terrestre, o que em termos de identificação de comunidades vegetais é bastante mais relevante do que conseguir identificar, objecto a objecto, várias espécies vegetais, embora se caminhe cada vez mais para resoluções cada vez maiores. No contexto da área de estudo, certos cobertos vegetais são mistos, possuindo uma enorme diversidade de espécies (e.g. vegetação semi-natural esclerófila), torna-se portanto mais significativo e relevante obter um valor “médio” deste coberto para determinada porção de espaço.

Claro está que a resolução se tem que adequar, até certo ponto, aos fenómenos e objectos que se querem estudar. Não seria adequado estudar a ocupação vegetal dos socacos do Minho com uma resolução de um quilómetro, pois os objectos constituem uma realidade espacial de muito menor dimensão, como não faria sentido estudar a distribuição da salinidade no Oceano Atlântico com uma resolução de um metro. O que aqui está em questão é adequar a resolução à escala operacional, e nesse aspecto o sensor escolhido (Landsat) e a resolução – escala de medição são adequadas, pois pretendem-se identificar tipos de coberto vegetal – uso do solo que só são relevantes a uma determinada escala de observação. O fenómeno que se pretende observar “existe”, geográfica e espacialmente, à escala da parcela agrícola ou em manchas relativamente grandes, logo, tanto a resolução (escala de medição) de 30 metros do sensor como o âmbito regional de análise se adequam ao objecto de estudo (escala de observação e operacional).

Resta a escala cartográfica, pois um dos objectivos da classificação do coberto vegetal – uso do solo através do tratamento digital de imagem de satélite é produzir cartografia temática. A dimensão espacial do pixel condiciona a unidade mais pequena de informação que se pode cartografar. Nesse contexto (cartografia) o pixel passa a ser, automaticamente e também, a unidade mínima cartografável. Segundo vários autores (ANDERSON, L.J. *et al.* (1976), CAMPBELL, J.B. (1987) citados por CHUVIECO, E. (1996, p. 152)) esta unidade mínima não deve ser inferior a 4 mm², medidos à escala do mapa, implicando portanto que a escala cartográfica estará directamente relacionada com a resolução.

Não faria sentido produzir cartografia à escala 1:50.000 utilizando o sensor AVHRR²¹, pois a unidade mínima cartografável seria aproximadamente 2 X 2 cm (1 Km²), tal como não seria razoável realizar um estudo de pequena escala (e.g. 1:1.000.000) a partir do Landsat TM, pois teria que se generalizar largamente os resultados até atingir a unidade mínima cartografável (CHUVIECO, E. (1996, p. 152). De acordo com a Associação Cartográfica Internacional as escalas limite mais correctas para vários sensores são (segundo LÓPEZ V. (1989) citado por CHUVIECO, E. (1996, p. 152)):

• NOAA – AVHRR	1:2.000.000	Pixel 1 Km
• Landsat MSS	1:200.000	Pixel 80 Metros
• Landsat TM	1:100.000	Pixel 30 metros
• Spot HRV – Pancromático	1:50.000	Pixel 10 metros

Mas existe outro aspecto relacionado com a escala cartográfica, que de certa forma representa um raciocínio inverso a este embora aponte para escalas cartográficas equivalentes para o Landsat TM. Como refere GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989, pp. 105-106), trata-se de saber “quanto espaço” real permite identificar determinado coberto – uso com base na dimensão do pixel. Aplicando a regra do quarto, segundo a qual é necessário uma informação (dado – pixel) por quarto de centímetro quadrado de carta elaborada, cada centímetro quadrado de carta representaria quatro vezes a superfície do elemento de resolução (pixel).

Mas dificilmente se consegue identificar um objecto somente com três ou quatro valores (pixels), pois muito dificilmente se encontram pixels puros. Isto implica que a superfície mínima para a determinação de um objecto varia entre os 25 e os 100 hectares para o Landsat TM e os 12 a 8 para o Spot HRV, que correspondem a escalas de 1:100.000 e 1:28.000 respectivamente. Estas escalas são pois as que parecem razoáveis para representar abordagens temáticas a partir de imagem de satélite.

Claro está que estes valores dependem, e muito, do tipo de objectos e dimensão das manchas a identificar no terreno. Face à realidade do Concelho de Mértola, nomeadamente a pequena dimensão da propriedade em algumas áreas e a tipologia de manchas de vegetação semi-natural, por vezes muito pequenas, a escala 1:100.000 é exageradamente pequena. Cumprindo esta regra, à escala 1:100.000 a unidade mínima cartografável será de 200 por 200 metros, ou seja, cerca de 6 X 6 pixels o que implica um grau de generalização excessivo e redutor das capacidades de discriminação do sensor a nível espacial e radiométrico.

A escala 1:100.000 parece ser a mais correcta em termos de visualização, mas optar-se-á por diminuir a unidade mínima cartografável para cerca de metade de um milímetro, o que é perfeitamente exequível tecnicamente, não representa qualquer problema a nível de visualização e diminui bastante o grau de generalização, que passará a ser de cerca de 2 X 2 pixels. A imagem mantém qualidade,

²¹ Resolução espacial de 1 km X 1 km.

sem sobressair grandemente o rendilhado dos pixels dada a sua dimensão, e mantém-se na integra o mosaico e heterogeneidade espacial dos cobertos – usos classificados.

O que está em discussão é, não só, uma questão de quantidade de informação mas também de qualidade de informação, cartografável e detectável pelo sensor. Como tal, e reforçando o que já foi dito para efeitos deste estudo a cartografia final nunca será de uma escala maior que 1:100.000, embora se recorra a fotografias aéreas e cartografia de base à escala 1:25.000 para identificação de áreas teste e verificação dos resultados.

De qualquer forma seria impossível fazê-lo no espaço de uma folha A4, pois à escala 1:100.000 o Concelho de Mértola ocuparia quase um metro quadrado, portanto a cartografia será a uma escala inferior, o que é se pode considerar como correcto em excesso. Somente porções da imagem ou carta final serão representados a uma escala maior para objectivos específicos e pontuais.

Há no entanto outro aspecto que é relativamente intrínseco à escala cartográfica: o número e desagregação das categorias a discriminar. Assim, a legenda terá que ter um número de classes adequado não só à escala cartográfica como também à escala de observação. Visto que também há uma quantidade máxima de tons que, idealmente, se conseguem destrinçar numa carta temática, apontaremos como limite máximo de classes cerca de 15 categorias na legenda

Capitulo III

Processamento Digital de Imagens de Satélite

1. Sequência Ideal de Procedimentos para o Tratamento Digital de Imagens de Satélite

Neste ponto os objectivos do estudo estão definidos de uma forma concreta: produção de uma carta temática do coberto vegetal – uso do solo por tratamento digital de imagem de satélite. Estes objectivos estão devidamente enquadrados na epistemologia actual da Geografia. O posicionamento na problemática da Teledeteção está também definido, a nível do enquadramento dos objectivos, das funções a utilizar, do tipo de análise do objecto e análise da imagem, bem como da metodologia da interpretação a ser empregue.

O vector e captor a serem utilizados estão também escolhidos (Landsat TM e ETM +), por serem aqueles que mais se adequam ao tipo de objecto a identificar, eminentemente diversos tipos de coberto vegetal. Estão também definidas as escalas: de cartografia, de observação, operacional e de medição (resolução).

Deve-se agora apresentar o esquema das etapas do processamento, na forma de uma sequência ideal de procedimentos (Figura 3.1). Neste esquema constam, como não poderia deixar de ser, alguns dos passos já efectuados até aqui, nomeadamente a definição de objectivos, metodologia e conhecimento do terreno. Convém fazer algumas observações e comentários quanto aos elementos desta sequência:

- Metodologia - O tratamento da imagem vai ser declaradamente digital; não obstante terá também uma componente visual de análise das imagens. É portanto uma metodologia mista na sua fase preliminar;
- Conhecimento de campo – É essencial, sobretudo e mais ainda no caso de uma abordagem geográfica. Grande parte dos resultados de estudos deste tipo ficam aquém do desejado porque o trabalho de campo não foi devidamente levado a cabo. Caso não se compreenda minuciosa e profundamente a Paisagem, o seu passado e evolução bem como o funcionamento do ecossistema e toda a dinâmica de um espaço, os resultados serão “catastróficos” em fases posteriores. O geógrafo tem, neste campo, uma vantagem esmagadora, pois está habilitado a “ver” a Paisagem de uma forma muito mais integrada e, simultaneamente, muito mais profunda no que diz respeito às várias componentes e sua dinâmica funcional. Poder-se-ia, infelizmente, citar exemplos de tratamentos digitais de imagem de satélite que partiram de trabalhos de campo em que o investigador “viu” coisas que não existiam, não “viu” grande parte do que existia, ou não compreendeu aquilo que viu. O que está em questão é o carácter temático e funcional de determinado coberto, enquanto uso de solo, dum determinado espaço geográfico, não a identificação “pura” dos objectos. Como se poderá ver mais adiante, um dos erros mais comuns no estudo de áreas que são eminentemente do domínio vegetal (por oposição ao mineral e ao urbano), é o facto de se associarem determinados cobertos a “estados” do ecossistema sem se ter, de antemão,

tentado compreender o espaço em que se está a trabalhar. Erro temático, não de identificação das espécies vegetais. Basicamente é o velho paradigma de olhar mas não ver. Deve-se portanto evitar estes escolhos no caminho, se possível for, mesmo que isso implique segmentar em demasia certos aspectos e elementos, como a justificação da elaboração da pré-legenda. Qual é então a sequência ideal de procedimentos para o tratamento digital de imagens de satélite ?

- Selecção da informação – Fundamentalmente está feita, quanto ao sensor a utilizar e devidamente justificada. A escolha das datas será devidamente aprofundada na descrição e enquadramento das imagens;
- Pré-processamento – Existem três fases:
 - o Preparação dos dados para análise subsequente – Análise da qualidade dos dados;
 - o Correção radiométrica – Como anteriormente referido (Capítulo II, Ponto 3 – Bases Físicas da Teledetecção) as características da Atmosfera no momento de obtenção da imagem influenciam, e muito, a forma como a radiação é recebida pelo sensor. Não obstante, a transformação dos números digitais em valores radiométricos faz sentido, quase exclusivamente, em estudos de comportamento espectral e interacção matéria radiação (como definidos no Capítulo II, Ponto 6.1); não se procederá portanto a correções radiométricas;
 - o Correção geométrica – Relação entre a representação de objectos no terreno na imagem e a sua posição geográfica efectiva na superfície da Terra. As razões para a existência destes “desvios” são múltiplas e serão devidamente explicadas na fase de correção geométrica tal como os vários algoritmos de correção e aquele que foi escolhido;
- Análise visual – Realces de Imagem – Princípio da interpretação, extracção visual de “manchas” a partir da visualização das imagens, avaliação da significância radiométrica de objectos – temas conhecidos no terreno. O realce de imagem deve ser feito somente para interpretação visual da imagem, pois produz alterações numéricas nos dados, adulterando-os;
- Definição da pré-legenda – Baseada no conhecimento real do terreno, na análise visual das imagens, nas características e resoluções do sensor e, sobretudo, nos objectivos do estudo a realizar. Visto que esta pré-legenda se consubstancia num conjunto de designações temáticas, que vão ser atribuídas a conjuntos de dados numéricos (as classes de objectos - temas), é logo neste ponto que se condiciona, irreversivelmente, a classificação – extrapolação dos dados de referência. Como tal, é uma fase crucial que deve ser abordada de

uma forma sólida em termos teóricos e profunda em termos do entendimento funcional da área. Tudo isto, como foi referido antes, tem como ponto de partida o trabalho de campo e conhecimento do terreno que daí resulta;

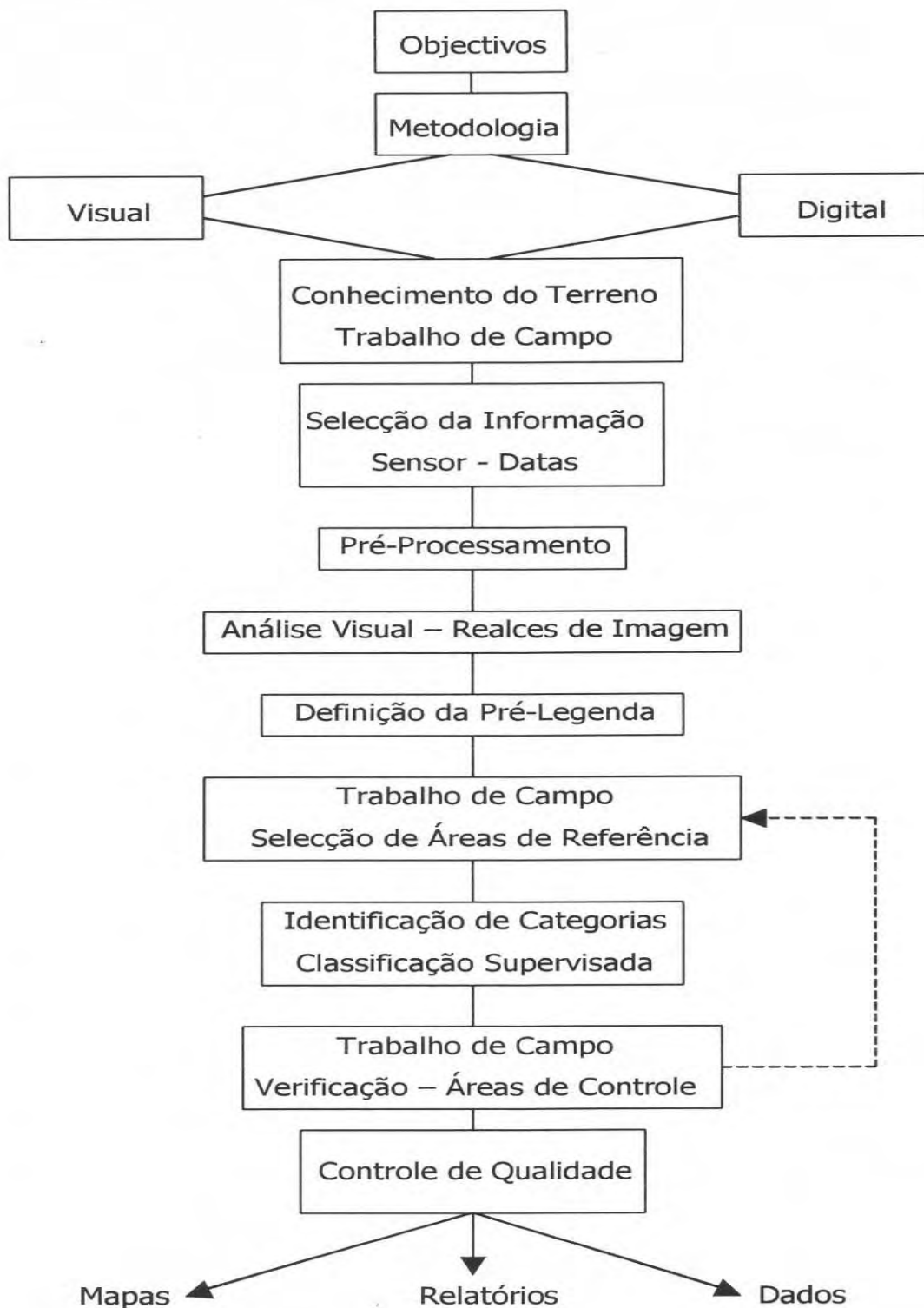


Figura 3.1 – Sequência ideal de procedimentos para o tratamento digital de imagem de satélite (adaptado de CAMPBELL, J.B. (1996, p. 117) e CHUVIECO, E. (1996, p. 163)).

- Trabalho de campo – Selecção de áreas de referência – Esta segunda fase tem por objectivo familiarizar o “intérprete” com a imagem a partir do terreno, escolhendo (com a ajuda de cartografia de base e fotografia aérea, o mais comum) as áreas definidas na pré-legenda, que passarão a ser as áreas de referência. O ideal é este trabalho ser feito numa data o mais próximo possível da obtenção da imagem pelo sensor. Aqui existem outros riscos, sobretudo de cariz posicional, pois é capital ter a certeza de que se delimitam na imagem as áreas efectivamente identificadas no campo, e a posição geográfica tem que ser o mais correcta possível. Há portanto que ser extremamente rigoroso, caso contrário a amostra que se está a constituir, com os dados de reflectância da imagem, pode não corresponder aquilo que o “intérprete” definiu como área de referência mas sim uma área menos “pura”, ou que corresponde a um objecto – tema completamente diferente. Actualmente, graças aos sistemas de GPS (Global Positioning System, será abordado o seu funcionamento e princípios na fase de trabalho de campo), este rigor posicional é mais fácil de atingir; no entanto tem alguns problemas que serão atempadamente referidos;
- Identificação de categorias – Através de um processo de classificação, extrapolando para toda a área de estudo, graças aos valores de referência, os temas definidos na pré-legenda. Nesta fase existem vários algoritmos possíveis para proceder à classificação; aquele que será utilizado é o do “vizinho mais próximo” (curvas de equiprobabilidade) que será, então, devidamente analisado;
- Trabalho de campo – Novamente, aqui trata-se de verificar os resultados de acordo com o grau de fiabilidade requerido e a consequente taxa de erro admissível. Se os resultados não forem satisfatórios há duas hipóteses: ou partir do princípio que a selecção de áreas de referência não foi devidamente efectuada e, logo, proceder de novo à sua realização tentando corrigir os erros que podem estar na origem do mau desempenho da classificação; ou, muito mais grave e sério, re-equacionar a própria definição da pré-legenda, recomeçando a partir daí. Claro está que quanto melhor, mais minucioso e profundo for o conhecimento do terreno, melhor será o conhecimento temático desse espaço e, logo, mais adequada será a pré-legenda, nunca será de mais referi-lo;
- Controlo de qualidade – Se o resultado da classificação for satisfatório, deve-se então medir o grau de rigor da classificação, comparando os temas classificados na imagem com áreas de identidade semelhante que se conhecem no terreno. Desta forma pode-se aferir quais os temas melhor classificados e o seu grau de erro, do ponto de vista do produtor da classificação e do ponto de vista do utilizador final ;
- Mapas – Relatórios – Dados – São os produtos finais: cartografia temática que permite ao utilizador o conhecimento da distribuição espacial e padrões espaciais dos temas; relatórios

sobre as imagens classificadas, os procedimentos empregues e os resultados do controlo de qualidade; dados em forma tabular das áreas espaciais dos vários temas.

2. Conhecimento do Terreno

Foi anteriormente referido que o conhecimento do terreno era um dado pré – adquirido, que seria esmiuçado em devido tempo, nomeadamente na fase de trabalho de campo e que se consubstanciaria na própria elaboração da pré - legenda. Porquê, então, introduzi-lo neste ponto do processo e, especificamente, acerca do coberto vegetal ? Há um conjunto variado de razões que tornam essencial este aparente (somente aparente) desvio das questões puras da Teledetecção, dos seus objectivos, métodos e práticas:

- Se é capital e indispensável um profundo conhecimento da área a estudar, sobretudo a nível do funcionamento do ecossistema, então deve-se analisar neste ponto o tipo de coberto vegetal que existe, como evoluiu e como “funciona”;
- Não se trata de questões de uso do solo (já analisadas anteriormente), mas sim de questões que se poderiam quase designar como bio - geográficas, estritamente ligadas ao coberto vegetal, comunidades vegetais, sua dinâmica e especificidade;
- Se um dos passos essenciais da metodologia da Teledetecção é a identificação na imagem de temas e objectos conhecidos, então é necessário descrever e analisar que tipo de objectos e temas existem, antes sequer de se observar uma imagem;
- Se a escolha das datas de obtenção das imagens deve ser condicionada sobretudo pelo tipo de objectos a identificar e sendo estes eminentemente espécies vegetais, torna-se mais uma vez fundamental compreender a evolução do coberto vegetal ao longo do ano, pois só assim se podem justificar e validar as escolhas de datas para obtenção de imagens;
- Se há um conjunto previamente conhecido de limitações da Teledetecção em termos de identificação de espécies vegetais, então é também necessário identificar o tipo de espécies existentes e compreender as comunidades vegetais, a sua dinâmica e evolução no tempo;
- Visto que existe um conjunto de imprecisões e indefinições interpretativas deste tipo de coberto vegetal, sobretudo da sua dinâmica, o que implica como já referido, más interpretações e classificações, a posição assumida deve ser clara e devidamente fundamentada, sobretudo no tocante à degradação deste tipo de ecossistemas, pois a Teledetecção é frequentemente utilizada para “medir” essa mesma degradação através de parâmetros que nem sempre estão devidamente enquadrados;

- Visto que as características climáticas da área condicionam e modulam os processos de degradação actuais, os ciclos vegetativos anuais e as próprias características, evolução e dinâmica do coberto vegetal, torna-se essencial analisar quais as principais características do clima na área de estudo;
- Por último, mas de importância extrema, deve-se caracterizar o melhor possível a comunidade vegetal da área, evitando definições demasiado generalistas, de pouca aplicabilidade à realidade do terreno ou que revelem um conhecimento superficial e pouco profundo do espaço em análise.

Em função destes pontos é essencial uma análise prévia da composição, evolução e dinâmica do coberto vegetal, bem como uma definição do tipo de degradação, seus mecanismos e indicadores. Somente após este passo se está em condições de compreender o coberto vegetal da área e partir para a escolha de imagens, pré-processamento, identificação e definição da pré-legenda.

2.1 Coberto Vegetal – Composição

Como ponto de partida deve-se considerar o coberto vegetal Mediterrâneo como uma vegetação clímax, em equilíbrio com as condições climáticas e dos solos, pois a floresta Mediterrânea “parece ser uma formação climática clímax e não um mero ecótono” (EYRE, S.R. (1987, p. 7)). Este simples facto parece por vezes ser esquecido. Não serão aprofundados os aspectos geográficos, de distribuição e especificidade, da floresta Mediterrânea, nem as características climáticas que estão na sua origem e lhe são indissociáveis, mas convém partir do geral para o particular. Existem, assim, várias definições e tipificações gerais de floresta Mediterrânea:

- Biocenose Mediterrânea “...vegetais solidamente enraizados, lenhosos, folhas duras e pequenas, envernizadas, geralmente perenes, por vezes odoríficas: os óleos essenciais protegem do gelo e da evaporação [...] O clímax é florestal: *floresta esclerófila* sempre verde, ou *durisilva*” (DEMANGEOT, J. (1996, p. 240)).
- As estruturas de vegetação em ecossistemas do tipo Mediterrâneo são “matagais esclerófilos sempre verdes. Denominadas *Maquis* ou *Garrigue* no Mediterrâneo, *Chaparral* na Califórnia, *Matorral* no Chile e Espanha, *Fynbos* na África do Sul e *Kwongan* no Sudoeste da Austrália [...] Embora sejam geralmente caracterizados como sendo dominados por matos esclerófilos, existem outras estruturas de vegetação importantes. Florestas dominadas pelo género *Quercus* [...] podem ser comunidades de copas fechadas ou passar a florestas pouco densas ou savanas abertas” (RUNDEL, P.W.; MONTENEGRO, G.; JAKSIC, F.M. Eds (1998, pp. 3-4)).

- Segundo a UNEP (1990, pp. 17-18) São quatro os principais tipos de florestas Mediterrâneas:
 - o Florestas Esclerófilas Laurifólias das Zonas temperadas – quentes;
 - o Florestas Resinosas;
 - o Florestas de Caducifólias;
 - o *Maquis*, *Matorral*, *Garrigue* – Formas mais ou menos degradadas, abertas e baixas, verdadeiras florestas.

- Segundo EYRE, S.R. (1987, pp. 71-73) a floresta mista Mediterrânea é ecologicamente distinta pelas suas árvores e coníferas serem perenes. Encontram-se árvores de vários tipos, muitas vezes indivíduos isolados, espalhados em muitas áreas de *Maquis* e talvez algumas das espécies de mato que são actualmente dominantes nas comunidades de *Maquis* não tenham sido mais do que elementos menores no sub - bosque de uma vasta floresta sempre verde. A natureza exacta desta floresta é quase impossível de determinar, mas como as árvores nativas óbvias do Mediterrâneo são parcialmente coníferas e perenes, parece razoável que a floresta fosse originalmente mista. Contudo, a extensão em que foram segregadas para duas formas distintas, sob condições naturais, permanece obscura. Também é difícil perceber até que ponto a gama dos dois tipos de espécies mudou devido às actividades humanas. Espécies de *Quercus* sempre verdes são características e quase universais no Mediterrâneo, espalhadas entre o *Maquis*. Em muitos lugares é uma prática comum usar o *Maquis* numa espécie de agricultura rotativa, a terra é limpa por queimadas, cultivada por alguns anos e depois é permitida a recuperação da vegetação. Este tipo de tratamento favorece arbustos como a Aroeira (*Pistacia Lantiscus* L.) ou os *Cistus*, que podem rebentar vezes sem conta a partir do pé, independentemente do número de vezes que são queimados. Mais importante é o dano irreparável que o solo sofre quando a floresta é limpa. Por milénios os solos do Mediterrâneo desenvolveram-se em sombra constante, somente ao fim de longos períodos a morte e queda de uma árvore permitia que a radiação solar atingisse o solo e, até aí, essa brecha seria colmatada em poucos anos pela regeneração natural. Solo que nunca tinha estado completamente exposto durante toda a sua evolução, era agora dissecado até uma considerável profundidade pelo sol, vento e sobretudo pela acção da escorrência superficial. O fornecimento de novo húmus à superfície tinha sido cortado, a retirada de nutrientes a partir da rocha mãe alterada tinha também cessado. Consequentemente a fertilidade do solo decaí, as chuvas de Inverno podem assim escoar superficialmente, de forma cada vez mais organizada e intensa, arrastando as partículas mais finas do solo. Em pouco tempo aparecem afloramentos rochosos nas áreas mais declivosas e os solos tornam-se esqueléticos e muito pobres.

- Os bosques e matos Mediterrâneos são, segundo EYRE, S.R. (1987, pp. 126-127), constituídos por plantas lenhosas de crescimento lento. Em muitos lugares são compostos de pequenas árvores, formando uma estrutura de copas aberta, o bosque. No resto das áreas

pode assumir várias formas, os arbustos formam uma cobertura mais densa mas de menor porte, descontínua, com o solo ocupado por mato rasteiro, ervas ou outras plantas herbáceas, ou há vastas áreas a nu entre manchas de vegetação. Estes bosques e matagais são claramente de dois tipos distintos. Primeiro aqueles que se desenvolveram em áreas semi-áridas no interior, onde a falta de água é persistente ao longo do ano. Em segundo lugar, aqueles que estão adaptados a latitudes sub - tropicais, sobretudo na margem ocidental dos continentes, onde existe um período seco de Verão pronunciado mas existem invernos relativamente suaves com pouco ou nenhum gelo. Estas comunidades são dominadas por arbustos esclerófilos, sempre verdes, que conseguem fazer pleno uso dos relativamente curtos períodos propícios ao crescimento, na Primavera e Outono, mas cujas adaptações morfológicas lhes permitem suportar o déficit de água durante o Verão. Existem dois tipos:

- o *Maquis* – Dominado por arbustos, variando muito em porte e espécies de lugar para lugar, são predominantemente de um tipo: embora alguns quase não tenham folhas e sejam espinhosos, a grande maioria é perene com folhas coriáceas, resistente ao período seco estival: Zambujeiro (*Olea Europaea* L., Oliveira “selvagem”), Aroeira, *Quercus* vários, *Cistus*, misturados com Erica, Ulex, Genista;
- o *Garrigue* – Em afloramentos mais permeáveis, sobretudo calcário, embora muitas espécies típicas do *Maquis* apareçam, as comunidades típicas são caracterizadas por plantas herbáceas aromáticas, não podendo ser classificadas como verdadeiras formações esclerófilas.

Embora não haja dúvidas que grande parte do *Maquis* e *Garrigue* actuais ocupam o território de antigas florestas, é também certo que, em certas áreas, estas formações arbustivas são verdadeiras formações climáticas clímax.

- Segundo PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985 pp. 13-16) o ecossistema Mediterrâneo é um coberto esclerófilo dominado por árvores e numerosos arbustos de folhas sempre verdes e coriáceas que abrigam um conjunto de plantas herbáceas anuais e bulbosas. Apresentam capacidade de resistência à intensa radiação solar e à prolongada estação seca, o que torna a água o principal factor limitante ao desenvolvimento. A boa captação e aproveitamento da água são essenciais, ditando adaptações no sentido de um enraizamento profundo e bem desenvolvido, na parte aérea inúmeras e pequenas folhas, por vezes com espinhos, pêlos e secreções viscosas, cujo objectivo é diminuir a transpiração e aumentar a reflexão da luz solar. Para além destas adaptações, específicas de cada espécie, existe uma resposta global da comunidade que vai formando um complexo denso e estratificado que reduz a evapotranspiração, a amplitude térmica e a radiação solar, favorecendo o desenvolvimento de jovens plântulas, embora limitando a quantidade de energia luminosa que atinge o solo. A selecção natural privilegiou neste ecossistema as plantas produtoras de sementes ricas em

substâncias de reserva que lhes dão uma maior autonomia na sua competição para alcançar a luz. A degradação do coberto vegetal, condicionada por actividades como a extracção de lenha, a pastorícia e mais recentemente as campanhas cerealíferas, deu origem a diversas unidades biológicas que diferem entre si segundo o grau de intervenção que em cada uma se fez sentir. Dum coberto esclerófilo primitivo - em *continuum* - através da acção humana passou-se para vários subsistemas, mais ou menos homogéneos, e áreas de transição que formam uma Paisagem em mosaico.

Enquanto habitat e ecossistema específico, o coberto vegetal Mediterrâneo está claramente definido e protegido por várias entidades e organizações:

Bosques e matos Mediterrâneos, definição do World Wildlife Fund (WWF – CSP (World Wildlife Fund – Conservation Science Program) (1998, pp. 112-113)), quatro tipos distintos: Neotropical (Chile, EUA, México), Afrotropical (África do Sul), Paleártico (Bacia Mediterrânea), Australasia (Austrália) :

- Mediterranean Shrublands & Woodlands - Palearctic

Ecoregião Nº 135

Bacia Mediterrânea – Uma de somente quatro áreas existentes a nível mundial, colectivamente possui 20 % das espécies de plantas da Terra. Alto endemismo de espécies e géneros, alta diversidade. Ameaças gerais – A maior parte das comunidades naturais foram degradadas ou permanentemente alteradas. A ecoregião está ameaçada por uma continua conversão para a agricultura, sobrepastoreio, fogos antropogénicos frequentes, exploração de madeira e introdução de espécies exóticas.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Ambiente UNEP (UNEP-WCMC (World Conservation Monitoring Centre) (2000, p. 12)), no documento relativo às Florestas Europeias e Áreas Protegidas, existem os seguintes tipos de floresta Mediterrânea:

- Florestas mistas – Formação vegetal composta principalmente por árvores, incluindo sub-bosque de arbustos e mato, onde não predominam nem espécies de folha larga nem coníferas.
- Vegetação esclerófila:
 - o *Maquis* – Associações densas de vegetação compostas de numerosos arbustos, cobrindo solos siliciosos ácidos em áreas Mediterrâneas. Esta formação consiste geralmente em pequenos *Quercus*, Oleáceas, *Arbutus*, *Lentiscus* e um sub-bosque de *Cistus* e *Urzes*;

- o *Garrigue* – Associações arbustivas descontínuas das áreas calcárias Mediterrâneas, substrato seco e filtrado, podem existir árvores isoladas, predominam espécies herbáceas;
- o Vegetação arbustiva esclerófila – Formação de sub-floresta, por vezes difícil de distinguir da floresta Mediterrânea, segundo o relatório existe possibilidade de confusão entre *Maquis* alto e floresta esclerófila.

No Anexo deste estudo, Estratificação do Ecossistema Florestal Europeu (UNEP-WCMC (World Conservation Monitoring Centre) (2000), Anexo I, Descrição dos Estratos, p. 4)), está claramente definido o “Stratum N.º 3 - Zona Sul Portuguesa” como zona florestal específica: composta por árvores de folhas sempre verdes, *Quercus* vários, mato arbustivo e mato rasteiro.

Segundo o manual da rede Natura 2000 (Comissão Europeia (1999, pp. 45-46, 58-59, 63-64 e 105-106)) existem no Mediterrâneo os seguintes tipos de cobertos vegetais, muito simplificados²² e para a área de estudo:

- Mato esclerófilo – Matorral
 - o Mato sub - Mediterrâneo e temperado
 - o Mato arborescente Mediterrâneo
 - o Mato Termo – Mediterrâneo e de pré – estepe
- Formações herbáceas naturais e semi – naturais
 - o Estepes naturais
 - o Estepes secas semi – naturais e mato raso
- Florestas esclerófilas “pastadas”
 - o Dehesas – Montados
- Florestas esclerófilas Mediterrâneas
 - o *Quercus Suber*
 - o *Quercus Ilex* e *Rotundifolia*

Também no Programa CORINE Land Cover (EEA (European Environment Agency) (1994)) existem várias classes de coberto vegetal Mediterrâneo definidas, as mais adaptadas à realidade da área de estudo são:

²² O documento descreve em MUITO pormenor todos os habitats, fauna, flora, etc.

- Áreas agrícolas
 - o Áreas agrícolas heterogêneas – Associação de campos agrícolas a floresta, as colheitas e as pastagens estão associadas a vegetação natural ou áreas naturais e semi - naturais (Classe 2.4)
 - Áreas Agro - Florestais – Montado (244)
- Florestas e áreas semi - naturais
 - o Florestas (Classe 3.1)
 - Floresta de folhas largas – Formação vegetal composta principalmente por árvores, incluindo arbustos e mato (311)
 - Florestas mistas (313)
 - o Associações vegetais herbáceas e/ou arbustivas (Classe 3.2)
 - Prados naturais (321)
 - Vegetação esclerófila (323)
 - Áreas de transição bosque – arbustos (324)
 - o Espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação (Classe 3.3)
 - Áreas com pouca vegetação (333)

Parece claro até agora que, basicamente, o ecossistema Mediterrâneo é constituído por floresta e mato esclerófilo e formações herbáceas naturais e semi - naturais. A influência das actividades humanas é prolongada e profunda, desempenhando um papel tanto de destruição e simplificação como de selecção e melhoramento. Em síntese, cita-se integralmente aquela que constitui em vários aspectos a melhor descrição do manto vegetal mediterrâneo, segundo RIBEIRO, O. (1987, pp. 51-56):

“...Os traços climáticos [...] reflectem-se na originalidade do manto vegetal, caracterizado na sua forma espontânea, pelo predomínio de árvores e arbustos cobertos de folhas todo o ano. Esta é a diferença essencial em relação aos bosques da Europa média, onde o rigor do Inverno determina um período de repouso vegetativo durante o qual as árvores se despojam de folhagem. No Mediterrâneo, pelo contrário, é o rigor do Verão, a dominante do calor e secura que o acompanha, que se traduz na vegetação pelos ajustamentos xerofíticos: folhas coriáceas e aceradas, tomentosas, resinas odoríferas, cheiro intenso das labiadas, que os rebanhos trazem agarrado ao pêlo e que os homens aproveitam para destilar perfumes, aromas inconfundíveis das charnecas calcárias, onde os tufo de arbustos rasteiros e as ervas mal semeadas despontam entre grandes surgências de rocha esbranquiçada. [...]

Os bosques primitivos seriam certamente associações muito complexas em que dominavam, segundo os lugares, várias espécies de *Quercí* de folha perene. A azinheira, árvore muito rústica, chamada desprezivelmente pelos alemães *carvalho das pedras*, o sobreiro, que não existe senão no Mediterrâneo ocidental, revestido de uma capa de protecção contra a secura – a cortiça –, ambos de folhas miúdas, duras e aceradas, além de vários *Quercí* de pequeno porte (entre eles o carrasco, *Quercus Coccífera*); o pinheiro manso, de grande copa, e outras espécies de pinheiros que suportam bem a secura, são as coníferas mais importantes; o medronheiro, com as suas folhas rijas, de um verde luzente, onde brilham no começo do Outono as bagas comestíveis cor de morango; o loureiro de folhas perfumadas, usadas como tempero da comida e para coroar os heróis; o lentisco ou aroeira, de folha miúda, verde azulada e frutos oleosos; o grupo dos cistos ou estevas, de grandes flores brancas ou rosadas, algumas urzes comuns à Europa atlântica que, na Primavera, revestem de cores desmaiadas as encostas dos montes; as labiadas (alfazema, alecrim, rosmaninho, tomilhos) que derramam um odor inconfundível; uma palmeira de porte anão (*Chamaerops Humilis*) que se encontra apenas em áreas de Inverno mais moderado, constituem os últimos restos dessa vegetação profundamente alterada pelo Homem. Porque – e este é outro traço da sua originalidade – o Mediterrâneo, onde as árvores acompanham por toda a parte as culturas e as instalações humanas, é uma região quase privada de bosques. Índice de uma deplorável degradação causada pelo Homem, mas também índice de antigas civilizações agrárias, de conquista da terra cultivada e de intensa actividade de construção, tanto de edifícios como de embarcações. [...]

A floresta, uma vez destruída, não encontra, neste clima de chuvas concentradas, condições favoráveis à sua reconstituição. As fases sucessivas desta degradação podem seriar-se: 1) um matagal de ²³ azinheiras, sobreiros, medronheiros, árvores geralmente de pequeno porte, acompanhado de cistos, urzes e trepadeiras, conjunto emaranhado e impenetrável, espécie de *capoeira* donde estão ausentes as grandes árvores da floresta primária; esta formação conserva-se especialmente bem nos terrenos siliciosos relativamente húmidos; 2) charneca de cistos e outros arbustos, às vezes com predominância de uma única espécie, por exemplo, a esteva ou xara (*Cistus Ladaniferus*), de folhas e caules cobertos de uma resina odorífera que afugenta o gado, que se cobre na Primavera de grandes folhas brancas, como asas de enormes borboletas – o *esteval* ou *jara* do Sul da Península Ibérica, antes das grandes arroteias do fim do século passado tão espesso e alto que dissimulava um homem a cavalo; 3) finalmente, associação aberta de tufos de carrasco, um *Quercus* anão, de folha perene, o lentisco e o cortejo de labiadas que derramam no tempo quente o seu aroma intenso – resto de uma cobertura vegetal de solo muito pobre, geralmente calcário, tosado pelo gado, pelo corte do mato e, não raro, pela queimada ²⁴. Este cheiro, que as ovelhas conservam agarrado à lã e se evola dos lençóis lavados, guardados em velhas arcas ou cómodas provincianas, é um traço inconfundível do Mediterrâneo. As labiadas, destiladas para perfumaria, são usadas pelo povo em

²³ “Correspondente ao francês *Maquis*, usado também noutras línguas”, nota original. Deriva da designação corsa para o género *Cistus* (*Maquis*), SOEIRO de BRITO, R. (1993), p. 68

²⁴ “Designada em francês por *Garrigue*, do nome provençal do carrasco”, idem. Deriva da designação provençal para o carrasco (garrouilla), *Op. Cit.*, p. 68

molhos ou saquinhos para perfumar a roupa branca; e assim eram vendidos até à Flandres, levando para os armários de aldeia estes odores meridionais. Na Provença, na Riviera italiana, pratica-se ainda hoje a recollecção das flores bravias e a destilação artesanal dos seus aromas. Em Espanha, os «viajantes» vão pelas aldeias comprá-las aos camponeses. Uma ou outra vez encontram-se cultivados à porta das casas de veraneantes. [...]

O bosque reduz-se, a bem dizer, aos pinhais que, nos areais da beira-mar ou nalgumas montanhas menos devastadas, são um resíduo seleccionado ou já o produto de uma rearboração artificial, facilitada pelo grande poder invasor de todas as árvores deste género; e ainda as grandes extensões de eucaliptos, oriundos da Austrália e difundidos desde o último século nos terrenos incultos, sáfaros ou alagadiços, de Portugal à Ásia Menor. Assim desapareceu, por intervenção humana, a tradicional floresta de árvores copadas, substituídas por outras de mais rápido crescimento e que, uma vez senhoras do terreno, relegam para um magro sub-bosque o que desponta dos arvoredos primitivos. [...]

Em compensação, a flora cultivada é, no Mediterrâneo, extremamente rica e variada. Essa variedade é o resultado do carácter intermédio do clima, com um Inverno afim do da Europa média e um Verão de calor tropical, e também de uma história complexa, de contribuições de diversa origem e de encontro de influências e civilizações em que o Mediterrâneo é fértil. O seu estudo leva-nos a insensivelmente a abordar aspectos da Geografia humana da região, tão intimamente associados às condições físicas que, para a maioria dos autores, o domínio mediterrâneo típico se exprime pela área da oliveira – isto é, de uma das árvores cultivadas de mais remota antiguidade e de mais larga difusão. Acomodando-se a todos os solos, tanto fundos e férteis como pobres e cascalhentos, é muito sensível ao frio, à geada e à humidade do ar, à falta de chuvas primaveris e à demasiada secura, tanto como aos inconvenientes das chuvas durante a frutificação; o seu clima próprio, onde a árvore frutifica bem sem necessitar de rega, identifica-se assim com os lugares de Inverno suave, precipitações moderadas, Estio seco bem marcado, extremando o Mediterrâneo das regiões húmidas, frias ou áridas com que confina e demarcando também em altitude os seus limites”.

Especificamente, na área de estudo, tanto pelas características dos solos como pelas características climáticas, a vegetação vai ter características tipicamente Mediterrâneas. Essa influência faz-se sentir de várias maneiras segundo RIBEIRO, O. (1986, pp. 47):

"pela repartição de certas espécies mais exigentes em calor e secura, confinadas ou dominantes a Sul e Leste, nos vales abrigados e nas terras de baixa altitude, ou em solos mais favoráveis, e por uma série de formas de ajustamento que determina - plantas carnudas (raras na flora indígena, mas perfeitamente adaptadas - piteiras, figueiras da Índia); folhas cobertas de pelos (carvalho negral, alguns cistos), coriáceas (carqueja), reduzidas (algumas urzes, rosmaninho), transformadas em espinhos (tojos), duras (medronheiro, loureiro, *Quercus* sempre verdes); as plantas perfumadas (alecrim, rosmaninho, alfazema, tomilhos); cobertas de resina viscosa (esteva)".

Existem ainda outras espécies Mediterrâneas típicas, algumas árvores e arbustos de folhas sempre verdes, os *Querci* de folha perene (sobreiro, azinheira, carrasco), o pinheiro manso, aroeira - lentisco (que embora diferentes apresentam semelhanças), o aloendro (sobretudo no fundo dos vales onde a humidade se mantém), cistos vários, onde a esteva sobressai pela importância e extensão dos povoamentos. Este coberto resulta duma degradação, que é datável em muitos casos, até ao Neolítico.

Segundo SOEIRO de BRITO, R. (1993, p. 68), "O clima marcadamente mediterrâneo do Sul [...] impõe graves limitações ao desenvolvimento da vegetação. A principal característica deste clima é o desencontro, no tempo, de dois dos principais factores limitantes do desenvolvimento vegetal: temperatura e pluviosidade. À estação quente corresponde a ausência de chuvas, e vice-versa, havendo, portanto, apenas curtos períodos em que se conjugam aqueles dois factores e que correspondem parcialmente à Primavera e ao Outono. Também por este motivo a árvore cede importância ao arbusto e desenvolvem-se várias adaptações à secura. Estas adaptações xerófitas aparecem no sentido de captar água e de aproveitar o melhor possível, através de várias estratégias: redução da superfície foliar, aumento do número de folhas, folhas cobertas de pêlos ou secreções viscosas (para diminuir a transpiração e reflectir parcialmente a radiação solar) e desenvolvimento das raízes em profundidade ou em superfície.

Quando em conjunto, as diversas espécies Mediterrâneas tendem a formar um complexo denso e estratificado que reduz a evapotranspiração, a amplitude térmica e a radiação solar incidente nos vários estratos, originando uma floresta com dominância de *Quercus*: carvalho cerquinho (nas áreas mais setentrionais), sobreiro (mais próximo do litoral), azinheira (nas áreas mais interiores).

A longa intervenção humana, se por um lado veio enriquecer em espécies a flora indígena, traduziu-se, por outro, ao longo dos tempos, numa acção de desbaste, selectiva, que conduziu às mais variadas situações regressivas. Destas, destacam-se o *Maquis* e o *Garrigue...*".

O *Maquis* é basicamente uma charneca alta de arbustos de folha perene, *brenha*, tão densa que não permite um desenvolvimento importante das pequenas herbáceas anuais e de pequeno porte. Foi constituída a partir das florestas primitivas como resultado do derrube, queimada e pastoreio. Em muitas destas *brenhas* predomina uma espécie, provavelmente pela selecção feita pelo gado e melhor resposta depois do fogo, como a esteva, cujos povoamentos se estendem desde a cordilheira central até ao Algarve, em áreas cada vez mais densas e vastas. Mas este coberto está longe de ser *natural*, "...nas imensas charnecas de estevas, cobertas na Primavera de flores brancas e grandes como borboletas, só a lembrança das roças, das queimadas e outras destruições milenárias pode corrigir a impressão de espontaneidade que dá este manto de arbustos, denso e uniforme como uma vestimenta primitiva das serras e das planuras" (RIBEIRO, O. (1986, pp. 49)).

À *brenha* segue-se uma fase maior de degradação, a *charneca*, associação aberta de ervas e arbustos roçados periodicamente e pastados pelo gado miúdo. Neste ponto, os vestígios da mata original estão já completamente apagados e aparecem vastas áreas de solo a nu. Os montados de azinho teriam começado assim de forma espontânea nesta área do País, a azinheira teria sido sucessivamente poupada e limpa, por forma a crescerem libertas do mato envolvente, afastadas umas das outras.

2.2 Coberto Vegetal – Evolução

Como já foi referido, é quase de todo impossível reconstituir plenamente o ecossistema “original” em termos de coberto vegetal, mas existem indicações precisas e concretas do ponto de partida e evolução a partir daí. A acção humana desempenha, e desempenhou sempre, um papel fundamental nessa evolução, sendo absolutamente indissociável do próprio sistema. Tentar-se-á, assim, traçar a evolução através das actividades, descrições e necessidades dos grupos humanos que habitaram a região, pois somente dessa forma se poderá compreender não só o “ponto de partida” como o grau de modificação e interdependência entre as actividades humanas e os produtos que a vegetação natural e semi – natural lhes vem proporcionando.

A flora Terciária, extremamente rica, possuía já grande parte das espécies de *Quercus*, Oleáceas e Cistáceas que hoje se podem observar no Sul do país. Segundo TEIXEIRA, C.; PAIS, J. (1976, pp.186-191), “A flora actual [...] é, obviamente, a herança directa que nos veio do Pliocénico, acrescentada com formas provenientes de origens mais recentes, na maior parte introduzidas pelo Homem, consciente ou inconscientemente. Contudo a flora Pliocénica, tanto de espécies arbóreas, como herbáceas, não passa incólume para os tempos Quaternários, pois foi severamente atingida pelos rigores glaciários”.

Nos tempos glaciários a flora indígena pliocénica foi invadida por elementos da flora ártica, europeia e euroasiática. Terminadas as épocas glaciárias a flora volta a expandir-se, sobretudo os elementos da flora Pliocénica, enquanto os elementos da época fria se refugiam sobretudo em zonas de altitude. A cobertura florestal original dominou até ao Neolítico, época em que o acção humana a começou a destruir, podendo-se actualmente agrupar em quatro conjuntos, de acordo com ROTHMALER, W. (1939) (citado por TEIXEIRA, C.; PAIS, J. (1976, p. 192)):

- Formas europeias, com centroeuropeias, árticas, alpinas, pirenaico-cantábricas e euroasiáticas (*Quercus robur*, *Betula*, *Pinus silvestris*, *Juniperus communis*, etc.);
- Formas ibéricas (*Salix*, *Lavandula*, etc.);
- Formas atlânticas com macaronésias (*Quercus pyrenaica*, *Myrica faya*, *Ulex*, *Erica*, *Pinus pinaster*, etc.);
- Formas Mediterrâneas com mauritânicas, africanas e pôntico-índicas (*Quercus fruticosa*, *Q. Canarensis*, *Q. Suber*, *Q. Ilex*, *Pinus pinea*, etc.).

O carvalho foi a árvore predominante da cobertura florestal portuguesa em toda a extensão do território, onde provavelmente teve o seu centro de origem: “O facto é testemunhado ainda hoje, não só pelos sobreviventes que teimam em manter-se por toda a parte, escapados à perseguição sistemática que lhes tem sido movida sob diversas formas mas, além disso, pelos topónimos, claramente relacionados com a antiga cobertura florestal, relacionados com os nomes de carvalho, roble, azinho, azinheira, carrasco, sobreiro, etc.”. O carvalho é rico em espécies, variedades e formas híbridas em Portugal (FRANCO, J.A. (1971) citado por TEIXEIRA, C.; PAIS, J. (1976, p. 196)):

Espécies

- *Quercus Coccifera* Lin. Carrasco
- *Q. Rotundifolia* Lam. Azinheira ²⁵
- *Q. Suber* Lin. Sobreiro
- *Q. Robur* Lin. Carvalho Alvarinho (Roble)
- *Q. Pyrenaica* Willd. Carvalho Negral
- *Q. Canarensis* Willd.
- *Q. Faginea* Lam. Carvalho Cerquinho
- *Q. Lusitanica* Lam.

Formas Híbridas

- *Quercus Mixta* Colm. (*Q. Rotundifolia* X *Q. Suber*)
- *Q. Henriquessi* Fra.&Vasc. (*Q. Robur* X *Q. Pirenaica*)
- *Q. Coutinhoi* Samp. (*Q. Robur* X *Q. Faginea*)
- *Q. Neomairei* A.Cam. (*Q. Pirenaica* X *Q. Lusitanica*)
- *Q. Marianica* C.Vic. (*Q. Canarensis* X *Q. Faginea*)

A definição da cobertura vegetal espontânea e sub-espontânea é essencial, pois o carácter mais ou menos marcadamente mediterrâneo e as suas especificidades irão controlar o tipo de dinâmica do ecossistema, que não sendo devidamente entendida, pode levar a interpretações dúbias do cariz temático de vários cobertos e estados desses mesmos cobertos.

²⁵ Em relação à Azinheira, espécie florestal dominante na área de estudo, há uma questão que é essencial referir, o seu nome científico em vários tipos de literatura varia de *Quercus Ilex* (a forma mais usada) para *Quercus Rotundifolia*, existindo também a designação *Quercus Ilex* L. ssp. *Rotundifolia* (Lam.), por vezes coexistem até várias formas numa mesma obra. A última denominação deixa estender que o *Rotundifolia* é uma sub-espécie, variedade, eminentemente portuguesa do *Ilex* que se encontra um pouco por toda a bacia Mediterrânea. Não foi possível apurar qual das designações é mais correcta, pois tal como na literatura as opiniões dividem-se. Por estar fora do contexto deste trabalho, a espécie será tão somente designada como Azinheira, embora seja importante referir esta aparente “confusão”.

Uma vez que a destruição das florestas é um facto antigo, existem poucos ou nenhuns vestígios das matas naturais. Existe sim o *Maquis*, de regeneração difícil em virtude do corte, pastorícia e queimadas. Este *Maquis* pode ser de uma só espécie, como o esteval, segundo RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988, p. 563) "...provavelmente por selecção artificial resultante da preferência do gado por determinadas plantas, do emprego de outras na fabricação do carvão e, ainda, da destruição de algumas delas pelos insectos. [...] O esteval é a associação final (ou «clímax») de uma sucessão, que se desenvolve nos pousios prolongados em solos argilosos, começando com a aparição de ervas anuais. A progressiva dominância das estevas é favorecida pelo facto de os animais não as comerem por causa do seu óleo fortemente aromático [²⁶], preferindo as plantas concorrentes. Às vezes, os sulcos da antiga lavoura notam-se ainda no meio das estevas".

A partir da cobertura vegetal original, depois de séculos de acção antrópica de destruição, selecção e aproveitamentos vários, quais vão ser simplificadaamente as associações vegetais espontâneas e sub-espontâneas que se podem encontrar no concelho de Mértola ? (adaptado de RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988, p. 565)):

Matas

- Pinhais (plantados)
- Folha perene
 - o Matas mistas
 - o Azinhal
 - o Sobreiral

Associações baixas de folha perene

- Matos bravos (*Maquis* – brenhas)
 - o De uma só espécie – esteval
 - o De várias espécies com predominância de uma
- Matagais (gândaras ou charnecas)
 - o Mistos ou brenhas
- Associações da margem dos rios
 - o Loendral

Resta ainda acrescentar algo quanto à evolução anual deste manto vegetal (Figura 3.3). No caso da área em estudo predominam a mata de folhas coriáceas, que segundo RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988, pp. 586-587) "...se mantém uniforme ao longo do ano, com uma única modificação na Primavera, devida à floração de algumas árvores e arbustos; e o *Maquis*, com um ritmo já mais

²⁶ Observou-se na área de estudo que nem isso é impedimento em casos de sobrepastoreio, nomeadamente no caso de grandes rebanhos de cabras.

marcado sobretudo o das espécies coloridas, cuja floração brilhante pode durar de Fevereiro a Junho, e que apresenta aspecto muito variegado no *Maquis* formado por várias espécies”. Este aspecto é, também, essencial na escolha das datas das imagens de satélite a utilizar, pois permite adequar certos períodos fenológicos a uma máxima capacidade de discriminação espectral.

Em termos de agrupamentos climáticos a área de estudo pertence à seguinte aliança e associação climática:

- *Quercion fagineae* – “Aliança mediterrâneo-atlântica, a que o carvalho cerquinho (*Quercus faginea*) serve de símbolo e que cobre a quase totalidade de Portugal Meridional e Central, apresentando diversas associações, em geral muito modificadas pelo Homem. Ao Sul do Tejo a selecção humana deu a predominância quer ao *Quercus ilex* (azinheira), quer ao *Quercus suber* (sobreiro), respeitados na forma de montados” (RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988, p. 593)).

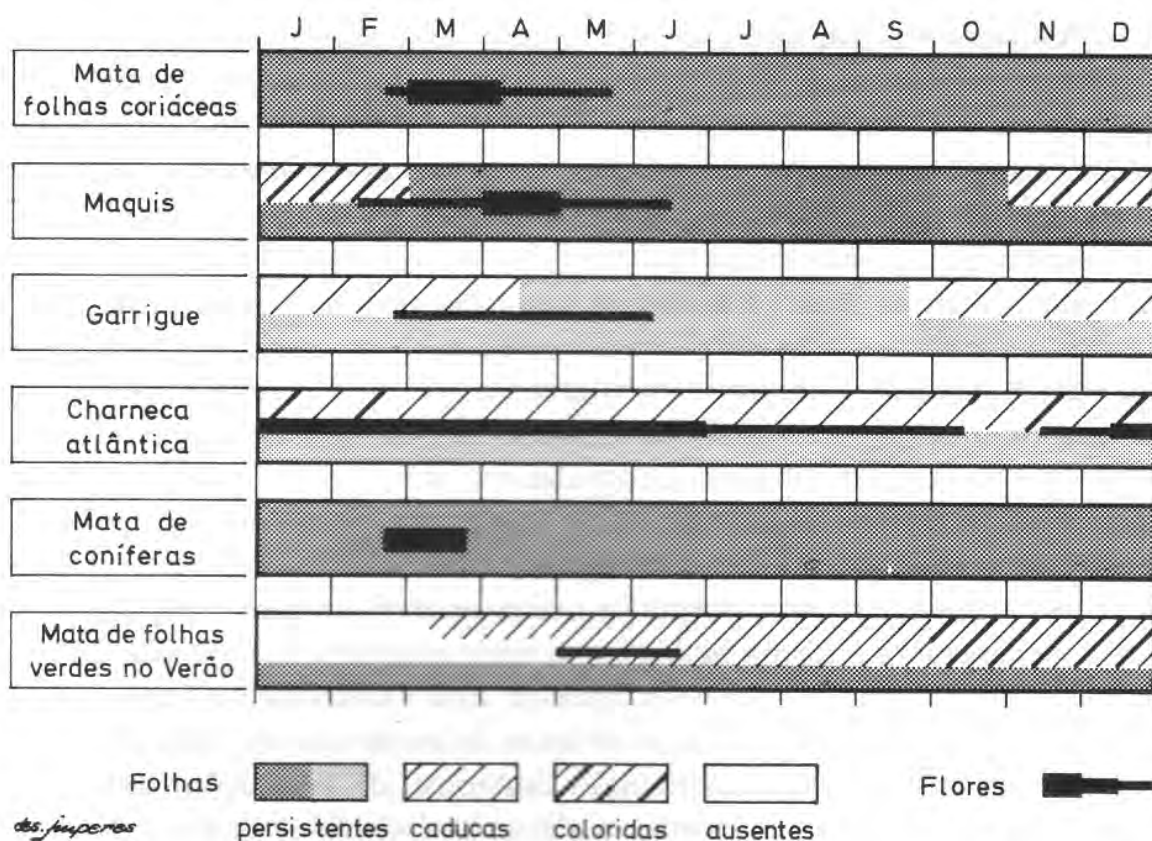


Figura 3.3 – Evolução anual do manto vegetal (RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988, p. 593)).

As características mais espontâneas e naturais do coberto vegetal estão assim definidas, mas um pouco por todo o processo evolutivo aparece a acção humana; por essa razão parece importante sistematizar, de uma forma tão sintética quanto possível, a forma como essa acção se processou. Neste estudo interessa sobretudo a situação actual em termos de coberto, mais do que a sua

evolução histórica, embora ela seja extremamente interessante e assunto de particular interesse para o autor. Não obstante, uma parte muito significativa da pesquisa histórica foi já realizada em CASIMIRO, P.C. (1993), sendo também de consulta obrigatória ROXO, M.J. (1994), como tal a evolução do coberto vegetal aqui apresentada será mantida ao mínimo necessário.

A área de estudo possuiu uma individualidade física importante, pois o Concelho de Mértola (em termos gerais) está limitado a Sul pela Serra Algarvia, a Norte pela Serra de Mértola (área de transição para os solos mais ricos da faixa dos “barros” de Beja - Serpa) e a Oeste pelas áreas actualmente incultas que o separam do Campo de Ourique. A Este uma fronteira física, o Rio Chança, que é também limite administrativo (fronteira com Espanha), embora a sua permeabilidade desde tempos imemoriais, seja um dado quase adquirido. O Concelho está integrado numa área suficientemente distinta, que Lautensach considera como uma unidade Geográfica “Comarca de Mértola”, integrada no Baixo Alentejo - Portugal Meridional (RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1991, p. 1239)).

A descrição “dos campos arborizados do Sul” e sua evolução é feita por Orlando Ribeiro da seguinte forma (Agricultura *in* Dicionário de História de Portugal, Vol. I, p. 63):

“...Ao Sul da Cordilheira Central, na parte interior, no Ribatejo ao Sul do rio, no Alentejo dominam campos contínuos, abertos, umas vezes completamente nus (terra campá), outras com azinheiras e sobreiros esparsos (montado) outras ainda com olival espontâneo ou plantado. Os tractos de campos nus andam ligados ou à existência de um centro de colonização agrícola antigo (em torno das povoações importantes) ou a terras mais produtivas (barros de Beja, por exemplo). A presença da árvore no campo é um resíduo do matagal, utilizado pelo pastoreio e pela cultura episódica [...] em geral tanto mais denso quanto mais pobre é o solo (declives). A evolução agrária parece poder esquematizar-se assim:

1. Arroteias pré - Romanas só em torno de alguns centros importantes;
2. Intensa exploração mineira em proveito de Tartésios, Cartagineses, Romanos, produzindo (como na área espanhola fronteiriça, actualmente) um deserto agrário;
3. Colonização agrícola romana, Vilas Rústicas com trigo, vinho, azeite, açudes para rega (hoje colmatados e abandonados), provavelmente em áreas restritas;
4. Invasão Muçulmana, reconquista [ermamento ²⁷ por via do fogo], lutas prolongadas (guerras Almorávidas e Almóadas, Taifas) que o Norte do País desconheceu, ruínas, assolações,

²⁷ Tornar ermo.

enormes charnecas arroteadas raramente, âmbito restrito de culturas à roda das aldeias (“aldeias e desertos” segundo Rui de Pina, fins do Século XV);

5. Arroteias do fim do Século XIX (trigo, valor da cortiça), desbaste da charneca, aproveitamento e selecção do montado espontâneo e dos pastos naturais: ovelhas, porcos à bolota, boiadas; exploração florestal ou pastoril para compensar as longas rotações”.

Os aspectos essenciais, resultantes da evolução do coberto vegetal e das suas características actuais, são os seguintes:

- A antiguidade e extensão da acção antrópica no coberto vegetal da região;
- O cariz selectivo dessa intervenção nalguns casos (montado) e a introdução de novas espécies (desde tempos remotos);
- A gravidade da destruição da floresta, patente a partir da Idade Média pelos regulamentos, decretos e outros “esforços” para conter e inverter essa destruição (reflorestação);
- O grau de intervenção e exploração humana a que as áreas de “mato” estiveram e estão sujeitas, embora à primeira vista possam parecer pouco intervencionadas e alteradas;
- A importância e os modos de exploração desse mesmo “mato” e a sua importância, desde tempos imemoriais, para uma série de actividades humanas;
- A dificuldade de traçar uma fronteira nítida entre áreas abandonadas e exploradas, há portanto faixas de “transição”, temática e espacialmente que, em termos de classificação de uso do solo, implicam um certo cuidado conceptual;
- Este cuidado conceptual prende-se, eminentemente, com a identificação de objectos e sua associação a temas, pois como ficou claro, a presença de certas espécies vegetais (e.g. azinheiras) numa determinada área pode de facto corresponder a vários usos, e como tal a vários temas distintos, aqui entendidos como usos do solo por parte das populações;
- Também a presença de uma associação vegetal que, a um cidadão, parece bravia e não gerida (e.g. mato denso e diversificado), pode representar localmente uma área de uso claramente definido, seja para efeitos de caça ou como recurso para actividades como a apicultura ou recollecção de cogumelos. Há portanto, e também, questões de percepção das diferentes comunidades que usam, gerem, influenciam e usam determinado território. Não as conhecer ou perceber é, e será sempre, fonte de fracasso, mal entendidos e até mal-estar;

- A acção humana e, sobretudo, políticas agrícolas e acções legislativas / regulamentares têm um impacto gigantesco na forma como a sociedade e os agentes vários se vão comportar, consubstanciando-se isso em mudanças de uso do solo e do coberto vegetal que são, declaradamente, difíceis de prever e modelizar;
- Consequentemente, pretender modificar uma Paisagem e a forma de exploração humana numa região através de “políticas” agrícolas e/ou ambientais deve ser feito com extremo cuidado, como aliás o passado mais ou menos recente demonstra, pois não poucas vezes os efeitos foram nefastos e as acções contraproducentes;
- A economia agrícola da região é, claramente e há muito tempo, agro – silvo – pastoril. Como tal a Paisagem que hoje conhecemos é um produto da actividade humana. Mais ou menos directamente a presença humana é indissociável da Paisagem e da sua dinâmica;
- Numa época em que as preocupações ambientais, de preservação dos ecossistemas e diminuição dos impactos humanos nefastos no meio estão (felizmente) na ordem do dia, convém humildemente reconhecer que grande parte dessas preocupações não são novas, muito pelo contrário, e que somente o aprofundamento do conhecimento científico, do conhecimento do meio e do aparecimento, domínio e aplicação de novos métodos e técnicas permite tomar certo tipo de decisões e estabelecer certo tipo de prioridades. Como tal, aquilo que hoje se toma como certo, correcto cientificamente e eficaz metodologicamente pode não o ser amanhã;
- Assim e também, do ponto de vista da conservação ambiental e desenvolvimento sustentado de regiões desfavorecidas, como Mértola indubitavelmente é, parece impensável tentar promover acções de conservação da natureza / Paisagem sem incluir o Homem e as suas actividades, pois foram, são e serão indissociáveis do ecossistema. Além disso, não incluir os “agentes locais” nesses mesmos processos de conservação e preservação da natureza é, de facto, condená-los *a priori* ao fracasso;
- Por último, mas essencial num estudo deste tipo, tentar classificar o coberto vegetal – uso do solo numa área, recorrendo a uma parafernália de métodos e meios tecnicamente evoluídos, é uma tarefa estéril, desinteressante e profundamente condenada ao fracasso se não se entender o papel das actividades humanas e toda a teia de inter-relações Homem - Meio que levam à construção e exploração de qualquer Paisagem.

2.3 Coberto vegetal – Dinâmica

Neste ponto será analisada a forma como o sistema vegetal Mediterrâneo funciona, além dos dados da observação importa também ter em conta os dados experimentais, única forma de validar inequivocamente essas mesmas observações. Até aqui resulta claro que a acção humana é indissociável deste tipo de ecossistemas, mas quais são os modelos de degradação, progressão e regressão, quais os seus mecanismos e quais os seus modos de funcionamento ?

A posição de partida assumida, quanto aos ecossistemas Mediterrâneos, destaca-se do conjunto de perspectivas e abordagens que não só sub – valorizam a “qualidade” e “quantidade” da acção humana como, não poucas vezes, consideram o sistema como muito frágil e, à partida, degradado com base nas suas características intrínsecas. De facto, como refere MAINGUET, M. (1991) (citado por SEIXAS, J.F. (1998, p. 91)) “a característica proeminente da vegetação e solos de áreas «secas» é a sua capacidade de rápida recuperação e não a fragilidade”. Esta abordagem e discussão são essenciais, pois estes aspectos vão condicionar em muito a interpretação das imagens, a sua classificação e a forma como, no terreno, se lê e interpreta a Paisagem.

Existem fundamentalmente três gradientes ambientais que promovem e/ou podem ser responsáveis por modificações significativas nas características da vegetação Mediterrânea e tipo de comunidades (Figura 3.4): disponibilidade de humidade, de temperatura e de nutrientes no solo. Mais importante é o facto de estes três gradientes “funcionarem” permanentemente, ou seja, consoante as características de cada ano, em função da variação, toda a comunidade vegetal se vai adaptar e ter uma dinâmica distinta.

Partindo da vegetação “clássica”, arbustiva Esclerófila sempre verde, segundo esta dinâmica, pode passar-se gradualmente ou estacionalmente a outros tipos de comunidades:

- Um aumento da disponibilidade de água, através de maiores quantitativos pluviométricos, tenderá a levar a comunidade a desenvolver-se predominantemente no sentido de um “Bosque Esclerófilo”, na medida em que há mais condições de desenvolvimento da porção arbustiva do sistema, que assim tenderá para arbórea.
- Se ao aumento da disponibilidade de humidade se juntar uma diminuição da temperatura no Inverno, como acontece em altitude ou em situações de maior continentalidade (e.g. o maciço da Serra de São Mamede no Alto Alentejo), aparecem espécies caducifólias e Coníferas. Neste caso, somente mudanças climáticas a muito longo prazo ou diferentes localizações (altitude, interior) podem “funcionar”;
- A um aumento da disponibilidade de nutrientes, por exemplo através da fertilização associado a uma acção selectiva dos gados, atinge-se um estado de “Savana” e formações herbáceas, a

que também se chama “estepe Mediterrânea”. É o caso das imensas áreas de pousio, simplificadas na sua cobertura arbórea e arbustiva;

- Ao invés, uma diminuição da disponibilidade de nutrientes implica que se caminhe para uma situação de mato baixo, o que acontece em casos de sobrepastoreio ou erosão dos solos e consequente perda de fertilidade;

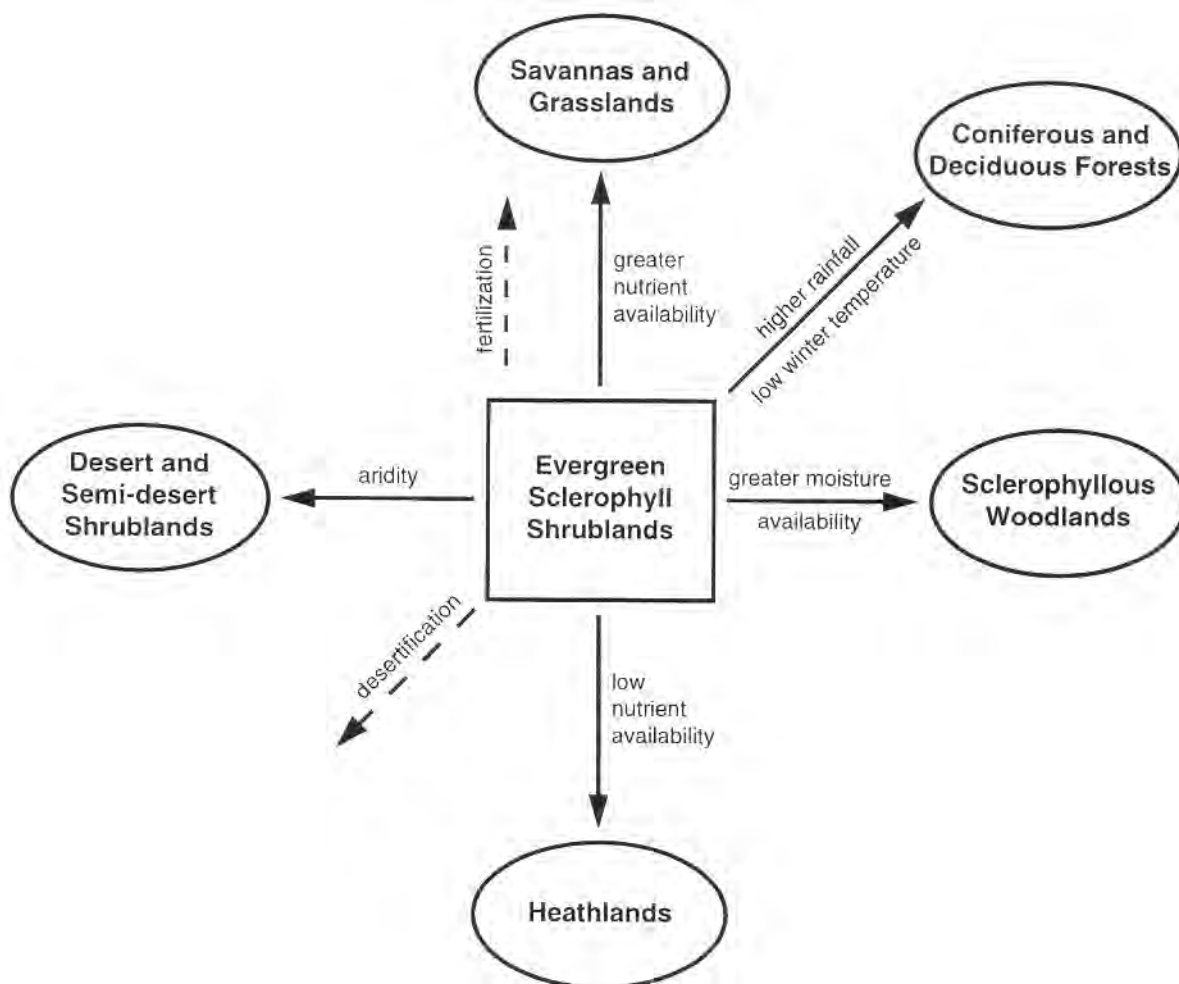


Figura 3.4 – Distribuição das comunidades vegetais em clima Mediterrâneo, segundo gradientes ambientais (RUNDEL, P.W. (1998, p. 4)).

- A um aumento da aridez corresponde um estado de matagal desértico ou semi - desértico, como acontece quando se caminha para Sul e para o interior nas franjas do deserto de Saara ou na Baixa Califórnia. Alguns investigadores assumem que, a verificarem-se mudanças climáticas que apontam para maiores temperaturas e menos disponibilidade de água, este seria o “caminho” que a vegetação seguiria. Também condições topográficas de abrigo e condições pedológicas específicas podem “criar” este tipo de coberto, como por exemplo o Deserto de Tabernas em Almeria, Espanha;

- Desertificação seria, então, um processo que se desenvolveria a expensas dos dois últimos vectores: maior aridez e menor disponibilidade de nutrientes.

A realidade é que todos estes tipos de formações coexistem, em maior ou menor extensão e com graus mais ou menos avançados de desenvolvimento. Talvez o mais relevante seja o facto de a acção humana se desenvolver também ao longo destes gradientes ambientais, sobretudo a nível da disponibilidade de nutrientes e humidade no solo. Esta intervenção faz-se através do uso que é feito do solo, práticas agrícolas e intensidade das mesmas, o que põe mais uma vez a actividade humana no centro desta dinâmica. Nesse caso, se o estado de modificação não for irreversível, a simples cessação da pressão no sistema permite retornos mais ou menos rápidos, de maior ou menor intensidade, aos estados originais.

Assim sendo, os “sub – estados” do coberto vegetal mediterrâneo não são sinais intrínsecos de degradação, são sim cambiantes ao longo de vários gradientes ambientais e se o são, então todas estas formas coexistem e o próprio sistema e a sua evolução não só os criou como possui capacidade de recuperação e adaptação, que é inerente à sua própria dinâmica e evolução. Um aspecto menos claro é assumir que as possíveis modificações climáticas que se prevêem levarão o ecossistema neste ou naquele sentido. Sempre houve anos mais húmidos e menos húmidos, mais quentes ou menos quentes, a instabilidade e variabilidade climática são um facto intrínseco do sistema, que como tal é seu produto e está plenamente adaptado a essa variabilidade.

Por exemplo, a propósito de várias espécies de *Quercus*, referem FOTELLI, M.N.; RADOGLU, K.M.; CONSTANTINIDOU, H.I.A. (2000), “...as quatro espécies [entre elas *Ilex* e *Coccifera*] desenvolveram mais de 50 % da sua área total de folhas antes do início de Junho, uma adaptação ao clima árido. As plantas bem irrigadas tenderam a desenvolver uma maior área individual de folhas, maior número de folhas por planta, maior altura e sistema radicular que as plantas em «stress» hídrico, mas as diferenças entre tratamentos [fornecer mais ou menos água] não foi significativo para nenhum parâmetro em nenhuma espécie [...] o *Quercus ilex* diminuiu a condutividade dos estomas, mesmo antes de ocorrer forte «stress» hídrico, evitando dissecação durante o período seco”.

Quanto aos cenários e modelos de mudanças climáticas futuras, NAVEH, Z. (1998, p. 30) refere que, “Em virtude do comportamento caótico e não linear das interações Atmosfera – Biosfera, bem como das suas interações complexas e sobretudo sinérgicas com outras pressões ambientais, o nosso conhecimento actual não é suficiente para nenhuns modelos de previsão detalhados e robustos. Portanto, neste momento a única previsão certa que pode ser feita é que se caminha para um período de crescente incerteza quanto às tendências climáticas, espaciais e temporais, bem como dos seus efeitos ecológicos. Pode-se também antecipar com grande certeza que qualquer aumento em «stress» climático agravará o processo global de degradação da Paisagem”.

Pode-se portanto dizer que há um regime natural de perturbação dos ecossistemas Mediterrâneos, característico do próprio sistema, que segundo RUNDEL, P.W. (1998, p. 7) é constituído por condições ambientais de seca estival, fogo e ciclos de erosão, embora a sua intensidade e frequência sejam extremamente variáveis. A estes acrescentam-se os regimes de perturbação antrópica, nomeadamente desflorestação, sobrepastoreio e agricultura, que sobretudo no último século trouxeram mudanças dramáticas à estrutura e diversidade destas comunidades.

RUNDEL, P.W. (1998, pp. 10-11) refere que “A estabilidade e biodiversidade dos ecossistemas da bacia Mediterrânea estão fortemente ligadas à natureza do regime de pastoreio e regime de fogos. Como as comunidades de plantas se desenvolveram com pressões moderadas de pastoreio, como regime selectivo natural, as espécies de plantas desenvolveram estratégias reprodutivas ligadas a esta perturbação. Houve também uma adaptação ao fogo como factor ambiental natural, a reprodução em muitas espécies está intimamente ligada à frequência e intensidade do fogo. [...] Qual é então a relação entre perturbação da Paisagem e biodiversidade ? Estudos de florestas de *Maquis* e matos [...] concluíram que a grande diversidade florística e estrutural dos bosques e matos Mediterrâneos está associada a pressões moderadas de pastoreio que mantêm habitats abertos através de perturbação regular. [...] Tanto a diversidade estrutural como florística diminuem significativamente quando um regime intermédio de perturbação foi alterado, através de um aumento ou diminuição dessa perturbação, abandono ou defesa do fogo. Locais pouco pastados têm uma comunidade de plantas lenhosas com boa diversidade estrutural e rica diversidade florística, para a qual contribuem muitas anuais, geófitas e herbáceas perenes. A riqueza de espécies animais e abundância relativa de pássaros, répteis, roedores e isópodes mostrou tendência similar com pouca perturbação. A heterogeneidade de pequena escala criada pela profundidade variável do solo e micro - relevo, disponibilidade de humidade e nutrientes, afloramentos rochosos, cobertura arbórea, manta morta e sombra todos contribuem para esta crescente diversidade”.

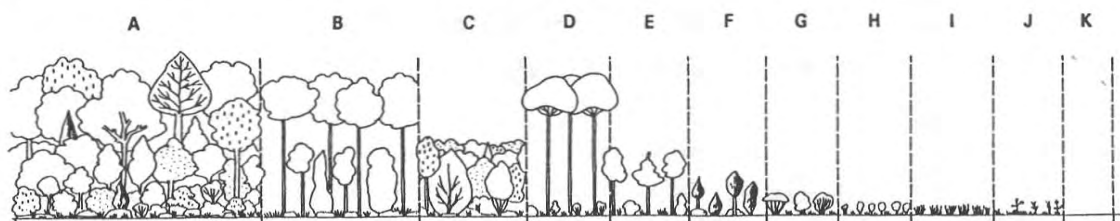
Desta forma a acção humana está completamente no centro do sistema, promovendo heterogeneidade e incrementando a diversidade a todos os níveis. Claro está que tudo depende da intensidade da perturbação, da sua duração e das características específicas de cada área, tanto a nível de solos como do regime térmico e pluviométrico. O sobrepastoreio em áreas de solo pouco profundo, com baixo teor de nutrientes, numa área com episódios chuvosos torrenciais, concentração espacial e temporal das precipitações, grande dissecação no Verão com temperaturas muito altas e vertentes declivosas implica, claramente, mudanças muito mais rápidas, mais profundas e, eventualmente irreversíveis.

Até agora foram abordadas as direcções que as comunidades vegetais podem seguir, segundo vários gradientes ambientais, mas há um outro aspecto essencial: de que forma é que estas associações vegetais podem evoluir entre diferentes estados ao longo do tempo ? Será que há ciclos, relações causa efeito entre perturbação e degradação ou recuperação do ecossistema ? Claramente e como

ponto de partida há uma gradação evidente de associações vegetais, que são função de uma influência e perturbação humana crescentes (Figura 3.5).

Do esquema podem tirar-se algumas conclusões, vitais para a compreensão do funcionamento destes ecossistemas:

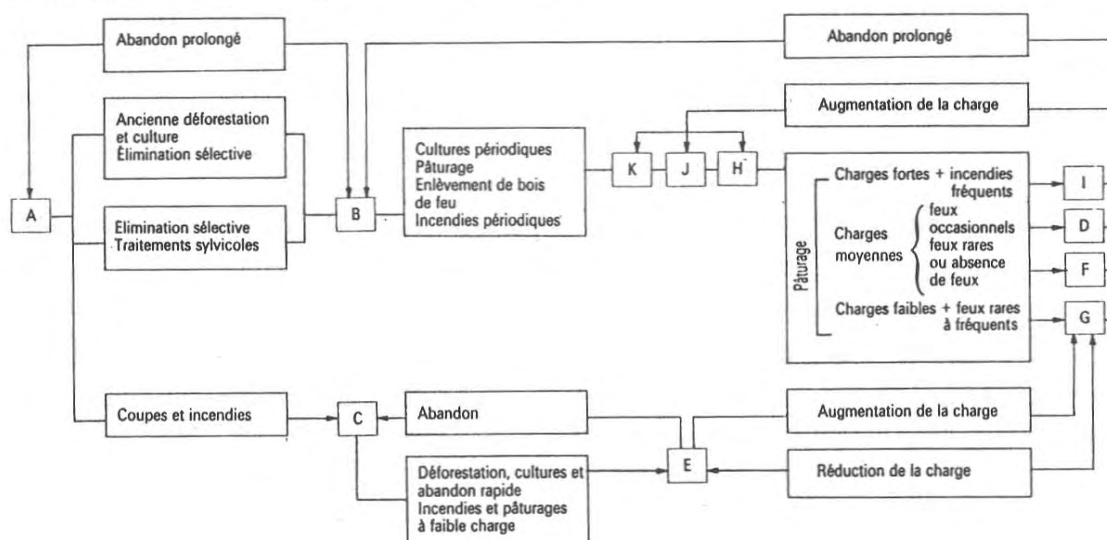
I Diverses associations végétales méditerranéennes classées par ordre de perturbation et d'influence humaine croissantes



A. Forêt mélangée hétérogène à étages non différenciés – B. Forêt homogène oligospecificque ou monospecificque à trois étages – C. Maquis dense – D. Forêt xérophile de pins – E. Formation arbustive oligospecificque – F. Formation arbustive de genévriers – G. Formation buissonnante oligospecificque de taille moyenne – H. Buissons nains (*Thymus*, etc.) – I. Prairie d'espèces xérophiles (*Stippe* spp., etc.) – J. Prairie d'espèces annuelles – K. Désert d'origine anthropique.

Note : Les associations agricoles sont exclues. Les structures B et H présentent des perturbations variables qui peuvent être plus fortes, respectivement, que pour C et I.

II Modèle dynamique simplifié correspondant à divers traitements



III Modèle simplifié de régression rapide débouchant sur une suite continue de progressions

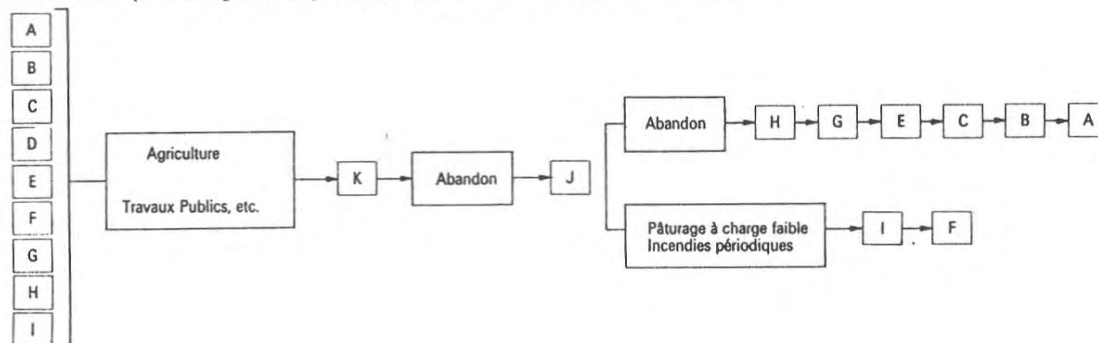


Figura 3.5 – Associações vegetais Mediterrâneas em função da perturbação humana (RUIZ de la TORRE, J. (1985) citado por UNEP (1990, p. 39)).

- A acção humana é o factor preponderante, pode fazer-se de várias formas e representa, em crescendo de acção e intensidade, uma progressiva simplificação e degradação do funcionamento do sistema, da sua diversidade e estrutura;
- Há uma reversibilidade completa dos efeitos da acção humana (salvo excepções de estados extremos de perturbação); esta resulta em primeira instância de uma diminuição da “pressão” sobre o sistema, nomeadamente extensificação e/ou abandono;
- Em qualquer ponto da recuperação do sistema a tendência pode ser novamente invertida, no sentido de contrariar a recuperação, caso haja novas perturbações ou introdução de práticas mais intensas que aumentam a pressão sobre o sistema;
- Até a partir de um estado de degradação elevado se pode retroceder para estados mais diversificados, com uma estrutura mais complexa, por exemplo até *Maquis* denso;
- O abandono parece ser o factor mais importante, na medida em que retira a pressão humana e permite a “regeneração” do coberto vegetal, pressupondo, claro está, proximidade de bancos de sementes, condições não “terminais” do solo e alguma disponibilidade de nutrientes e humidade;
- A dimensão temporal deste abandono deverá ser bastante grande, caso contrário o retrocesso não atingirá os estados iniciais, menos degradados do ecossistema. Os períodos necessários variam, portanto, de amplitude, podendo não ser perceptíveis os seus efeitos em tempo útil, dado o grau de degradação atingido;
- Como é virtualmente impossível cessar completamente a acção humana, directa e indirecta, muito dificilmente se poderá verificar uma recuperação total das comunidades vegetais;
- O estado de “pradaria” herbácea é o primeiro estado de retrocesso a partir de situações limite, como foi verificado experimentalmente no Centro de Erosão de Vale Formoso. Assim sendo, os pousios da área em estudo poderão representar um óptimo ponto de partida caso a criação de gado seja mínima ou inexistente;
- As estevas e outras cistáceas, por vezes associadas a um estado “terminal” de degradação, podem constituir ao invés um repovoamento pioneiro que, sem aumentos de “pressão”, pode representar o passo seguinte de regeneração;
- Todo o aumento de complexidade, estrutura e diversidade de espécies que se segue a estas espécies pioneiras é, também, um novo passo no sentido da regeneração;

- O sistema é excepcionalmente dinâmico, encontra-se muitíssimo bem adaptado a perturbações e vive, até, dessas mesmas perturbações. Não obstante as regras de concorrência entre espécies, ao serem alteradas, podem implicar diferentes composições das comunidades vegetais e diferentes ritmos de expansão.

As três palavras chave na regeneração destes sistemas são: diminuição da pressão, abandono e tempo. O processo de recuperação e regeneração, a partir de situações de degradação extrema, pode ser resumido segundo EYRE, S.R. (1987, pp. 12-17) da seguinte forma:

“As sementes [...] mesmo que existam agentes de dispersão para as reintroduzir, não são capazes de germinar numa superfície nua, inorgânica. É necessário um desenvolvimento complexo tanto da vegetação como do solo, antes que o clímax – climático possa ser restabelecido. Nos primeiros anos somente plantas herbáceas conseguem estabelecer-se [a chamada pseudo estepe de gramíneas, associação herbácea de degradação]. Estas comunidades de transição, sob as quais um novo solo se vai gradualmente desenvolvendo, são normalmente designadas como «seral communities» bem como todo o conjunto de espécies que levam de uma superfície quase virgem até à comunidade clímax climática, «prisere». A diferença essencial entre uma comunidade clímax climática e uma comunidade «seral» é que, enquanto a primeira se encontra em equilíbrio com o seu ambiente, a segunda modifica esse ambiente continuamente. Ao aprofundar o solo, acrescentar matéria orgânica e criar sombra crescente, torna o lugar progressivamente mais favorável à invasão de comunidades mais avançadas e complexas [...] a sua própria existência cria essas condições. [...] Desde que não haja interferência, esta primeira comunidade acaba por ser eliminada por competição, tendo criado condições para maior retenção de água no solo, levando a que cada comunidade sucessiva se torne menos dependente da água que a anterior”.

Nas áreas em que houve acção humana, interferindo com a vegetação clímax climática mas as práticas agrícolas ou as pastagens são abandonadas, inicia-se rapidamente um tipo específico de «sub-seral community», embora nos primeiros estádios as plantas que aparecem pouco ou nada tenham a ver com o coberto arbustivo e arbóreo original. Também segundo EYRE, S.R. (1987, pp. 19-21) “Em todo o lado em que o Homem está presente, como cultivador, pastor ou portador de fogo durante séculos, muito dificilmente se encontra uma comunidade de vegetação clímax climática [...] As reconstruções das comunidades originais têm-se baseado na assunção de que a vegetação original das áreas agora cultivadas era a mesma da vegetação selvagem nos terrenos vizinhos incultos. Os riscos de uma tal assunção são, obviamente, muito grandes”.

Voltando à importância dos primeiros estádios de regeneração, as pseudo - estepes de gramíneas, associações herbáceas de degradação, EYRE, S.R. (1987, p. 109) refere que:

“Um solo em desenvolvimento sob formações herbáceas está sujeito a condições muito diferentes das experimentadas por um solo florestal [...] Nas florestas, a maior parte do material orgânico é

fornecido ao solo pelo processo de queda de folhas [...] As partes aéreas das formações herbáceas, pelo contrário, formam uma cobertura muito mais densa, enquanto vão morrendo e se vão acumulando. Além disso, formam um sistema denso de enraizamento, através de toda a espessura do solo subjacente. Ao morrerem, decompõem-se localmente num processo quase contínuo, de forma que o húmus, disseminado finamente, é de facto implantado no solo pela vegetação. Esta penetração pelas raízes assegura não só uma fertilidade profunda inerente, mas também uma estrutura e permeabilidade significativa, independentemente das diferenças originais da rocha mãe. Em termos gerais as formações herbáceas também extraem maiores quantidades de nutrientes minerais, particularmente cálcio, que as árvores das florestas. O húmus propiciado pelas formações herbáceas ao solo é, portanto, significativamente mais rico e enquanto se decompõe é logo recapturado pelo eficaz sistema de raízes, mantendo-se desta forma um ciclo extremamente rico de nutrientes”.

A este facto há a acrescentar que estas formações, ao propiciarem uma maior coesão à camada superior do solo, diminuem drasticamente a erosão dos solos, constituindo um claro retrocesso nos processos de degradação. Ao modificar as propriedades físicas e químicas dos solo, promovendo maior infiltração e aumentando a coesão do solo, os pousios são, declaradamente, bons pontos de partida para a recuperação do sistema. Se a pressão humana se mantiver, através de um encabeçamento incorrecto ou houver arroteamento para a agricultura, volta-se a uma fase de degradação. Em termos experimentais, a recuperação da produção de biomassa, diminuição da erosão de solo e incremento do ritmo de sucessão vegetal após o abandono estão bem documentados, por exemplo em MARTINEZ-FERNANDEZ, J.; LOPEZ-BERMUDEZ, F. *et al* (1995):

“Os campos abandonados podem exibir evoluções bastante diferentes, dependendo de vários aspectos ambientais e do uso do solo. Alguns podem ser realçados, especialmente a litologia, disponibilidade de água e o tipo de uso do solo antes e depois do abandono. [...] Pode observar-se a existência de condições favoráveis à recuperação das características pedológicas e da vegetação [...] isto pode ser demonstrado, sobretudo, na progressiva recuperação do grau de cobertura do solo por espécies vegetais existentes no «matorral» e no aumento do teor de matéria orgânica no solo. Os usos que se seguiram ao abandono têm uma grande importância na sua evolução. Um pastoreio moderado tem um efeito maior no rejuvenescimento parcial das comunidades, visível através da manutenção de estados de sucessão intermédios e alto índice de diversidade”.

Segundo KOUTSIDOU, E.; GIOURGA, C.; LOUMOU, A.; MARGARIS, N.S. (1994) e KOUTSIDOU, E.; MARGARIS, N.S. (2000), “Parece que áreas desertificadas [...] têm a capacidade de regeneração da vegetação somente através da protecção das áreas, impedindo o pastoreio. [...] Aumento da cobertura do solo (52 % para 64 %), maior número de espécies lenhosas (2005 para 2530 indivíduos) e aumento das espécies herbáceas (46 para 56 espécies, 2530 para 5195 indivíduos)”.

Parece existir uma ciclicidade da degradação – recuperação nos ecossistemas Mediterrâneos, em que a acção humana é o factor essencial, tanto através dos usos do solo como directamente ao influir nos

gradientes naturais ambientais das comunidades vegetais. Como tal, toda e qualquer comunidade vegetal Mediterrânea deve ser entendida de uma forma completamente enquadrada neste tipo de dinâmica, “sem estar degradada, a Paisagem Mediterrânea é dependente da perturbação” (VAN der LEEUW, S.E. (2000, p. 23)). Resta referir um tipo específico de comunidade, o montado, que no fundo representa uma unidade de Paisagem dependente da perturbação, constituindo assim um sistema em não equilíbrio segundo NAVEH, Z. (1998, p. 33), que refere também o seguinte:

“O sistema não retorna a um estado estável de sistema clímax, move-se ao longo da mesma trajetória constante de mudança, enquanto as perturbações cíclicas são mantidas com intensidade e frequências similares. Desta forma, estes sistemas dependentes da perturbação adquiriram capacidade de recuperação adaptativa a longo prazo e meta-estabilidade evolutiva. A manutenção prolongada de um tal equilíbrio de fluxos, operando na grande heterogeneidade (macro e micro) do terreno, produziu padrões de uso do solo agro – silvo – pastoris, que aparentemente desempenharam um papel essencial ao induzir a única ecodiversidade ecológica e cultural destas Paisagens. [...] Um exemplo típico desta Paisagem dependente da perturbação é o montado [...] Este sistema está bem adaptado aos baixos potenciais edafó – climáticos na utilização complementar de formações arbóreas abertas sempre verdes (sobretudo Sobreiro e Azinheira), para exploração de cortiça, frutos, madeira e pastagens [...] Gerida de uma forma extensiva com um mínimo de inputs humanos, este uso do solo criou uma Paisagem heterogênea de grão fino, atractiva, com uma bio – diversidade relativamente alta. Simultaneamente fornece outputs económicos para a população rural dispersa” (NAVEH, Z. (1998, pp. 34-35)).

Actualmente, vários usos do solo demasiado intensivos ou extensivos estão a ameaçar a produtividade económica e biológica, bem como a eco - diversidade e estabilidade do montado (Figura 3.6). No primeiro caso há uma intensificação da produção de cereais ou das pastagens e é diminuída a densidade de árvores. Desta forma aumenta a erosão do solo, as produtividades diminuem, o que leva ao abandono. Pelo contrário, no segundo caso, depois do abandono da suínicultura em virtude da peste suína africana, o solo passa a ser utilizado de uma forma mais extensiva, o cultivo e o pastoreio desaparecem o que leva ao desenvolvimento da vegetação sub – espontânea. Esta evolui até formar um novo conjunto de *Maquis* onde a produção florestal também tem que ser abandonada.

Convém aprofundar um pouco a questão do montado, conhecido em Espanha como “dehesa” (GOMEZ, S.R. (1999, pp. 1-3)), pois é um dos tipos de uso do solo na área de estudo e constitui um caso único no Mediterrâneo, sendo de uma grande importância de um ponto de vista ecológico e económico. Este tipo de uso do solo é sempre definido por possuir três “estratos” de vegetação – herbácea, arbustos e árvores – e onde gado doméstico e/ou selvagem está sempre presente como elemento unificador. É um sistema agro – silvo – pastoril, como já foi referido, podendo ter várias espécies florestais, que são geralmente o sobreiro e a azinheira, esta última francamente dominante na área de estudo. Constitui há largos séculos um sistema múltiplo, de uso renovável de recursos, com fortes ligações à produção de cereais.

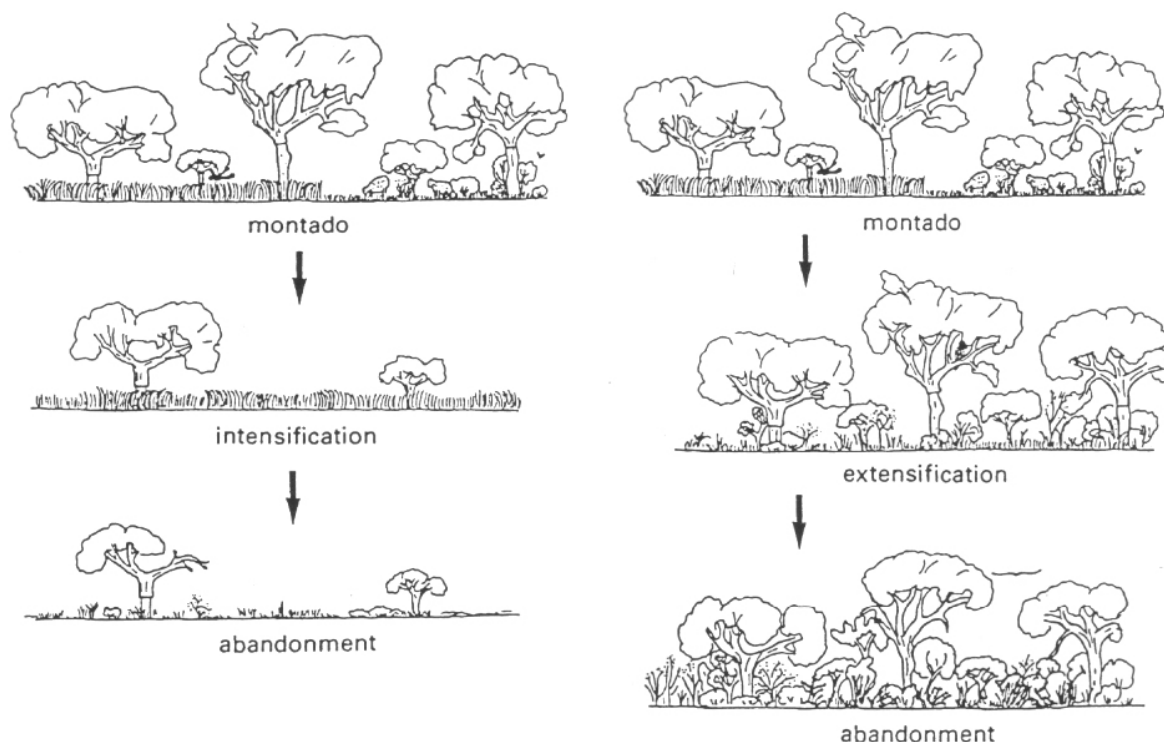


Figura 3.6 – Degradação do montado por intensificação e extensificação (CORREIA, T.P. (1993) citada por NAVEH, Z. (1998, p. 37)).

A gestão dos montados possui um aspecto eminentemente agronómico, pois é geralmente complementada por produção de cereais, produzindo também pastagem e alimentando com os seus frutos o pastoreio mais ou menos extensivo. A cultura de cereais serve também para impedir a invasão do manto herbáceo, regenerativo, por vegetação arbustiva, logo o montado gerido é desprovido de sub – bosque arbustivo. Sendo particularmente adaptado ao clima Mediterrâneo, baixa fertilidade do solo e topografia geralmente “ondulante”, o montado é um sistema agro – biológico, criado pelo Homem e o seu gado, mantido para e pelo seu uso, mas se este factor desaparecer o montado também desaparece.

Segundo GOMEZ, S.R. (1999, pp. -10) o montado tem uma estrutura interna e uma estrutura externa:

- Estrutura Interna

- o A população arbórea – Componente essencial, os seus efeitos mais importantes são:

- Intercepção da luz solar e vapor de água;
- Intercepção e redistribuição da precipitação;
- Vários efeitos a nível do vento;
- Competição das raízes entre as árvores e as pastagens;

- Evapotranspiração das árvores;
 - Melhoramento orgânico;
 - Fertilização;
 - Ponto de concentração dos animais;
 - Redução da superfície disponível para pastagem;
 - Diversificação;
 - Além da função ecológica tem um papel produtivo: lenha, frutos, cortiça, etc. A regeneração ou reflorestação é difícil, quase impossível, na presença de herbívoros que consomem as folhas, os rebentos e quebram os arbustos.
- o Pastagens – Humidade, fertilidade do solo e formas de uso e gestão determinam as diferentes comunidades herbáceas.
- o Gado – É o principal produto do montado e, tal como noutros sistemas florestais, é também a principal “ferramenta” de estabilização, perpetuação e melhoramento de todo o sistema. Existem vários tipos de gado, ovino, suíno (na área de estudo existem já inúmeras áreas com varas à bolota), caprino, etc. Consoante as suas “preferências” vão ter diferentes efeitos nas comunidades de vegetação. As suas principais funções são:
- Impedir a invasão de espécies de porte arbustivo;
 - Melhoramento das pastagens, dependendo obviamente da carga;
 - Transporte de fertilidade;
 - Aceleração do ciclo de nutrientes.
- Estrutura externa – A seca estival e o frio do Inverno implicam um período de falta de alimento e disponibilidade reduzida, o que implica que os montados não são completamente auto-suficientes e dependem de inputs de sistemas adjacentes:
- o Transumância;
 - o Uso de resíduos da agricultura de cereais (palha);
 - o Uso de rações trazidas para o sistema.

Quando da descrição do coberto vegetal do Concelho de Mértola as características locais do montado serão aprofundadas. Entretanto, parece claro que a especificidade e carácter único deste tipo de uso do solo no Mediterrâneo justificavam este apontamento, sobretudo acerca das características “funcionais” do montado. Mais poderia ser referido, como mais haveria a dizer acerca das comunidades herbáceas da flora Mediterrânea, mas aprofundar mais estes assuntos está claramente fora deste ponto, que é essencial antes de se passar às imagens. Trata-se de transmitir e ajudar a compreender a realidade da Paisagem da área de estudo.

Para terminar, quanto à dinâmica das comunidades vegetais Mediterrâneas, citam-se as seguintes proposições feitas por CLARK, S.C. (1996, pp. 297-298), pois são sintéticas quanto baste, particularmente correctas e adaptadas ao conhecimento do terreno e realidade da área de estudo:

- Que as espécies lenhosas sempre verdes tiveram uma longa e continua história de evolução em ambientes similares aos que actualmente existem no Mediterrâneo. Que, por causa da sua longa história, estas espécies tiveram tempo para adquirir os complexos de genes adaptativos que as pré-adaptaram ao corrente clima Mediterrâneo quando ele se desenvolveu durante e depois do Plistocénico;
- Que o ciclo de Inverno das anuais [herbáceas] evoluiu em resposta a climas com precipitação no Inverno e seca no Verão. Daí, a prevalência de anuais com este tipo de ciclo de vida na bacia do Mediterrâneo, é uma consequência da mudança de chuvas de Verão para Inverno enquanto se desenvolvia um tipo de clima Mediterrâneo;
- Que antes de o Homem se tornar um factor importante na bacia do Mediterrâneo, anuais de Inverno e arbustos (porque evoluíram ambos antes do advento do Homem) formavam, provavelmente, comunidades abertas mistas nos limitados habitats com solos pouco espessos sujeitos a stress hídrico;
- Que esta comunidade arbustiva – anual se expandiu enquanto o Homem criava habitats adequados. Portanto é possível que muita da vegetação actual existente no Mediterrâneo consista de comunidades que se tinham integrado antes do aparecimento do Homem e cujas espécies constituintes já estariam adaptadas à instabilidade ambiental. Se isto estiver correcto, então muita da vegetação actual não arbórea consiste em conjuntos temporalmente estáveis, estabelecidos há muito e não de reminiscências de comunidades mais complexas que, supostamente, se desenvolveram em resposta a condições ambientais mais estáveis;
- Que esta longa história de selecção e perturbação produziu, em virtude da capacidade de recuperação das espécies constituintes, uma comunidade com capacidade de recuperação [resilience] constituída por três tipos funcionais; arbustos sempre verdes, caducas resistentes à seca e anuais de Inverno, não se sobrepondo espacial e temporalmente a membros (agora desaparecidos) de outras comunidades, mas parte integral do mesmo conjunto, embora cada componente esteja por vezes separado dos outros;
- Que, ao contrário dos «seral stages» que estão separados no tempo numa sequência de sucessão uni-direccional, esta comunidade não compreende nenhum desvio direccional permanente. Pelo contrário, há uma mudança na proporção dos componentes, dependendo do Ambiente actual. Por exemplo, as «savanas» do sudoeste de Espanha e sueste de

Portugal, contêm árvores e anuais de Inverno que estão nos extremos opostos do que poderia ser uma série de sucessão. Contudo, a gestão ou outras mudanças ambientais podem resultar no estabelecimento de comunidades arbustivas intermédias que seriam, simplesmente, um dos componentes actualmente ausentes da mesma comunidade e não um estado de sucessão. Novamente, dependendo de mudanças ambientais subsequentes (incluindo as induzidas pelo Homem), as proporções das várias comunidades mudariam também. Estas mudanças constituiriam, primariamente, uma resposta a factores exógenos e não uma resposta às mudanças envolvidas com a sucessão na comunidade endógena;

- Que a comunidade arbustiva anual de Inverno da bacia Mediterrânea tem capacidade de recuperação, é um conjunto tolerante e desenvolveu-se em resposta a uma «constante instabilidade», onde a periodicidade de mudanças ambientais é por vezes menor que o tempo requerido para o desenvolvimento de comunidades estáveis. Este facto contrasta com a situação de sucessão, onde a periodicidade de mudanças ambientais é mais longa que o tempo necessário à vegetação para estabilizar. Embora a comunidade arbustiva anual tenha, quase com certeza, evoluído antes de o Homem ser um factor ambiental importante, o Homem, ao criar habitats favoráveis, tem sido largamente responsável pela sua prevalência actual [vide caso da selecção do Sobreiro e Azinheira];
- As actividades das espécies lenhosas e das anuais estão fortemente relacionadas com as mudanças sazonais do clima Mediterrâneo. Estas espécies também respondem «oportunistamente» à precipitação tipicamente imprevisível, intra e inter anual, do clima Mediterrâneo. Como actividade fora de estação, em resposta a um evento excepcional de chuva, pode ser aparentemente não vantajosa, porque a precipitação à qual as plantas respondem pode não ser suficiente para suportar o crescimento evocado pela chuva, a selecção de oportunidades pode não ser suficiente ou ainda não foi tão eficiente como a selecção, em resposta aos eventos sazonais;
- Que as comunidades de sempre verdes, caducas resistentes à seca e anuais de Inverno da bacia Mediterrânea devem a sua presente extensão à criação de habitats favoráveis pelo Homem. Que, embora actualmente danificadas e perturbadas pela actividade humana, estas comunidades são inerentemente capazes de recuperar e poderiam fazê-lo rapidamente se a pressão da perturbação fosse reduzida. A recuperação espontânea da vegetação arbórea é mais dúbia.

As Paisagens Mediterrâneas, tal como outras Paisagens culturais semi - naturais e agro – silvo – pastoris, comportam-se termodinamicamente como estruturas dissipativas, somente mantidas e estabilizadas porque trocam permanentemente energia e entropia com o seu meio. Tais perturbações cíclicas foram introduzidas há séculos pelo pastoreio, corte de madeira para lenha, queimadas e recolha de frutos. Estas perturbações humanas sobrepuseram-se às flutuações climáticas sazonais e

anuais, tendo as suas pressões sido incorporadas na Paisagem. Resultaram no estabelecimento de um equilíbrio dinâmico mantido pelo Homem, a longo e curto prazo, entre a árvore, o mato, o coberto arbustivo e o coberto herbáceo.

2.4 Processos Actuais de Degradação

Este ponto é introduzido, antes da descrição do modelo de vegetação “natural” da área de estudo com que se partirá para a análise da imagem de satélite, porque há ainda um aspecto que convém deixar claro: o facto de se considerar o uso do solo como o factor mais importante da degradação dos ecossistemas Mediterrâneos, o que será exemplificado com dados experimentais.

Por outro lado, importa clarificar a posição assumida quanto ao uso da Teledeteção para medir essa mesma degradação, pois em grande parte dos estudos, sobretudo através de índices de vegetação, a questão é abordada de uma forma menos correcta, não tendo em conta as características climáticas anteriores à obtenção das imagens e não tendo em conta ou desconhecendo o tipo e grau de acção humana nas áreas a estudar.

Assim sendo, a “tese” defendida em termos de coberto vegetal, sua evolução e dinâmica estaria irremediavelmente incompleta se não fosse abordada esta questão. Não se trata de discutir os aspectos paradigmáticos ou “polémicas” relacionadas com os fenómenos mas sim, e sobretudo, tentar deixar clara a posição defendida quanto à inadequação de certo tipo de estudos em Teledeteção enquanto meio de “medir” essa degradação / grau de Desertificação.

Deve-se então definir degradação ambiental (land degradation) como processo, indicando que o resultado, estado final desta degradação é a Desertificação:

- Em relação ao conceito de degradação, VAN der LEEUW, S.E. (2000, p. 19) refere que: “Para evitar antropocentrismo e ambientalismo, romantismo e determinismo (entre as várias armadilhas que um estudo da literatura sublinha), pode-se argumentar que degradação ocorre quando uma ou mais variáveis num sistema dinâmico aceleram ou abrandam desproporcionalmente, não permitindo que as outras variáveis (articulantes) as consigam acompanhar, iniciando a busca por um novo equilíbrio dinâmico. Degradação torna-se uma qualificação que pode ser dada a algumas, mas não todas as mudanças na estrutura de um equilíbrio dinâmico – aquelas que envolvem uma transição entre um ou mais comportamentos dinâmicos e/ou uma deslocação da dinâmica de um conjunto de parâmetros estruturantes para outro. O resultado é que logo que uma ou mais variáveis estão «fora de passo» a dinâmica muda, e que tal mudança se manifestará, pelo menos em alguns dos participantes do sistema, como «degradação». Seis vantagens de uma tal definição saltam imediatamente à vista:

- o A definição diz respeito à dinâmica por detrás da observação de degradação, ao invés da observação em si;
 - o Pode ser aplicada por várias disciplinas, desde que os paradigmas envolvidos permitam o uso de uma meta-linguagem dinâmica;
 - o A definição é muito geral e aplicável a «land degradation», mas também a outras formas de degradação;
 - o Salienta e reforça a importância das escalas temporais no estudo da degradação;
 - o Implica que se muda de uma perspectiva em que se distinguem estados estáveis e transições, para uma perspectiva em que a mudança é permanente e a estabilidade somente relativa;
 - o Introduce uma ligação entre mudanças qualitativas observadas e mudanças quantitativas na dinâmica considerada – mudanças quantitativas que são consideradas como não reversíveis no horizonte espaço-temporal dos actores humanos”.
- Segundo HILL, J. (1993): “Os processos de «land degradation» desenvolvem-se geralmente em áreas onde o coberto vegetal foi seriamente danificado. Dado que os períodos de secura estival frequentemente coincidem ou são seguidos por violentos episódios chuvosos, as camadas superficiais do solo que estão desprotegidas tornam-se passíveis da actuação de erosão hídrica dos solos. A excessiva perda de solo, nutrientes e sementes por parte do ecossistema compromete a capacidade de regeneração da vegetação ao quebrar as relações planta – água, levando assim a mecanismos por vezes irreversíveis de dano ambiental [...] causas adicionais podem ser o sobrepastoreio, certas práticas agrícolas, o fogo e a sobre-exploração de recursos florestais”;

Há um conjunto de passos na degradação, constituídos por processos eminentemente físicos mas também químicos, embora estes sejam pouco conhecidos na área de estudo. Quais são então, segundo YASSOGLOU, N. (2000, pp. 94-97), estes “passos”:

1. Diminuição da cobertura vegetativa do solo – O primeiro passo da «land degradation» é a diminuição do coberto vegetal a um ponto tal que o impacto directo das gotas da chuva, não interceptado, se torna significativo. A “copa” projectada da planta parece ser mais importante do que a superfície de folhas enquanto determinante do grau de impacto;

2. Redução do teor de matéria orgânica, deterioração da estrutura do solo – Está bem demonstrado que a matéria orgânica é um eficaz agente de agregação das partículas do solo. A diminuição do seu conteúdo acontece quando o ritmo de decomposição é maior que o ritmo de adição de manta morta pelas partes área e subterrânea da planta. O ritmo de decomposição da matéria orgânica aumenta com a diminuição da densidade da cobertura das plantas. A perda de matéria orgânica tem um efeito directo – o enfraquecimento dos agregados do solo, que são as fundações da estrutura do solo e – um efeito indirecto – o declínio da produtividade da biomassa do solo. Portanto, a diminuição de densidade do coberto vegetal, quando iniciada, torna-se um mecanismo de *feedback* auto-acelerado;
3. Dispersão dos agregados do solo e «surface sealing»²⁸ - Os agregados do solo enfraquecidos “quebram-se” em agregados mais pequenos com o impacto das gotas da chuva, pelas lavours e ciclos de encharcamento – dissecação. Em casos extremos a superfície do solo é “pulverizada” e a sua estrutura seriamente danificada. Os pequenos agregados e partículas primárias preenchem os poros do solo à superfície, reduzindo a infiltração. Forma-se uma fina “crosta” com pouca matéria orgânica e textura siltosa. As práticas agrícolas parecem desempenhar um papel essencial neste processo. A “crosta” impede, em grande parte, a infiltração de água e o aparecimento de rebentos de plantas. Esta degradação da estrutura do solo tem efeitos negativos na produtividade de biomassa do solo, reduzindo a água disponível para as plantas e dificultando a regeneração da vegetação. Este mecanismo de *feedback*, se não for invertido, acelera a própria degradação do solo;
4. Escorrência superficial e transporte de solo – Os episódios chuvosos que excedem a capacidade de infiltração do solo e/ou a conductividade hidráulica do nível de transição abaixo da superfície, resultam numa acumulação da água à superfície. Com declive gera-se escorrência superficial, as partículas primárias do solo, os pequenos agregados, a matéria orgânica e os nutrientes das plantas são transportados pela água, vertente abaixo. A superfície do solo é erodida a cada evento chuvoso que ultrapassa a capacidade de campo, cada vez mais diminuta, do próprio solo. A erosão reduz ainda mais a produtividade de biomassa do solo, pois diminui a profundidade potencial de enraizamento e diminui o teor de matéria orgânica e nutrientes das plantas;
5. Estado terminal de degradação – Desertificação – Os processos de degradação anteriormente referidos actuam em *feedback*, conduzindo a uma destruição acelerada do coberto vegetal. O estado terminal destes processos, quando a perda de volume do solo e diminuição de capacidade de campo atinge valores extremos, implica que o solo não pode sustentar formas

²⁸ Os microporos da superfície ficam preenchidos com partículas mais pequenas de solo desagregado, este facto diminui a capacidade de infiltração do próprio solo, constituindo um efeito “tampão” quando ocorrem precipitações, sobretudo violentas, em que a camada superficial do solo satura, não permitindo qualquer infiltração e promovendo, desde logo, escorrência superficial.

de vida. Numa zona semi-árida e sub-húmida, áreas que atingem este estado podem ser consideradas num estado de Desertificação.

- Em termos mais latos, segundo GROVES, R.H. (1998, p. 55), “uma Paisagem degradada é menos produtiva, tem menos capacidade de recuperação, menos diversidade ou menos beleza, embora geralmente seja a redução de rendimento económico que está implícita [...] Degradação é um contínuo de mudança, marcado em vários pontos dessa mudança por mudanças demonstráveis e mensuráveis da Paisagem ou dos atributos do ecossistema”;
- Segundo a United Nations Conference on Desertification (DARKOH, M.B.K. (1989, p. 10) Desertificação é “a diminuição ou destruição do potencial biológico da terra, que pode, em última instância, levar à existência de condições do tipo desértico. É um aspecto da generalizada degradação dos ecossistemas e tem diminuído ou destruído o potencial biológico, por exemplo, produção animal e vegetal, num momento em que é necessária crescente produtividade para suportar uma população crescente em busca de desenvolvimento”;
- Desertificação é a “...aridificação da terra que envolve todos os processos que culminam na redução do teor de água no solo e, conseqüentemente, causa a diminuição da produtividade biológica” (KOUUDA (1980) citado por MANNION, A.M. (1991, p. 224));
- Segundo a FAO-UNEP (1984) (citada por ROXO, M.J. (1994, p. 337)), Desertificação é “Uma expressão abrangente de processos económicos e sociais, naturais ou induzidos, que destroem o equilíbrio do solo, vegetação, ar e água nas áreas sujeitas a aridez edáfica e ou climática”;
- “Desertificação é a degradação a longo prazo de terras secas, resultando tanto do uso excessivo pelo Homem e seus animais, como de causas naturais, como flutuações climáticas. Conduz à diminuição do coberto vegetal, perda das camadas superficiais do solo por erosão eólica e hídrica, à extensão de condições desérticas de baixa produtividade biológica para áreas secas fora dos limites prévios dos desertos” (RAPP (1987) citado por ROXO, M.J. (1994, p. 225));

Assim, em função destas definições e depois de se ter abordado as características e dinâmica da vegetação Mediterrânea, parece compreensível considerar o uso do solo como principal agente de degradação ambiental. Há, certamente, uma gradação de maiores ou menores graus de degradação em função de múltiplos aspectos: os próprios usos, as características do regime pluviométrico, as propriedades físicas e químicas dos solos, os declives e exposição das áreas, etc.

Não obstante, a acção humana é o principal factor de modificação e degradação do coberto vegetal, como já foi mencionado acerca do uso do solo, a vegetação e o próprio solo são a interface entre o Homem e o Meio, sendo a esse nível que maiores impactos e consequências se vão sentir. O impacto humano no solo faz-se, assim, sob cinco aspectos distintos mas concorrentes entre si, segundo GOUDIE, A. (1988, p. 119), tendo todos origem em modificações no uso do solo, sobretudo de estados de vegetação natural e semi-natural para usos agrícolas :

- Rocha mãe - Rególito - Ao retirar mais do que coloca, em termos minerais, orgânicos e até volumétricos;
- Topografia - A diminuição da quantidade de solo num local implica a acumulação noutra local e consequente mudança topográfica. A erosão de solos é, no fundo, a intensificação do transporte e o aumento do material transportado;
- Clima - Maior exposição do solo à insolação (destruição da matéria orgânica, perda de humidade), acção intensa do vento, da chuva e da escorrência superficial originada por menor infiltração, maior incidência de geadas;
- Organismos - Retirar plantas e animais do sistema, reduzir a matéria orgânica do solo através de queimadas, sobrepastoreio, colheitas;
- Tempo - Duração da acção conjugada dos vários factores anteriores, cujo resultado é a perda de nutrientes do próprio solo e da «carrying capacity» do mesmo para sustentar a vegetação.

Através da descrição da dinâmica da vegetação, também resulta claro que o ecossistema tem uma extrema capacidade de regeneração e resistência, à extrema variabilidade inerente e na génese da sua própria evolução. Como tal, avaliar o grau de degradação ambiental de uma área com base no “estado da vegetação” pode ser delicado em termos de recurso à Teledeteção. Sobretudo se o recurso às imagens de satélite e índices de vegetação for efectuado de uma forma isolada das práticas agrícolas, tipo e intensidade de pressão antrópica e desconhecimento das características climáticas ocorridas anteriormente à data de obtenção das imagens.

Como já foi referido é, também, uma questão de adequação dos objectos identificados a temas, sendo que as cambiantes dos temas em termos de degradação ambiental têm na actividade humana o factor principal. Citam-se de seguida algumas posições que ilustram claramente o ponto de vista defendido:

- Segundo IMESON, A.C. (1996, p. 2), “Uma diminuição generalizada do coberto vegetal pode resultar de um processo deliberado de ordenamento do uso do solo ou política de uso do solo, que só por acaso parece Desertificação [...] Similarmente, em áreas de vegetação semi-

natural, os ecossistemas são resistentes e tolerantes à seca e mudanças, por exemplo, na abundância de vegetação podem mais uma vez não indicar Desertificação [somente um ano com diferentes condições climáticas...].”.

- Ou ainda, segundo GRAETZ, R.D. (1996, p. 9), “A causa fundamental da degradação ambiental é o uso do solo. Porque é, portanto, um problema socialmente construído, a dimensão social da sua solução não pode ser ignorada, embora a definição da extensão, severidade e dinâmica do problema só possa ser realizada pela Ciência natural [...] O interesse actual na Desertificação na bacia do Mediterrâneo é o resultado de desenvolvimentos políticos e sociais recentes. Logo, não foram condições ecológicas ou económicas que precipitaram a acção, a Desertificação não atingiu um ponto de crise que tenha forçado uma resposta. Uma possível consequência deste início de interesse na Desertificação, mais político que ecológico, é que o problema pode, por uma variedade de razões, ser actualmente menor do que era há 20 anos, continuando a diminuir de severidade [...] Degradação ambiental, a diminuição do potencial produtivo das Paisagens, tem muitas expressões, nem todas elas resultando em condições de Desertificação. Logo, Desertificação é um sub-aspecto da degradação ambiental que está, efectivamente, restrito a condições áridas [...] Desertificação é também um conceito enganador. Embora implique um processo, a palavra é sobretudo utilizada para descrever o estado final, a Paisagem totalmente e irreversivelmente degradada. [...] Como cientistas naturais, não devemos perder de vista a causa fundamental da degradação ambiental, que é o uso do solo, actividades humanas e não mudanças climáticas [Acerca da “Desertificação” no Sahel] Por mais desconfortável que possa parecer, deve ter-se noção clara que estas pessoas [os habitantes do Sahel] não são «os filhos do deserto» são sim os «seus pais»”.

Como tal, além de se dever enquadrar climaticamente o período anterior à obtenção das imagens, não se atribuirá qualquer significado temático no contexto da Desertificação a diferentes cobertos, tão somente se tentará separar áreas sujeitas a grande pressão, nomeadamente pastorícia, de áreas com menos pressão, com base no reconhecimento e conhecimento de campo, bem como nas características intrínsecas do objecto (i.e. porção de solo a nu).

Um índice de vegetação obtido a partir de tratamento digital de imagem de satélite é isso mesmo, um índice de vegetação, só pode ser transformado num indicador de degradação se a “verdade do terreno”, correspondente a determinadas classes, for constituída por um conjunto de informações e medições experimentais que isolem e afastem da análise todos os aspectos que não contribuem, de uma forma causal, para o fenómeno em si. Uma vez que a biomassa “mensurável” pelo satélite depende de uma infinidade de factores, implicando isso que se desconhece quais as relações causa – efeito efectivas, não se relacionarão os valores dos índices de vegetação com estados de degradação.

O abandono progressivo da agricultura na área, largamente documentado, explicado e justificado experimentalmente por CASIMIRO, P.C. (1993) e ROXO, M.J. (1994), implica que o grau e a extensão actual de degradação ambiental no Concelho de Mértola seja bastante menor do que já foi no passado, sobretudo nas décadas de 1930-50. Este facto não implica que não existam áreas extremamente degradadas, outras ainda sujeitas a grandes pressões antrópicas e, outras, extremamente sensíveis dum ponto de vista ambiental. Contudo, a abordagem em termos estritos de classificação do uso do solo – coberto vegetal fugirá, tanto quanto possível, do que se considera serem “más interpretações” e “maus usos” da Teledetecção enquanto ferramenta para a análise da Paisagem. Como já referido tentar-se-á tão somente destrinçar usos específicos em função da maior ou menor densidade de cobertura do solo, o que se pode desde já dizer que será funcionalmente difícil, por um conjunto de razões, limitações e características intrínsecas à Teledetecção que em devido tempo serão abordadas.

De tudo o que foi dito e discutido pode-se reter que haverá, a princípio, um limiar a partir do qual a degradação ambiental será irreversível. Através do conhecimento e estudos efectuados, não parece que esse limiar tenha sido alcançado em áreas espacialmente significativas do Concelho de Mértola. A realidade tem demonstrado que se houver diminuição da pressão antrópica ou abandono e, sobretudo, se se der “tempo ao tempo” a regeneração acaba por ser uma realidade, embora o ritmo possa ser lento. Claro está que existem vastas áreas onde a pressão não só se mantém como tem vindo a intensificar-se, mas globalmente esse não é o caso. Passaremos a citar ROXO, M.J. (1994, pp. 339-243) acerca do grau de degradação da Serra de Serpa e Mértola, bem como das diferentes fases de regeneração. Não só constituem a melhor avaliação encontrada, como também se adequam particularmente bem à esmagadora maioria do Concelho de Mértola :

“... a Serra [de Serpa e Mértola] é uma área que se pode considerar num processo de Desertificação, mas o diagnóstico pormenorizado de campo revelou outras realidades dentro desta situação. É por demais evidente que a ocupação e utilização da Serra pelo Homem teve um impacto enorme e directo sobre o solo, fundamentalmente a partir do momento em que modificou o uso de natural para agrícola. A partir desse momento, a sua acção traduziu-se num conjunto de efeitos negativos a nível do solo, que engloba vários aspectos:

- Modificação das propriedades físicas e químicas [do solo], inclusive da estrutura dos horizontes por constantes mobilizações que frequentemente chegam ao substrato rochoso meteorizado (rocha mãe);
- Diminuição da espessura efectiva, devido à actuação da erosão hídrica, o que levou a uma transferência em termos volumétricos, assistindo-se à modificação dos perfis das vertentes, por perda de volume nos sectores de topo e um aumento nos sectores de base e fundos de vale, por deposição dos sedimentos, devido à intensificação do transporte e aumento do quantitativo transportado;

- Exposição aos agentes atmosféricos de cada vez maiores áreas de solo a nu, o que implica acção directa da precipitação, temperatura e vento, com consequências graves em termos de erosão, retenção de água e teor em matéria orgânica;
- Redução do teor de matéria orgânica, em função da destruição da vegetação e dos microorganismos do solo, da fraca contribuição em matéria vegetal por parte das culturas, das queimadas e do sobrepastoreio;
- Degradação efectiva devido ao tempo de actuação, que conduziu à perda de fertilidade e em alguns locais à completa destruição do solo pela acção conjunta dos vários factores mencionados.

Assim, devido à acção antrópica assistiu-se a uma profunda alteração do equilíbrio do sistema natural, encontrando-se de tal forma debilitado que mesmo quando a actividade humana cessa, a sua capacidade de auto-regeneração é diminuta. Porém, foi possível notar que na Serra se podem encontrar vários estádios dentro de um processo global que se crê ter sido no sentido da Desertificação. Esses vários estádios evoluem em dois sentidos: algumas áreas encontram-se num ponto crucial de viragem para uma recuperação, o que revela uma auto-regeneração real, enquanto outras continuam a apresentar um risco potencial de degradação. A Serra é constituída, deste modo, por um mosaico de situações com graus diferentes de evolução dentro do processo global da Desertificação e dos processos de regeneração. A diferenciação provém da intensidade e do tempo de actuação dos processos. Não se está longe da realidade ao afirmar-se que o diagnóstico actual da Serra revela a existência de três estádios fundamentais, dentro dos quais se podem observar diferentes fases gradativas:

- Áreas em que a degradação do solo foi total – algumas em regeneração lenta, espécies vegetais menos exigentes, pouco densas espacialmente;
- Áreas em regeneração – aumento também da humidade de solo e teor de matéria orgânica, grande parte da Serra está neste estágio;
- Áreas em risco potencial de degradação – áreas ainda agrícolas, cereais, e sujeitas a pastoreio”.

Em função do que foi dito, a análise da erosão de solo em função dos diferentes usos dos solo, pois foi esse o factor identificado como principal agente e responsável pelos processos de degradação, é um aspecto essencial. Desta forma, as diferentes classes que se pretendem classificar através do tratamento digital de imagem de satélite têm não só um significado particular como tema, o uso do

solo propriamente dito e as espécies ou associações vegetais, mas também um conjunto de processos específicos, ou melhor, uma dada intensidade desses processos, associada e inerente ao próprio uso.

Assim, cada coberto vegetal – uso do solo é, não só, uma realidade temática estática mas também, no caso da degradação dos solos, a consubstanciação de um grau potencial dessa mesma degradação, em determinado momento no tempo. Daí ser essencial analisar a dinâmica do fenómeno erosão do solo mas, sobretudo, a gradação e intensidade correspondente a cada uso do solo, uso esse que como já foi referido é o motor mais importante da degradação pois é o factor que comanda, com maior intensidade, a própria degradação.

Uma Paisagem que está a sofrer degradação ecológica “pode ser considerada como um sistema que está a perder estrutura, primeiro nos níveis hierárquicos mais baixos (e.g. deterioração da estrutura do solo) mas progressivamente, também, a níveis hierárquicos superiores (e.g. mosaico solo – vegetação)” (BOER, M.M. (1996, p. 472). Desta forma a erosão de solos actua, primariamente, a nível do próprio solo. Como refere ROXO, M.J. (1994, pp. 248-249):

“O processo de erosão hídrica envolve duas fases distintas mas sequenciais: a desagregação das partículas e o subsequente transporte ao longo da vertente. No entanto, quando não há energia suficiente para o transporte das partículas do solo, ocorre uma terceira fase, a deposição. É, por isso, um processo complexo, no qual intervêm vários agentes, sendo em parte a sua complexidade resultante da influência de vários factores.

Os agentes principais neste processo são as gotas da chuva e a escorrência superficial ou laminar. A acção erosiva das gotas da chuva implica a desagregação das partículas agregadas do solo pelo impacto e consequente movimento por efeito de *splash*, enquanto a escorrência superficial consiste no transporte do material desagregado através da escorrência difusa e posteriormente através da escorrência concentrada em sulcos mais ou menos profundos, embora esta também seja responsável por alguma desagregação.

Cada uma destas acções compreende o seu próprio conjunto de forças, promovendo umas o destacamento das partículas ao mesmo tempo que outras tendem a resistir-lhe. A natureza do fenómeno erosão depende, pois, fundamentalmente da relação e interacção entre a erosividade das gotas da chuva e da escorrência superficial, por um lado, e a erodibilidade dos materiais por outro (facilidade com que se processa a desagregação e transporte)”.

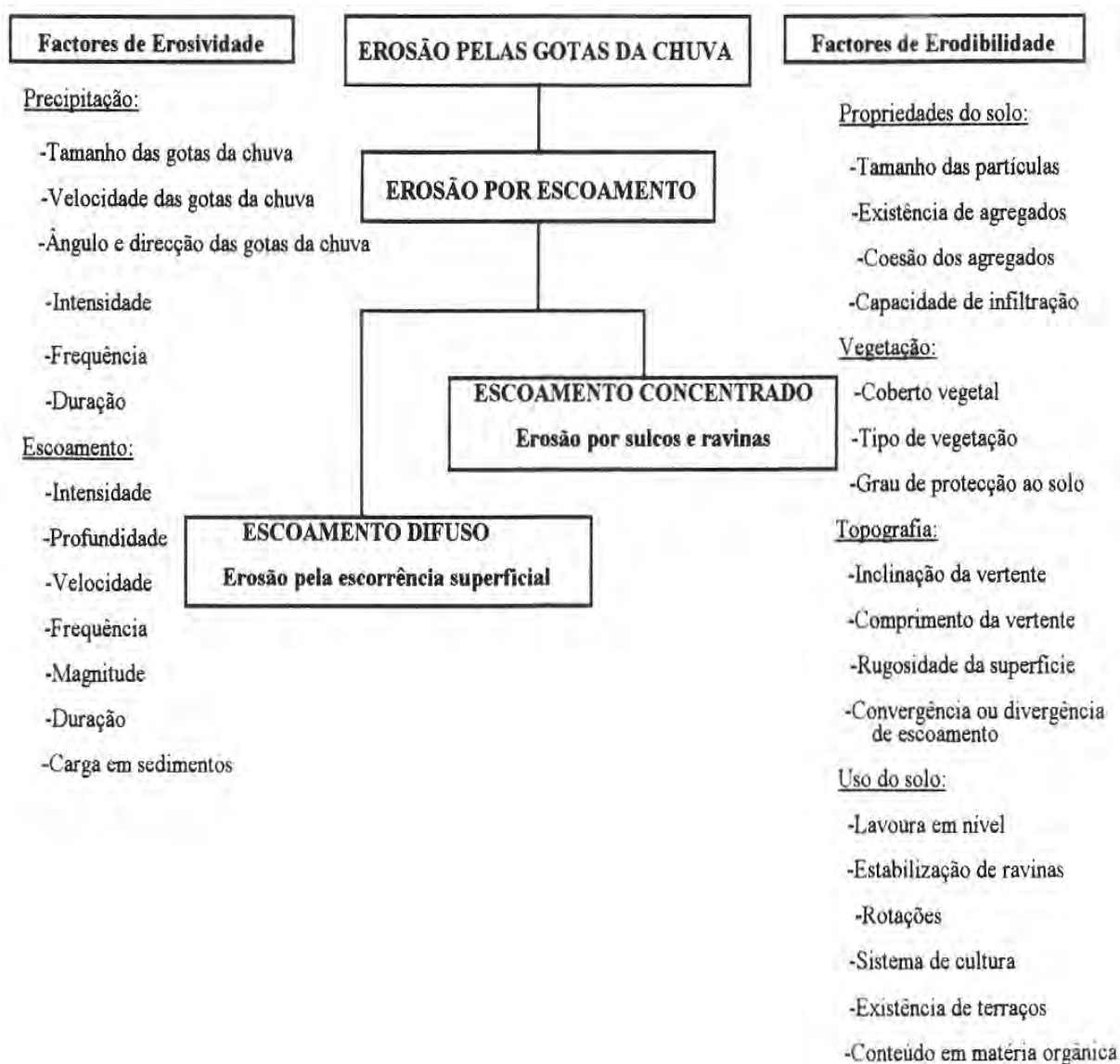


Figura 3.7 – Principais factores que intervêm no fenómeno da Erosão Hídrica do solo (COOK, R.U.; DORNKAMP, J.C. (1990, p. 81) adaptado por ROXO, M.J. (1994, p. 249)).

Analisando a figura anterior torna-se claro que existem dois grandes grupos de factores que comandam a erosão, os factores de erosividade que dependem eminentemente das características climáticas e das características dos episódios chuvosos e os factores de erodibilidade. Neste segundo grupo, o mais importante na abordagem que se está a fazer, o coberto vegetal e o uso do solo desempenham um papel essencial e primordial, pois comandam o grau de erodibilidade através das práticas agrícolas e da densidade de vegetação e respectivo grau de cobertura que proporcionam. Sem se aprofundar em demasia, parece que resulta claro o “controlo” exercido pelo coberto vegetal – uso do solo, objecto deste estudo através da Teledeteção.

Pode-se então passar a uma análise sintética dos valores de erosão do solo em função dos usos. Os valores que em seguida se apresentam foram obtidos no Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso (CEEVF) ²⁹, num tipo de solos específico, não se podendo generalizar os valores a todo o Concelho de Mértola, embora grande parte dele tenha solos com características semelhantes. Por isso importa sobretudo reter as proporções e os valores totais, visto que para solos e declives semelhantes aos dos talhões de erosão do CEEVF, 10-15 %, eles são perfeitamente aplicáveis.

O Centro foi criado no âmbito do II Plano de Fomento, pertencendo à Direcção Regional de Agricultura do Alentejo e à Direcção Geral de Hidráulica e Engenharia Agrícola. O principal objectivo era estudar técnicas de conservação de solo na área do Baldio da Serra de Mértola, tentando encontrar rotações menos penalizantes em termos de degradação edáfica e simultaneamente economicamente mais rentáveis.

Os valores dizem respeito à erosão registada em talhões com uma superfície de 20 metros por 8.33 (o talhão com estevas tem somente 20 metros por 4.15), recolhida nos tanques que retêm a água escoada do talhão. Os sedimentos totais são calculados por adição do valor em suspensão aos materiais grosseiros depositados no tanque. Os dados para trigo, restolho e solo a nu dizem respeito a um registo contínuo desde 1961 a 1996, numa rotação testemunho existente em quatro talhões de erosão do Centro.

A introdução dos restantes usos foi levada a cabo durante dois projectos de investigação Comunitários sobre Desertificação - Variabilidade Climática - Modificações de uso do solo, realizados pelo Departamento de Geografia e Planeamento Regional da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa ³⁰. Foram introduzidos três novos usos no esquema de talhões do Centro: lavrado permanentemente de cima a baixo, o que dá a maior exposição possível aos agentes atmosféricos e constitui uma situação comum nesta região ao longo de todo o ano (sementeira, abertura de alqueives, limpeza de mato, de montados, etc.); estevas, como tentativa forçada de recuperação; e vegetação “natural” (pousio), tendo o terreno sido abandonado (um talhão) e vedado para impedir a presença do gado, deixando-se crescer a vegetação.

Os valores do talhão permanentemente lavrado são extremos (Quadro 3.1), o solo está permanentemente mobilizado para o transporte, os 22 quilos médios por evento correspondem a 1320 quilos de solo perdido por hectare, por evento. O valor fala por si: em solos pouco espessos rapidamente se perde a camada superficial do solo. É difícil imaginar a quantidade de solo arrastado pelos cursos de água durante grandes chuvadas quando todo o Concelho era “uma seara”, durante a Campanha do Trigo.

²⁹ Acerca do CEEVF e de todo o trabalho experimental aí realizado ver CASIMIRO, P.C. (1993), pp. 195-207 e ROXO, M.J. (1994), pp. 228-285.

³⁰ Projectos em que o autor participou como investigador, com a Professora Maria José Roxo, desde 1988.

Uso	Total	Média	Máxima	Mínima	N.º Episódios	% Média Escoamento
Lavrado continuamente	2836.473	22.160	199.002	0.003	128	16.040
Solo a nu	1355.291	3.502	89.084	0.000	387	4.75
Trigo	1029.260	2.767	106.718	0.000	372	8.35
Restolho	467.959	0.930	32.742	0.000	503	7.83
Estevas	39.408	0.626	14.886	0.000	72	1.59
Abandonado - Natural	8.421	0.117	3.088	0.000	72	6.69

Quadro 3.1 - Erosão para vários usos do solo, em Quilos por uso nos Talhões, CEEVF. Períodos entre 1961 – 1996 para a rotação trigo – restolho - solo a nu, 1988 – 1996 para as estevas e abandonado e 1989 – 1996 para lavrado continuamente de cima abaixo.

Saliente-se que os solos em que estes valores são obtidos tiveram uma intensa degradação até 1929, sendo à data considerados como muito erosionados. Este será, portanto, um valor máximo potencial nestes solos e declives. É também de realçar o facto de o valor mínimo ser de três gramas, o que pressupõe que todos os episódios chuvosos registados provocaram erosão, sendo que o valor máximo de 199 quilos é extremo. Infelizmente, ao longo de todo o ano existem campos lavrados na área de estudo, sobretudo na altura da abertura dos alqueives (Março – Abril, Setembro – Novembro), épocas em que a erosividade das precipitações é grande.

Segundo BASCH, G.; CARVALHO, M. (2000, p. 438), “A agricultura tradicional «lavrada» [com forte e intensa mobilização do solo] tem que ser considerada como a principal responsável pela erosão generalizada do solo em largas áreas com condições Mediterrâneas. A coincidência de eventos de precipitação intensa durante os meses de Outono e Inverno, com solos a nu ou pouco protegidos e desagregados pela lavoura intensa causaram, necessariamente, transporte de solo a distâncias maiores ou menores”.

Mas esta situação não é comum, pois o talhão vai sendo sucessivamente lavrado, quando na realidade o alqueive vai abatendo e estando menos susceptível à erosão hídrica. Assim, o valor para solo a nu é mais válido, pelo menos para as culturas cerealíferas, pois constitui o período de tempo real que o solo esteve exposto à erosão enquanto lavrado e, neste caso, de Setembro de 1961 a Maio de 1996, logo passando por vários anos com todo o tipo de características climáticas. O total de sedimento perdido é elevado, o valor médio é de 3.502 quilos por evento no talhão (210 quilos por hectare).

A situação de trigo, que supostamente protegeria mais o solo do impacto directo da precipitação e promoveria a infiltração, apresenta também valores elevados: 2.767 quilos por evento, com um valor máximo de 106 quilos. Com o solo a nu o valor máximo é de 89 quilos. Consequentemente, todas as situações ligadas à cultura de cereais são extremamente danificantes em termos de degradação do

solo, neste caso por perda desse mesmo solo, e sem referir a perda de nutrientes para a planta e em suspensão na água de escorrência, que sob outro coberto se infiltraria muito mais.

O grau de dano que estes valores testemunham torna-se mais preocupante quando se chega aos restantes usos. Em situações de restolho, o valor médio desce para 0.930 quilos por evento, com um valor máximo de somente 32.742 quilos. No entanto estes valores são “naturais”, o restolho apresenta uma taxa de cobertura maior, sobretudo ao proteger do impacto directo das gotas da chuva no solo.

As estevas constituem uma cobertura mais descontínua e menos propícia ao desenvolvimento de um substrato herbáceo denso. Não obstante, qualquer situação de esteval é menos nociva que áreas de cereal e mobilização do solo, até porque a densidade de estevas no talhão é menos reduzida do que na maioria dos estevais, excepção feita a pequenas comunidades de estevas em áreas muito degradadas ou sujeitas a sobrepastagem.

O último valor é talvez o mais interessante, os valores obtidos numa situação de campo abandonado, isolado de qualquer acção humana, são a prova fundamental de que um coberto que começou por ser do tipo Estepe Mediterrânea, com grande abundância de herbáceas, promove uma protecção quase total contra a erosão: 0.117 quilos por evento é mínimo, sobretudo tendo em conta que ocorreram durante um período excedentário e diferenciado. 1989-90 foi um ano de precipitação extrema e 91-92 e 92-93 secos, o que, ao debilitar o coberto herbáceo, diminui teoricamente a taxa de cobertura.

Na realidade toda a estrutura radicular, o próprio restolho e plantas secas continuam a constituir uma protecção altamente eficaz, como foi anteriormente referido a propósito da estepe Mediterrânea. Além disso, ao longo dos anos a diversidade e o número de espécies tem vindo a aumentar de uma forma surpreendente, tendo começado a aparecer várias espécies arbustivas. Este facto é notável dada a distância a que o talhão está de qualquer outra área abandonada, e porque somente os pássaros, os insectos, pequenos mamíferos e répteis têm acesso ao talhão. Sem dúvida mais um bom exemplo de capacidade de regeneração do sistema, embora este tipo de coberto resulte de uma degradação prolongada, sobretudo devido a pastagem e após remoção de todas as espécies arbustivas e por vezes, também, das arbóreas.

Se se representarem graficamente os valores médios de erosão por uso do solo torna-se ainda mais evidente que o uso do solo é, declaradamente, o mais importante factor na erosão dos solos (Figura 3.8). Claro está que esta afirmação é algo simplificativa, pois o uso do solo controla, no nível hierárquico mais baixo, a coesão dos agregados do solo, a capacidade de infiltração, o grau de cobertura e protecção do impacto directo das gotas da chuva, bem como o teor em humidade e matéria orgânica do solo, esses sim factores de erodibilidade.

Em termos de erosão média, como seria de esperar, lavrado apresenta os valores mais elevados, seguido de solo a nu, trigo, restolho e estevas, sendo a classe abandonado que regista valores mais baixos. Quanto ao valor máximo de erosão para o período existe uma ligeira diferença, pois restolho apresenta um valor superior a solo a nu e trigo. Não se podendo falar de uma relação absolutamente linear entre o valor médio e o valor máximo de erosão, não deixa contudo de se poder verificar a existência de um eixo claro de relação.

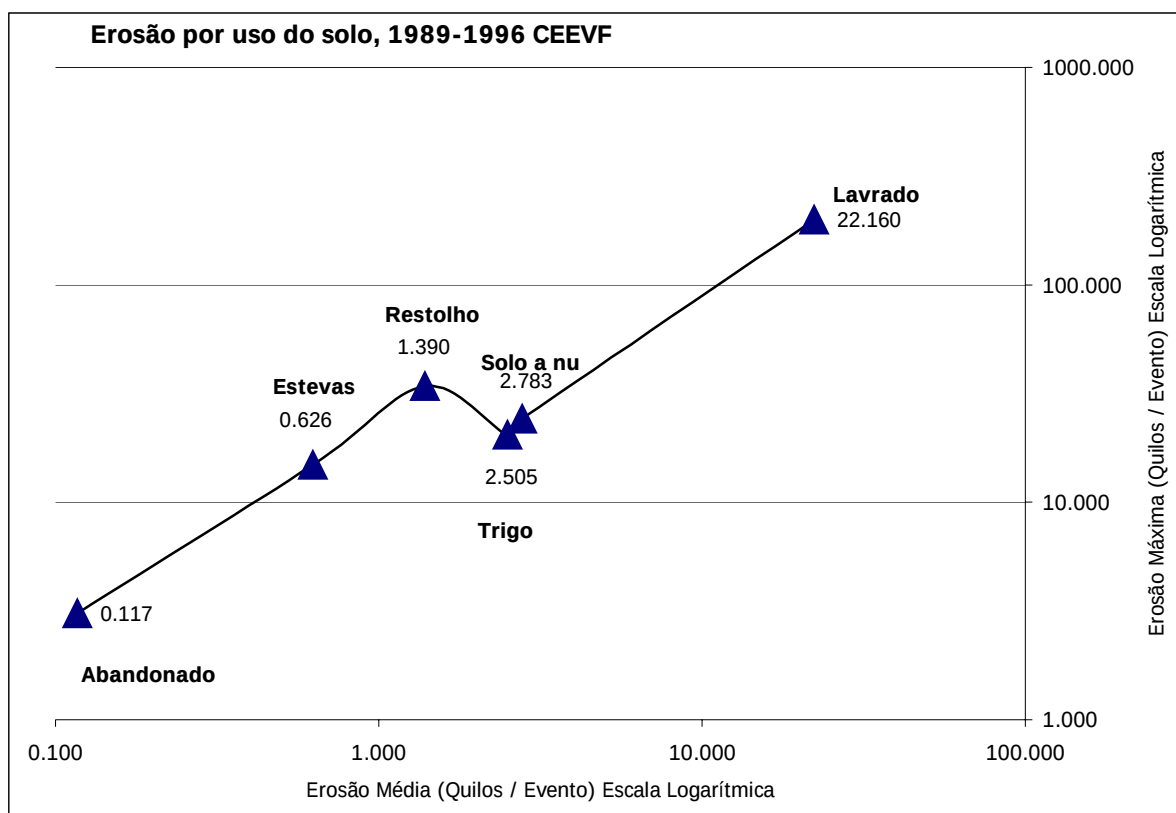


Figura 3.8 – Erosão média e máxima nos talhões, por uso do solo - CEEVF, para os anos de 1989 a 1996, em que existem dados para todos os talhões e usos.

Analisando a relação entre a erosão média e a percentagem média de escoamento, outros factos se tornam relevantes (Figura 3.9). Há um certo carácter “dúbio” nos valores de escoamento, isto porque a água que atinge efectivamente os talhões é subtraída da que caiu directamente na caleira e tanque, não tendo contribuído para a erosão porque não caiu no talhão. Também o tempo que permeia entre cada episódio chuvoso e a recolha de informação sobre o sedimento em suspensão, no tanque e na água que aí se encontra, implica que vai havendo evaporação dessa água. O resultado é que os valores de água no tanque levantam algumas dúvidas enquanto valores absolutos, mas sendo que o erro se mantém mais ou menos constante pode-se assumir, para os efeitos de enquadramento da análise que estamos a efectuar, que as diferentes proporções de percentagem de escoamento são válidas, sobretudo para efeitos de comparação.

Neste caso, a relação erosão / escoamento, os valores para talhões com solo a nu apresentam menos escoamento que lavrado continuamente, mas a erosão que esse escoamento promove, é maior para menos quantidade de água. Ao invés, o talhão abandonado, com vegetação natural em regeneração, tem mais escoamento médio que solo a nu mas menos erosão, pois o solo encontra-se “agarrado” pela vegetação predominantemente herbácea.

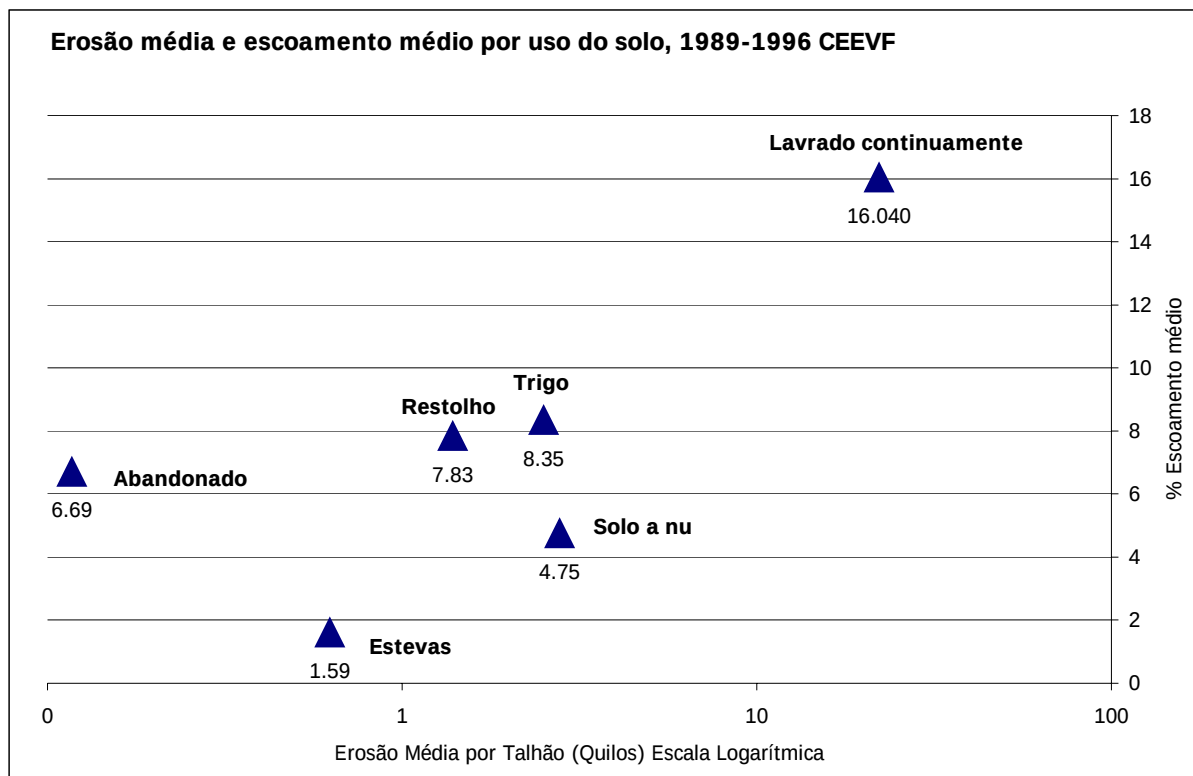


Figura 3.9 – Erosão média e escoamento médio nos talhões, por uso do solo – CEEVF, para os anos de 1989 a 1996, em que existem dados para todos os talhões e usos.

Quanto ao trigo e restolho, embora as percentagens médias de escoamento sejam semelhantes, o valor de erosão é superior no trigo, pois a sua existência pressupõe que o terreno foi lavrado e, como tal, há aumento da erodibilidade do solo. No caso do restolho houve já um abatimento e compactação do solo, o que implica menos erodibilidade em termos de facilidade de arrastamento do solo mas igual propensão à escorrência superficial.

Depois de analisar sumariamente a erosão associada a cada uso e verificar que há uma gradação nítida, entre maiores e menores valores de erosão e de escoamento, deve-se analisar como é que este fenómeno evolui ao longo do ano, pois a erosividade da precipitação é controlada pela sua distribuição ao longo do ano e pelas suas características, maior ou menor intensidade, sendo que quanto maior a intensidade maior será potencialmente a erosão provocada. Analisando para a série mais longa de dados de erosão, 1961 – 1996, a distribuição dos episódios de erosão registados no CEEVF (Quadro 3.2), mostra uma maior concentração de episódios no Outono e Inverno, bem como na Primavera.

Número de Episódios

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
35	36	25	33	19	22	5	3	20	40	46	32

Quadro 3.2 – Número de episódios de erosão registados mensalmente, 1961-1996, CEEVF

Mas analisando os quantitativos por uso do solo a distribuição anual assume outro significado. Embora para os vários usos haja períodos diferentes de registo, o objectivo é dar uma descrição clara da distribuição ao longo do ano e tentar compreender os factores que, para cada uso, são responsáveis pelos valores obtidos. Como se pode observar no Quadro 3.3, há nitidamente dois “picos” de erosão, o início do Outono e Inverno e os últimos dois meses da Primavera, comandados pelas características climáticas e práticas agrícolas associadas a alguns dos usos do solo.

													Quilos
USO	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
Solo a nu	0.1	0.8	85.9	55.2	23.2	7.2	5.3	0.6	174.9	495.0	506.4	0.6	1355.3
Trigo	246.7	42.3	18.9	33.4	3.3	0.0			0.1	0.3	18.6	665.6	1029.3
Restolho	58.9	12.0	4.3	0.4	0.1	3.4	0.4	0.5	14.4	91.8	152.4	129.4	468.0
Lavrado	265.5	108.2	197.0	232.3	354.2	39.8	49.8	320.2	260.6	693.7	315.1	2836.5	1624.2
Natural	1.4	0.2	0.0	0.0	0.2				0.5	3.7	1.4	0.9	8.4
Estevas	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1			0.0	12.3	6.3	0.4	0.3	19.7
Total	572.8	163.6	306.3	321.3	381.2	50.4	55.5	321.3	462.8	1290.8	994.3	3633.3	4504.8

Quadro 3.3 – Total de erosão registada por uso, mensalmente, para a totalidade dos registos de cada uso do solo, CEEVF.

Analisando para cada uso:

- Solo a nu – Faz parte da rotação Trigo - Pousio, como tal solo a nu corresponde à abertura dos alqueives, que é feita na Primavera e início do Outono, quando o terreno está suficientemente “brando” depois de alguma precipitação para poder ser lavrado. A erodibilidade do solo é máxima e as características da precipitação podem ser de máxima erosividade, trovoadas violentas de grande intensidade. Isto justifica o pico em Março e o facto de haver dois picos em Outubro e Novembro, pois a abertura dos alqueives no Outono depende das primeiras chuvas. Como esse período se estende entre Setembro e Novembro, geralmente com episódios chuvosos de grande intensidade antes e depois de se lavar o terreno, os valores elevados estendem-se por esses três meses;

- Trigo – Faz parte da mesma rotação, o valor de Abril deve-se à erosividade da precipitação de Primavera, o máximo de Dezembro aos primeiros estádios de desenvolvimento do trigo, que não protegendo grandemente o solo, que se encontra também ainda bastante “solto”, tem que enfrentar as precipitações de Inverno;
- Restolho – Também rotação trigo – pousio, na Primavera não há grandes valores, pois o restolho pressupõe que não houve mobilização do solo e, na Primavera, o coberto herbáceo anual está já desenvolvido, como tal protege bastante o solo que está mais compactado e não tão facilmente “arrastável”. O valor mais elevado de Novembro só pode estar relacionado com a agressividade das precipitações;
- Lavrado – Representa a situação limite, pois o terreno encontra-se lavrado continuamente, promovendo assim uma situação de erodibilidade máxima teórica ao longo de todo o ano. Maio constitui um segundo máximo, são as trovoadas e chuvas intensas da Primavera, bem como as de Agosto, em pleno Verão. No entanto, entre Setembro e Janeiro os valores são elevados: no caso de Dezembro, início do Inverno, o valor é extremo;
- Natural e Estevas – Ao invés dos usos anteriores, onde a acção humana directa desempenha um papel de modificação do sistema, através das práticas agrícolas e seu ciclo anual e inter-anual, tanto as estevas e “sub – bosque” herbáceo e arbustivo como o talhão abandonado, em regeneração e sem intervenção humana, com vegetação anual herbácea e alguns pequenos arbustos, vão apresentar um ciclo de erosão mais “natural”. As precipitações da Primavera provocam pouca erosão, pois encontram o coberto vegetal semi – natural em pleno estado de desenvolvimento e floração, promovendo uma intercepção máxima das gotas da chuva e uma taxa de cobertura máxima do solo. Pela mesma razão, depois do Verão, com o coberto herbáceo morto e a porção arbustiva no seu estado vegetativo mínimo vão proporcionar um mínimo de cobertura e intercepção, como tal os valores máximos de erosão aparecem em Setembro e Outubro.

Em síntese, encerra-se a questão da erosão dos solos, degradação ambiental, com um gráfico (Figura 3.10) relativo ao total absoluto de erosão, para todos os usos do solo nos Talhões em análise. Não só os valores são extremamente expressivos, se multiplicados por 60 obtém-se a erosão por hectare (embora haja diferentes períodos de registo para vários usos), como fica clara a imagem do “ciclo” anual de erosão.

Para ilustrar a importância do uso do solo como “motor” da degradação ambiental, através sobretudo da erosão do solo, e do impacto que tem na estrutura e funcionamento dos ecossistemas, cita-se POESEN, J.; BUNTE, K. (1996, p. 249): “O efeito de diferentes histórias de uso do solo [na distribuição

dos litossolos^{31]} ao longo da fronteira Portugal – Espanha [implica que] apesar de a geologia ser idêntica de ambos os lados da fronteira no Sul de Portugal, os litossolos estão generalizados do lado português devido à sobre-exploração do solo para a produção de cereais de sequeiro, que conduziu a uma intensa erosão hídrica do solo, o que não acontece do lado espanhol” (Figura 3.11).

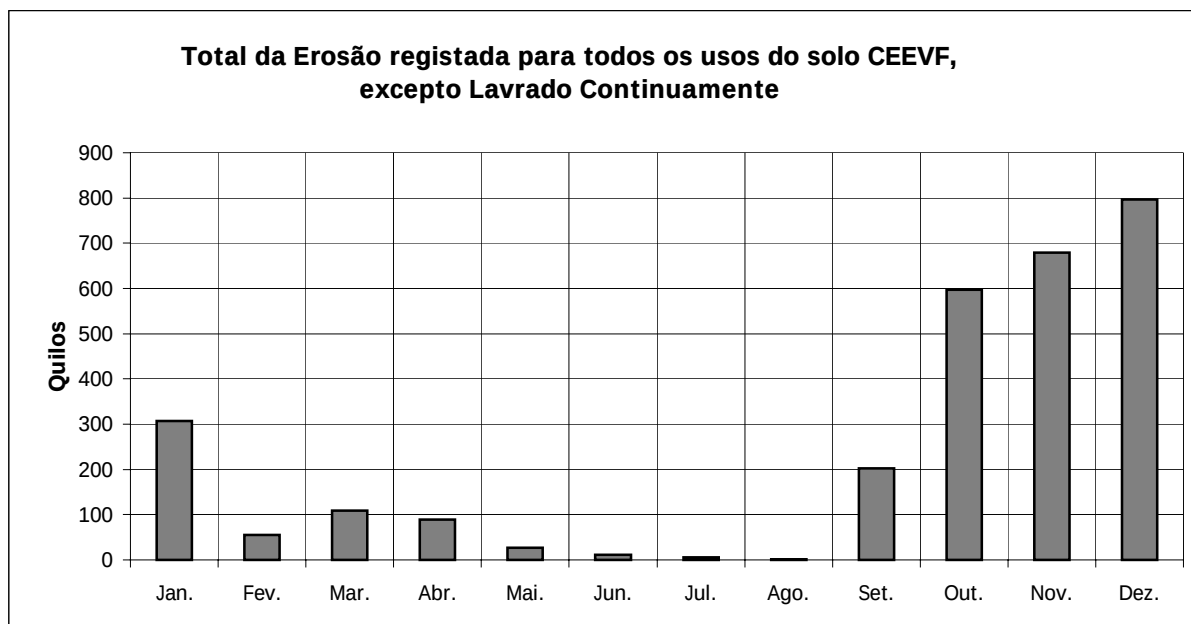


Figura 3.10 – Total de erosão, para todos os usos do solo, excepto Lavrado Continuamente, CEEVF.

Este aspecto significa e sintetiza algo já abordado, por um lado que a degradação provocada implica, ela própria e numa primeira instância, degradação do próprio solo com uma intensidade e extensão espacial suficiente como a figura ilustra. Que, por outro lado, grande parte dos solos da área não eram, nem nuca foram, adequados à prática agrícola, o que implicou grande erosão e consequente degradação ambiental. Há portanto, no caso da degradação ambiental da área, uma situação de desajuste entre o uso do solo e a capacidade de uso desses solos.

Convém fazer um ponto da situação do trajecto, motivações e justificação para este ponto e uma introdução à breve análise das características climáticas da área de estudo. De facto, a “tese” defendida inicialmente, acerca da importância de um profundo conhecimento do terreno e compreensão do coberto vegetal e sua dinâmica, bem como dos tipos de uso do solo agrícola e processos associados, pressupõe este faseamento em termos de estrutura do trabalho. Visto que o objectivo é produzir um objecto cartográfico temático do coberto vegetal – uso do solo, através do tratamento digital de imagem de satélite, seria impensável definir uma pré-legenda sem compreender o funcionamento de todo o sistema natural da vegetação bem como o sistema humano de uso do solo.

³¹ Solos com rocha dura a menos de 10 cm de profundidade, pouco desenvolvidos, pobres.



Figura 3.11 – Litossolos em Portugal e parte de Espanha (POESEN, J.; BUNTE, K. (1996, p. 249), baseado no Mapa de Solos da União Europeia e base de Dados CORINE, 1985).

Este aspecto torna-se ainda mais relevante no momento da escolha das datas das imagens, neste caso dentro de cada ano, pois seria impossível interpretar e identificar correctamente os cobertos e os usos sem se conhecer os comportamentos de ambos. Estes estados são claramente definidos pelas características climáticas e pelo modelo de produção agrícola que existe na área, aspectos já analisados, primeiro a nível da vegetação natural e agora acerca das actividades agrícolas e do seu impacto no ecossistema, degradação ambiental.

Assim, a compreensão de todo o funcionamento da área estaria incompleta sem esta abordagem a partir do binómio sistema natural – sistema humano e suas relações, interdependências e condicionantes. Um dos aspectos que esta temática pressupõe é a justificação dos períodos de obtenção das imagens, que seria defeituosa sem se abordar também as questões relacionadas com as características climáticas da área, nomeadamente o seu ritmo inter e intra-anual bem como a sua extrema variabilidade a estas duas escalas.

A questão climática assume uma importância fundamental porque, como anteriormente referido, o estado da vegetação e densidade do coberto vegetal Mediterrâneo, cuja composição e dinâmica já foi também analisada, consubstancia muito mais as características climáticas dos anos respectivo e o uso humano de determinada área do que o estado de degradação em que se encontra. Embora existam

áreas quase irreversivelmente degradadas, a cessação da acção humana e um ano climaticamente favorável à vegetação “natural” darão, sem grande margem para dúvidas, origem a um coberto vegetal mais denso e em melhor estado geral.

2.5 Concelho de Mértola – Características Climáticas

No contexto deste trabalho a apresentação de um ponto sobre clima é importante, em vários aspectos. Por um lado o tipo de vegetação e o seu crescimento é condicionado e resulta das características climáticas da área, sendo estes dois aspectos absolutamente indissociáveis. Por outro lado, as próprias características climáticas acentuam e reforçam, nalguns casos, os processos de degradação do coberto vegetal, na medida em que os ciclos vegetativos dependem dos ciclos climáticos anuais, expondo o solo nas alturas de maior agressividade das precipitações, sobretudo quando os alqueives e sementeiras são feitos.

Por último, o clima é extremamente importante no contexto do recurso à Teledetecção, embora seja geralmente esquecido ou negligenciado. É essencial analisar as características climáticas dos anos, para tentar compreender o desenvolvimento e estado geral da vegetação, podendo-se assim interpretar e enquadrar melhor os índices de vegetação e interpretar melhor as próprias imagens e resultados da classificação. Também a escolha dos períodos do ano ideais para a obtenção das imagens deve ter em atenção os ciclos anuais da vegetação, que reflectem em absoluto os ciclos climáticos anuais bem como a sua irregularidade intra e inter-anual.

A abordagem seguida para este ponto, onde se concentrará toda a informação relativa ao clima, embora de uma forma tão sintética quanto possível, passará do geral – enquadramento regional – para o mais particular – Concelho de Mértola, dados anuais e estacionais. A última parte será uma classificação dos anos climáticos, que permitirá o enquadramento climático dos anos de obtenção das imagens e dos meses imediatamente anteriores às datas de obtenção.

“Um momento, na Primavera, quando os trigais brilham ao sol e há matizes preciosas de vermelho, roxo e amarelo entre a seara que amadurece, o Alentejo veste-se de uma beleza própria. Depois da ceifa, uma luz baça e crua abate sobre o restolho amarelado. Ao meio dia o calor é sufocante. No monte dorme-se a sesta; as paredes caiadas reverberam a luz e ferem a vista. Os gados, imóveis, sofrem do calmario. O zangarreo da cigarra é o único ruído de ser vivo: tudo o mais se queda amodorrado. Os olhos procuram em vão o repouso de um quadrado de verdura. As folhas das árvores estão coriáceas, e os ramos, muito aparados, quase não abrigam da ardência do solo. Por isso,

*Alentejo não tem sombra
Senão a que vem do céu...*

Mas esta só chega quando as nuvens do equinócio anunciam o começo do Outono” (RIBEIRO, O. (1986, p. 159)).

O clima do Alentejo é Mediterrâneo, temperado pela acção marítima da circulação geral da Atmosfera de Oeste, com o Verão quente e seco, chuvas na estação fria e um Inverno moderado. A posição, numa planície que sobe ligeiramente para Sul, confere-lhe uma tendência para o aumento das precipitações que é praticamente sempre excedida pela diminuição que se regista para o interior, a partir da costa, além dum cariz já continental, que vai dilatar as amplitudes térmicas diárias e inter-anuais.

OUTONO - Setembro a Novembro

Setembro é irregular, geralmente há bom tempo, por vezes a secura e calor de Agosto prolongam-se, mas há já precipitação frontal e por vezes extremamente violenta. A insolação é já menor e os dias começam a ser mais frios para o interior do país, as amplitudes térmicas diárias aumentam. Aparecem os primeiros sistemas frontais, frente polar associada às oscilações do fluxo zonal que, por descida dos anticiclones subtropicais, pode começar a ondular. Outubro é ainda ameno, mas as precipitações aumentam, trovoadas e aguaceiros são por vezes muito fortes. Em Novembro as chuvas continuam e/ou aumentam, a nebulosidade é maior, as temperaturas descem, tirando o Verão de São Martinho, é já o Inverno que se adivinha.

Segundo RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988, pp. 374-375) “Passam as primeiras depressões, o céu cobre-se de nuvens arrastadas pelos ventos dos quadrantes Oeste e Sul. Caem as primeiras chuvas que amolecem a terra, marcam o início do novo ciclo de sementeiras. O ar refresca, torna-se mais leve e extremamente luminoso depois dos aguaceiros, que por vezes assumem extraordinária violência [...] Reina então um tempo de rara serenidade, céu perfeitamente límpido que recorta com admirável nitidez o horizonte distante, noites frescas mas dias ainda quentes e soalheiros [...] Mas Novembro [...] marca uma viragem importante nos estados de tempo, com que se inicia o Inverno”.

INVERNO - Dezembro a Fevereiro

Nestes meses, a temperatura do mar, que agora é superior à da terra, tem um efeito moderador que pouco atinge a raia Portuguesa, havendo contudo mais condensação. Duas situações distintas podem ocorrer: o frio do interior da Península gera uma alta pressão térmica à superfície; desse centro, que se pode juntar ao dos Açores ou até ao da Europa Central, vêm ventos muito frios, sem precipitação. Durante as noites claras, límpidas e secas, a temperatura baixa, criando geadas; a situação oposta tem origem nas baixas pressões que, com um sector alimentado pelo ar húmido e tépido do Atlântico Tropical, percorrem o País de Oeste para Este, trazendo dias nebulosos, precipitações abundantes e uma subida da temperatura. O pouco gradiente dos anticiclones não impede a passagem de frentes sucessivas sobre o País, mais a Norte e no Litoral, mas que mesmo assim atingem o Sul interior. Os

máximos de precipitação, na região, ocorrem em Dezembro e Fevereiro, embora as diferenças sejam pequenas.

O Inverno caracteriza-se, segundo RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988, pp. 374-375) por "...duas situações meteorológicas opostas [...] As depressões ciclónicas constituídas sobre o Oceano [...] tempo húmido e morno, pode durar dias [...] As bátegas de água são mais raras do que a chuva fina, prolongada [...] A chuva corresponde geralmente à passagem da frente quente da depressão [...] Como os ciclones vêm muitas vezes em rosários, esta precipitação frontal pode seguir-se sem interrupção durante a passagem consecutiva de várias frentes [...] A situação inversa é determinada essencialmente pela presença de massas de ar arrefecido sobre os planaltos interiores da Península [...] Este tempo nunca dá chuvas".

PRIMAVERA - Março a Maio

O aquecimento que começa pelo fim de Fevereiro enfraquece a circulação anticiclónica, as depressões atravessam com maior frequência a Península, há mais nebulosidade, mais chuva, mas Março é um mês extremamente irregular: pode ser húmido como Fevereiro, ou seco; a circulação atmosférica pode passar de um extremo ao outro. Abril é já primaveril, as temperaturas sobem, os anticiclones subtropicais começam a subir em latitude. Em Maio esta tendência aumenta, e a estabilidade começa a imperar - há menos influência de núcleos depressionários.

Segundo RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988, pp. 379-380) "... o tempo é essencialmente instável. As perturbações climáticas, muito frequentes, não têm a regularidade dos grandes rosários de depressões que no Inverno podem provocar estados de chuva muito prolongados. São rápidas, menos acentuadas, deixando entre os seus aguaceiros intervalos de bom tempo em que o sol começa a aquecer a Atmosfera [...] Sente-se alternadamente a influência do anticiclone dos Açores, que produz um tempo sereno, seco e já aquecido, e das depressões, cada vez menos cavadas e menos frequentes [...] O desigual aquecimento do ar provoca perturbações locais e aguaceiros, por alguma trovoadas térmica e por uma ou outra depressão".

VERÃO - Junho a Agosto

Neste período domina a estabilidade, as temperaturas são elevadas, há uma insolação fortíssima e ausência quase total de chuvas: as que ocorrem são originadas por trovoadas - em Junho, fruto do forte aquecimento ou no fim de Agosto, prematuras. Neste período, a Península Ibérica encontra-se sob a influência das altas pressões subtropicais, em altitude há subsidência e divergência, nada propícias a situações pluviogénicas. A transição para os mínimos de Verão é dada por um mês de Junho com alguma precipitação. No centro da Península cava-se uma depressão térmica de superfície, dado o aquecimento extremo no interior deste mini-continente. O facto de a sua periferia ser montanhosa e de haver um efeito de tampão do anticiclone em altitude, origina uma circulação

ciclónica que na costa ocidental dá origem à *Nortada*, que refresca o calor estival (pois a temperatura do mar é nitidamente inferior). No Sul, origina sobretudo ventos extremamente quentes do quadrante Este. A deslocação do núcleo de baixas pressões mais para Sul - golfo de Cádiz, Marrocos - em virtude do anticiclone se estender em crista sobre a Península, origina ventos muito quentes e secos dos quadrantes NE-E-SE, Levante de SE no Algarve. O enfraquecimento da circulação anti-ciclónica em altitude pode, conjugada com o aquecimento extremo, originar forte convecção e gerar trovoadas violentas. As células de convecção a partir da superfície pouco mais dão que *Cumulus* de bom tempo, excepto quando em altitude a convecção é propiciada. O fim de Julho e Agosto são extremos em secura e calor, com frequência atingem-se temperaturas máximas diárias superiores a 40 ° C.

“...O Verão vai-se anunciando pela frequência de dias quentes, serenos e límpidos, cortados pelos últimos aguaceiros, por algumas trovoadas térmicas e por uma ou outra depressão” (RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988, p. 380)).

Basicamente, acerca do clima de Portugal Continental, RIBEIRO, O. (1986, p. 43) refere que "A influência Atlântica, trazida pelos ventos dos quadrantes do Oeste, domina o clima Português: apenas uma época do ano a atenua - o Verão - e uma faixa do território lhe escapa por mais tempo - o Sul".

A temperatura apresenta uma evolução previsível ao longo do ano (Quadro 3.4). As diferenças, entre Beja e Vale Formoso, devem-se à maior continentalidade da segunda estação. No Verão as temperaturas são superiores, no Inverno inferiores; as inversões de posição dão-se nos equinócios, embora as diferenças sejam mínimas. Entre Setembro e Novembro as duas estações têm valores semelhantes, em Dezembro e Janeiro Beja tem temperaturas superiores (menor continentalidade), que voltam a ser iguais em Fevereiro para a partir de Março Vale Formoso apresentar temperaturas mais elevadas (maior continentalidade).

Estação	° C	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.
Beja		22.07	17.90	13.26	10.04	9.55	10.35	12.01	14.01	16.92	20.91	23.70	23.83
Vale Formoso		22.14	17.89	13.24	9.91	9.33	10.33	12.18	14.27	17.42	21.51	24.32	24.37

Quadro 3.4 - Temperatura média mensal Beja, Vale Formoso, 1957-86 (Instituto de Meteorologia).

Embora os períodos em análise sejam distintos, a precipitação média anual na área apresenta uma variação ligeira (Quadro 3.5), desde situações locais de relativo abrigo, à ligeira maior altitude de Beja ou à grande exposição a Sul de Vale Formoso, a variação é de somente 70 milímetros. Já as estações de Monte da Ponte e Mértola apresentam médias inferiores. Alcoutim, mais meridional, apresenta-se mais sujeita às perturbações vindas do quadrante Sul, mais perto da costa Algarvia, numa área em que o Vale do Guadiana tem tendência para começar a alargar, podendo as massas de ar instáveis progredir mais facilmente para Norte. Almodovar está já na parte da planície que “sobe” em direcção à Serra Algarvia.

Estação	mm	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Alcoutim (*) 1957-86		13.9	42.7	58.9	167.0	63.7	69.7	46.8	44.4	33.5	21.2	12.0	8.4	590.2
Almodovar (*) 1957-86		17.0	61.4	71.9	89.2	79.7	86.0	60.2	46.2	35.3	14.0	2.7	2.9	557.5
Beja (*) 1897-90		24.1	58.3	75.6	77.8	68.9	69.7	75.7	51.3	39.6	20.4	2.4	2.4	568.1
Mértola 1957-86		14.2	55.9	66.4	65.4	53.9	54.5	49.7	32.1	23.8	15.4	2.4	1.2	457.1
Vale Formoso (IM) 1947-90		21.6	62.7	70.5	81.9	67.6	62.3	62.2	48.5	34.0	18.8	3.1	3.2	521.9
Vale Formoso CEEVF 1966-01		22.9	63.0	68.4	75.0	61.7	51.6	41.8	49.1	42.1	18.3	7.9	7.7	486.4
Monte da Ponte 1959-86		18.3	50.9	59.9	59.7	60.5	62.7	50.3	42.8	27.7	17.3	2.3	2.0	447.0

Quadro 3.5 - Precipitação média mensal no Concelho de Mértola e estações vizinhas (*) (Instituto de Meteorologia e CEEVF).

Esta caracterização regional sumária tem por objectivo dar a conhecer as características básicas do clima nesta área, que não sendo completamente homogénea do ponto de vista climático, como a topografia poderia fazer supor, não é de forma alguma muito diferenciada. Por outro lado, e sem subestimar os valores registados, convém ter presente que a localização dos postos de medição é, por vezes, modificada e que o rigor com que as leituras são feitas não será ubíquo, além das exposições das estações serem diversas, justificando diferenças significativas no caso de chuvadas muito “batidas” pelo vento.

Partindo destes pressupostos, a esta escala de análise, a diferenciação não é grande, sendo significativa somente a uma escala micro-climática. Por outro lado as trovoadas são, nesta região, extremamente importantes e dado o seu cariz localizado podem num só episódio, registado apenas numa ou duas estações, constituir um acréscimo de monta para os totais anuais. No fundo, o que importa aqui é definir um regime geral, que permita compreender melhor os modos de actuação dos agentes climáticos a nível da erosão de solo, desenvolvimento da vegetação e limitações para as actividades agrícolas.

Importa ainda focar dois aspectos: a distribuição da precipitação pelas estações do ano e o número de episódios chuvosos e a sua intensidade ao longo do ano. Ambos são factores essenciais para a agricultura e para a erosividade das chuvas, sobretudo quando a terra está mobilizada e sem vegetação. Convém também clarificar, um pouco, os mecanismos que provocam precipitação. Assim, a convecção térmica não aparece como razão suficiente para a ocorrência de chuva (só *cumulus* de bom tempo) excepto se coadjuvada em altitude por circulação ciclónica (convergência - ascendência) nem o arrefecimento da superfície da terra, por irradiação, origina mais que uma delgada camada de nevoeiro.

Somente a deslocação ascendente e persistente do ar, responsável pelo seu arrefecimento adiabático, provoca chuvas. A acentuada subida de ar resulta de três factores essenciais, segundo RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H. (1987, p. 390), que às vezes estão associados: convergência entre duas massas de ar, uma das quais, pelo menos, é húmida e instável (chuvas frontais), o embate de uma massa de ar húmido contra o relevo (chuvas orográficas), ou a penetração em altitude de uma massa de ar frio que cavalga as camadas inferiores aquecidas (chuvas ligadas a vale ou gota fria). No entanto, faltam aqui as chuvas originadas por baixas pressões, massa de ar única, embora com um sector Sueste mais instável (subida em latitude de ar quente e húmido) que, ajudando uma forte convecção térmica de superfície, origina trovoadas.

Em termos da distribuição anual da precipitação (Quadro 3.6), o Inverno é claramente a estação que mais contribui para os totais anuais, seguido tanto do Outono como da Primavera. Contudo, o facto mais relevante destes dados é a extrema variabilidade. A amplitude de variação é elevada: o Inverno, que tem estatisticamente os dois picos de precipitação (média e máxima), chega a representar somente 4.8 % do total anual ou até 73.3 %; no caso do Outono a amplitude é menor, passando-se o mesmo com a Primavera. Torna-se claro que não só o regime é variável como também, certamente, a vegetação “natural” apresenta adaptações a esta variabilidade estacional.

Percentagem	Outono	Inverno	Primavera	Verão	S+O+N+D
Média	30.0	37.7	27.1	5.3	44.3
Máximo	64.1	73.3	53.2	19.7	73.8
Mínimo	6.2	4.8	2.3	0.0	13.6
Desvio Padrão	15.8	15.8	12.0	4.7	15.2

Quadro 3.6 - Distribuição percentual da precipitação pelas estações do ano, 1966-2001, CEEVF.

A variabilidade da precipitação nas estações de transição pode ser justificada por atrasos ou adiantamentos no movimento em latitude dos anticiclones subtropicais, ou pela persistência de situações de bloqueio (vales depressionários ou dorsais anticiclónicas em latitude). Já a variabilidade do Inverno só pode ser entendida como resultado de situações mais ou menos prolongadas do anticiclone térmico no interior da Península e, também, certamente pelas mesmas razões que as citadas para o Outono e Primavera. O facto do conjunto Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro possuir um peso tão elevado no total de precipitação anual, aliado aos baixos valores da Primavera, constitui um dos maiores problemas em termos de cultura de cereais e condiciona fortemente o desenvolvimento anual da vegetação.

É interessante analisar o número de dias de precipitação anual, bem como a concentração que representam, embora se enquadrem num quadro geral de irregularidade e variabilidade extrema (Quadro 3.7).

	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Anual
Número de dias de chuva	3.5	7.8	8.5	9.8	10.0	9.2	7.8	8.6	7.5	3.2	1.3	2.1	72.9
Precipitação Média Mensal	22.9	63.0	68.4	75.0	61.7	51.6	41.8	49.1	42.1	18.3	7.9	7.7	486.4
Precipitação Média Diária	6.5	8.1	8.0	7.7	6.2	5.6	5.4	5.7	5.6	5.8	5.9	3.7	6.5
Precipitação Máxima Diária	53.5	103.2	67.0	91.0	46.1	40.3	37.8	51.9	47.2	29.0	21.8	13.6	103.2

Quadro 3.7 - Dias de chuva, precipitação média mensal e por dia de chuva, 1966-2001, CEEVF.

As chuvas de Outubro são as mais concentradas (8.1 mm / evento), embora com um número de dias de precipitação menor que Dezembro, Janeiro e Fevereiro - o que não implica directamente uma maior intensidade - só analisável através de registos contínuos de precipitação, mas que não deixa de ser indicativo de uma maior probabilidade de ocorrência de chuvas de maior intensidade. Setembro, embora com chuvas violentas, possuiu poucos dias de chuva e uma concentração baixa. A partir daí o número de dias cresce até Fevereiro, e se a concentração decresce a partir de Novembro, volta a subir em Abril.

A precipitação máxima por dia permite, também, ter uma imagem clara da variabilidade extrema e dos desvios em relação à média. Os valores são, como é natural, superiores às médias dos próprios meses, mas numa ordem de grandeza extrema, sobretudo em Setembro (mais do dobro) e Outubro. Daí a Abril os valores máximos não ultrapassam as médias mensais, voltando a fazê-lo em crescendo a partir de Maio, indicando bem o tipo de episódios chuvosos intensos ao longo do ano.

Este regime tem chuvas violentas no período em que o solo está lavrado, antes ou depois da sementeira (Outubro - Novembro), implicando esse facto uma elevada erodibilidade do solo face ao impacto directo da precipitação e escorrência superficial que se possa gerar. O mesmo se passa em Março - Abril, embora com menor intensidade, mas na época em que são abertos os alqueives para a sementeira do ano seguinte. Esta concentração de chuvas, insuficiente em quantidade para o desenvolvimento das espigas, também não tem características muito abonatórias em termos do volume de água que, em muitos casos, fica efectivamente no solo, pois existe uma escorrência superficial significativa, responsável pelos picos de erosão nestes períodos.

Em termos de agricultura, porque se vão classificar e identificar áreas agrícolas nas imagens de satélite, nomeadamente no caso dos cereais, as principais desvantagens apresentadas pelo clima Mediterrâneo são, segundo FEIO, M. (1991, p. 28) as seguintes:

- A falta de chuvas no Verão e parte da Primavera - No Sul do País as chuvas são já muito insuficientes e irregulares em Maio e faltam até Setembro. Como a conjugação calor

humidade é o principal factor de crescimento das plantas, o desencontro destes elementos enfraquece a estação de maiores temperaturas por falta de humidade nos horizontes superiores do solo. As temperaturas do pino do Verão não são evidentemente próprias para todas as culturas, mas há algumas bem adaptadas a elas. Uma Primavera mais chuvosa teria grandes vantagens, excepto para algumas culturas de regadio. Em Maio e princípio de Junho as temperaturas são, em regra, altas demais, forçando a maturação, além dos terríveis golpes de calor que não raro sobrevêm e secam os cereais (ventos do *levante*, muito quentes e secos);

- Concentração da precipitação na estação fria - Novembro-Março, que se torna excessiva nesta época de dias curtos e temperaturas baixas, em especial nos solos de má drenagem que assim ficam encharcados.

No caso específico do trigo, segundo FEIO, M. (1991, pp. 115-117), as limitações das características climáticas são as seguintes:

- O excesso de chuva no Inverno;
- O comprimento do período vegetativo, que ronda os 5 - 6 meses (Novembro - Dezembro a Maio) e nos países do Norte, em virtude da precipitação que ocorre no Verão, é de 10 meses (de Setembro - Outubro a Julho - Agosto);
- A vernalização exige frio, o que às vezes não se verifica, pois os Invernos são mornos e húmidos;
- A floração - granação começa num período de geadas e estende-se só até Maio, espaço de tempo excessivamente curto, além de apresentar três limitações: a granação precisa de temperaturas moderadas (se forem altas, a fase é encurtada); a necessidade em termos de fotoperíodo, dada a importância da fotossíntese para encher o grão, limitada no fim de Abril (mês anterior ao fim da maturação) a mais ou menos 12.5 horas, comparadas com as mais de 17 horas dos países do Norte; por fim, os ventos do levante que são golpes de calor durante a maturação, produzindo um escaldão que engelha os bagos.

Em síntese pode dizer-se que o clima desta área do Alentejo:

- “...se caracteriza por ser do tipo Mediterrâneo, apresentando um Verão quente e seco e um Inverno moderado, concentrando-se as chuvas nesta estação” (ROXO, M.J. (1994, p. 25));

- “O Alentejo situa-se numa variante particularmente difícil do clima mediterrâneo, com o Verão muito quente e seco, chuvas muito concentradas na estação fria...” (FEIO, M. (1991, p. 37) citado por ROXO, M.J. (1994, p. 26));
- “Para o interior, até às primeiras colinas da serra algarvia dominam as características termodinâmicas atenuadas” (ALCOFORADO, M.J. (1982) citada por ROXO, M.J. (1994, p. 26));
- “...o clima desta região do País apresenta feições de semi-aridez traduzidas por «déficits» de água correspondentes a cinco ou seis meses de «stress» hídrico para a vegetação” (ROXO, M.J. (1994, p. 26)).

A área de estudo é identificada como Semi-árida, de acordo com índices bio - climáticos. A classificação é feita com base no rácio entre a precipitação anual e a evapotranspiração potencial, para 60 estações climatológicas entre 1961 e 1990: o Baixo Alentejo Interior e o Algarve, com valores entre 5 % e 65 %, têm um valor máximo de aridez (Figura 3.12).

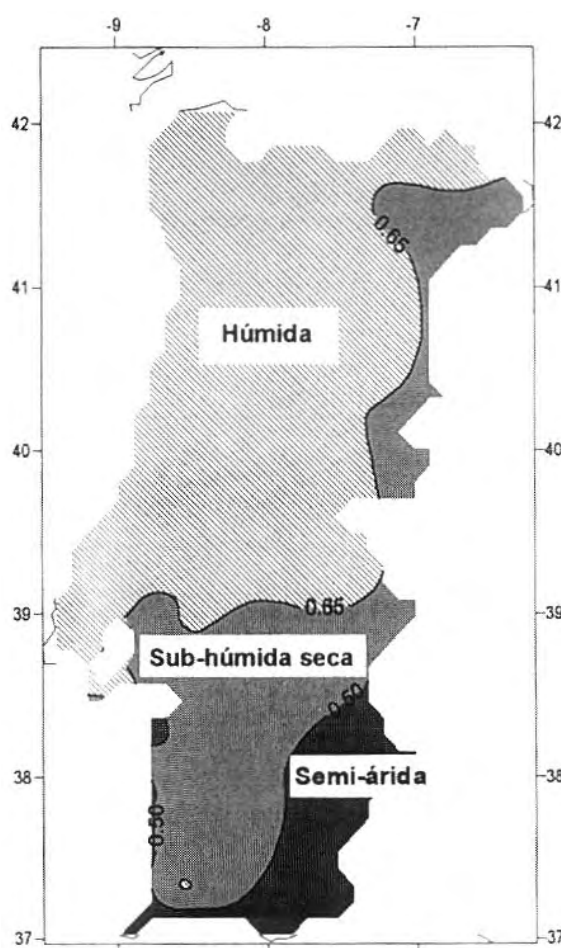


Figura 3.12 – Mapa de Aridez, Portugal Continental (SANTO, F.E.; BUGALHO, M.L. (2000, p. 576).

Descendo de escala de análise, passando para a análise da série da estação de Mértola – Vale Formoso, como se pode observar na Figura 3.13 relativa a 70 anos de dados de precipitação, a variabilidade inter – anual é extrema. Embora a média seja de 550.5 mm / ano, o desvio padrão da série é de 195.5 mm, ou seja, cerca de 35 % do valor da média.

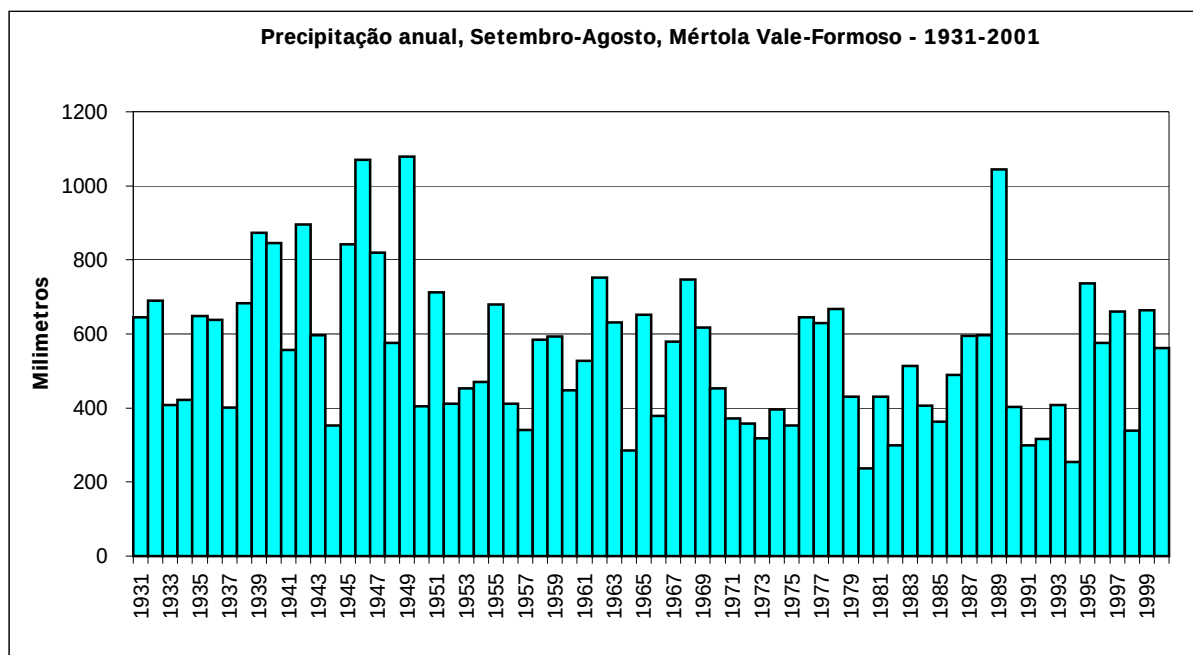


Figura 3.13 – Precipitação anual, Mértola – Vale Formoso 1931–2001.

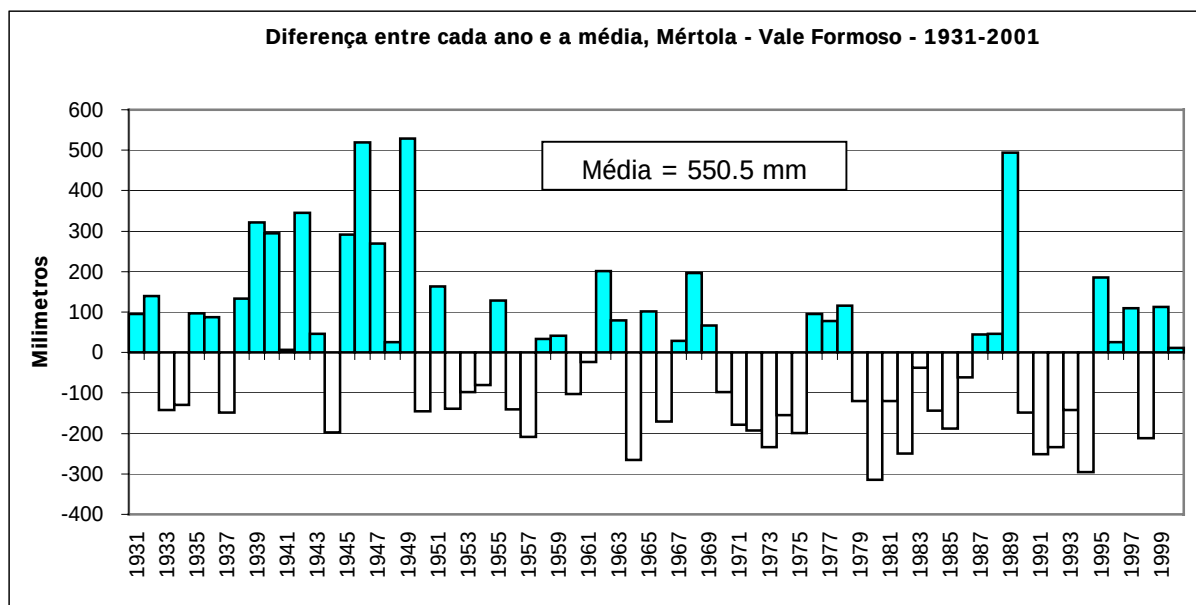


Figura 3.14 – Diferença entre cada ano e a média, Mértola – Vale Formoso 1931–2001.

Assumindo a média como medida de tendência central válida, no contexto desta variabilidade e irregularidade, podem analisar-se os desvios entre a precipitação de cada ano agrícola e a média da série (Figura 3.14). Transparecem alguns aspectos interessantes da análise deste gráfico, por um lado não parece haver qualquer ciclicidade aparente, tanto existem ciclos de vários anos mais secos (1979

- 1986) ou mais húmidos (1945 - 1949) como somente um ano mais seco ou mais húmido. Globalmente parece haver uma diminuição geral dos valores de precipitação, além disso, os anos mais secos são cada vez mais secos e os anos mais húmidos cada vez menos húmidos, excepção feita a 1989 - 90.

	1931-40	1941-50	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-00
Média	625.5	719.5	510.1	562.3	440.3	514.2	481.4
% Em relação à Média 1931-2001	13.6	30.7	-7.3	2.1	-20.0	-6.6	-12.5

Quadro 3.8 – Precipitação média por décadas e desvio em relação à média total, 1931-2001.

Analisando a precipitação média por década (Quadro 3.8), torna-se aparente uma diminuição global: somente as décadas de 30 e 40 foram claramente superiores à média e a década de 60 só ligeiramente superior. Há uma tendência para a diminuição, diminuição essa que foi bastante acentuada na década de 70 e se tornou a acentuar na década de 90, sobretudo tendo em conta que o ano de 1989 – 90 foi extremamente húmido e que, caso se retirasse esse valor, a média seria mais baixa.

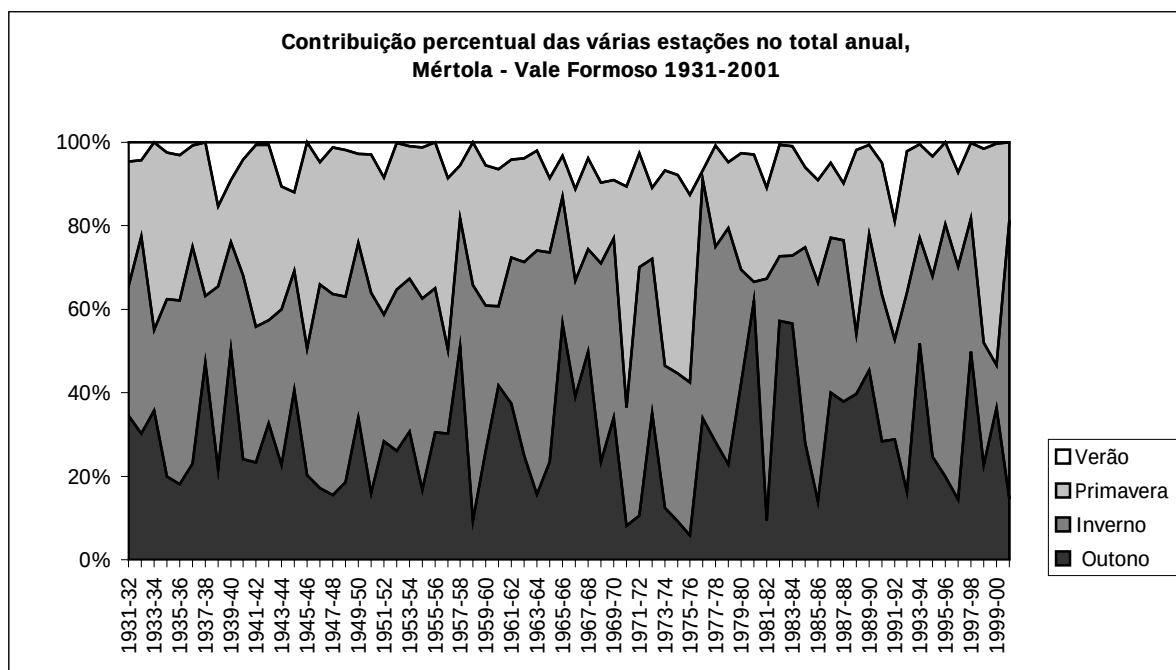


Figura 3.15 – Peso percentual das estações do ano, Mértola – Vale Formoso 1931 – 2001.

Em termos da caracterização climática da área de estudo, importa salientar que a variabilidade e irregularidade intra-anual é também enorme, como se pode observar na Figura 3.15. Em termos gerais há um maior peso das precipitações de Outono e Inverno, parecendo existir tendência para uma diminuição geral do peso das precipitações da Primavera. O factor mais importante, contudo, é a extrema variabilidade que vai condicionar grandemente tanto o ciclo agrícola, épocas de abertura de

alqueives, como o próprio desenvolvimento da vegetação natural. Logo, quando se interpretam imagens de satélite e índices de vegetação é essencial conhecer as características climáticas do ano e estação respectiva.

Tendo em conta os valores absolutos, em vez dos valores percentuais, a análise é diferente (Quadro 3.9). Há de facto uma diminuição continuada dos quantitativos de Primavera, desde a década de 60, e também o Outono e Inverno têm diminuições, 70, 80 e 90 para os totais de Inverno. Parece plausível dizer que a diminuição geral dos quantitativos anuais se vem fazendo, desde a década de 70, sobretudo através da diminuição das precipitações de Inverno e da Primavera.

	1931-40	1941-50	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-00	Média
Média de Outono	190.6	172.1	142.8	178.0	113.8	191.3	137.1	160.8
Média de Inverno	236.1	280.2	179.8	223.8	189.9	174.0	195.4	211.3
Média de Primavera	167.6	244.4	168.9	125.5	112.1	125.8	136.6	154.4
Média de Verão	31.3	22.8	18.7	35.0	24.4	23.0	12.4	23.9
% Outono em relação à média 1931-2001	18.5	7.0	-11.2	10.7	-29.2	19.0	-14.7	
% Inverno em relação à média 1931-2002	11.7	32.6	-14.9	5.9	-10.1	-17.6	-7.5	
% Primavera em relação à média 1931-2003	8.5	58.3	9.4	-18.7	-27.4	-18.5	-11.5	
% Verão em relação à média 1931-2004	30.7	-4.8	-22.0	46.3	1.9	-3.8	-48.3	

Quadro 3.9 – Precipitação média por décadas e desvio em relação à média total, 1931-2001.

O quadro climático geral está sumariamente definido, em termos das características de extrema variabilidade inter e intra – anuais, bem como a evolução recente que aponta para um déficit de precipitação na Primavera e uma tendência geral, anual, para valores inferiores de precipitação.

Os anos de obtenção das imagens de satélite devem ser devidamente enquadrados no contexto desta série de dados. Optou-se, assim, por caracterizar a variabilidade interanual através do método recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (ROXO, M.J. (1994, pp. 28-29), que consiste na divisão da série de dados pluviométricos em quintis estatísticos, a partir da mediana da série (Quadro 3.10).

Cada quintil tem um número igual de anos, neste caso 14 pois a série é de 70 anos, e embora um ano possa ser classificado noutro quintil por uma diferença mínima, este método parece mais realista do que a classificação por intervalos de desvio padrão, que foi também efectuada mas cujo carácter mais estatisticamente elaborado não se torna tão intuitivo como a definição de classes utilizando os quintis.

Desta forma, os anos são classificados da seguinte forma:

- Anos muito secos Valores inferiores ao 1º Quintil
- Anos secos Valores entre o 1º e o 2º Quintil

- Anos normais Valores entre o 2º e o 3º Quintil
- Anos chuvosos Valores entre o 3º e o 4º Quintil
- Anos muito chuvosos Valores superiores ao 4º Quintil

Ano	mm		Ano	mm		Ano	mm	
1980-81	236.4		1970-71	452.3		1943-44	596.4	
1994-95	254.7		1953-54	452.7		1988-89	597.3	
1964-65	284.8		1954-55	470.1		1969-70	618.0	
1991-92	298.4		1986-87	488.9		1977-78	628.9	
1982-83	300.0		1983-84	512.9		1963-64	630.4	
1992-93	316.3		1961-62	527.6		1936-37	638.4	
1973-74	317.3	Muito seco	1941-42	557.4	Normal	1931-32	645.2	Chuvoso
1998-99	339.2		2000-01	561.4		1976-77	645.7	
1957-58	341.4		1948-49	575.6		1935-36	647.7	
1975-76	352.0		1996-97	575.8		1965-66	652.4	
1944-45	352.8		1967-68	578.7		1997-98	660.2	
1972-73	357.5		1958-59	583.7		1999-00	663.2	
1985-86	363.2		1959-60	592.5		1978-79	667.0	
1971-72	371.4		1987-88	595.2		1955-56	678.7	
1966-67	379.4					1938-39	683.6	
1974-75	395.7					1932-33	689.6	
1937-38	402.0					1951-52	713.2	
1990-91	402.8					1995-96	736.5	
1950-51	404.9					1968-69	747.4	
1984-85	406.9					1962-63	751.5	
1933-34	408.6	Seco				1947-48	819.8	Muito Chuvoso
1993-94	408.6					1945-46	842.4	
1956-57	410.7					1940-41	845.6	
1952-53	410.8					1939-40	872.6	
1934-35	421.4					1942-43	896.0	
1981-82	430.0					1989-90	1044.7	
1979-80	430.8					1946-47	1070.0	
1960-61	447.2					1949-50	1079.2	

Quadro 3.10 – Classificação dos anos climatológicos, Mértola - Vale Formoso 1931-2001.

Aplicando-se a mesma metodologia, para as várias estações do ano, obtém-se uma melhor visão global das características climáticas de cada ano, bem como das características de cada estação (Figura 3.16). Com base nesta classificação será possível compreender e enquadrar correctamente cada imagem, em termos climáticos.

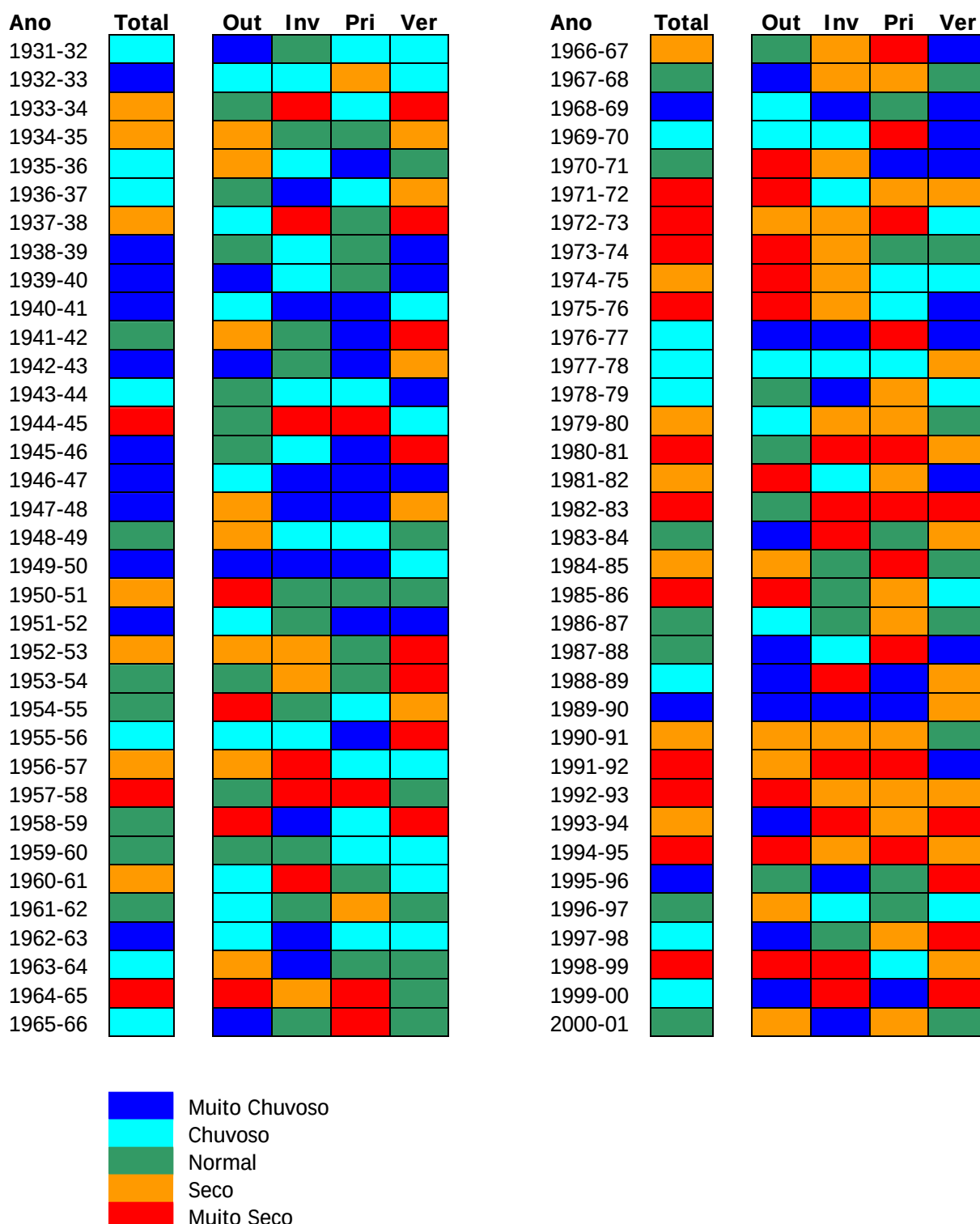


Figura 3.16 – Classificação dos anos climatológicos e estações, Mértola - Vale Formoso 1931-2001.

Numa primeira análise visual, pode-se verificar que há uma clara predominância das classes muito chuvoso e chuvoso, em termos anuais, nas décadas de 30 e 50. Dominando os anos muito secos e secos nas décadas de 70, 80 e 90, o que vem no sentido da análise feita inicialmente. Em termos estacionais os déficits da Primavera são bem patentes a partir da década de 70. A já referida não ciclicidade, pode mais uma vez observada, pois passa-se de um ano muito seco a um muito chuvoso e vice versa.

2.6 Concelho de Mértola – Tipologia do Coberto Vegetal

Depois da abordagem global à vegetação Mediterrânea, sua composição, dinâmica e degradação, bem como aos factores e processos conducentes a essa degradação, nomeadamente a erosão de solos, e sendo que todo este sistema é controlado e tem na sua origem as características climáticas anteriormente apresentadas, pode-se por último passar mais especificamente às características da vegetação na área de estudo. A descrição dos tipos de coberto, bem como do seu significado ambiental, são essenciais num estado preliminar de definição da pré-legenda da classificação das imagens de satélite e constituem um último passo – contributo para o conhecimento do terreno. Esta classificação deverá, todavia, ser confrontada com o conhecimento da dinâmica humana, actual e histórica, com o tipo, grau e formas de acção dos processos de degradação actuates e com os objectivos específicos da própria classificação das imagens.

A descrição das formações vegetais do Concelho de Mértola é baseada, integralmente, na obra de PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985) ("Fauna e flora de Mértola - uma perspectiva ecológica do Concelho de Mértola", PP. 17-53). É o único trabalho deste género para a área e constitui o melhor e mais detalhado documento a que se teve acesso. Citar exhaustivamente esta obra faz todo o sentido, pois constitui também um aprofundamento da abordagem global anteriormente feita a propósito da vegetação Mediterrânea.

Segundo os autores existem três formações vegetais bem individualizadas, identificadas de acordo com o esquema geral de degradação – regeneração dos ecossistemas Mediterrâneos: floresta esclerófila em exploração, formações subxerofíticas e estepe Mediterrânea (*Op. Cit.*, p. 17). Passa-se seguidamente a uma transcrição sintética das características de cada uma destas formações e sub-tipos de comunidades vegetais ³²:

- **Floresta esclerófila em exploração** – “Essencialmente constituída por montados e algumas pequenas matas de resinosas e eucaliptos”. Actualmente, devido à reflorestação maciça no Concelho, as manchas de resinosas são nalguns casos enormes. “Os montados são o resultado do aproveitamento das árvores indígenas que ao longo dos tempos foram sofrendo uma protecção no sentido de permitirem a extracção de lenha e de constituírem uma fonte de alimento para o gado [...] O eucaliptal e o pinhal surgem como uma intervenção muito mais radical, pois foram plantados em áreas onde previamente se destruiu toda a vegetação com a alteração profunda da Paisagem [...] as matas de resinosas (pinhais) e de exóticas (eucaliptais), pela sua quantidade e qualidade, são explorações silvícolas desajustadas a estas paragens como o demonstra o aspecto «raqúitico» de alguns retalhos de pinhal [...] Podemos, pois, concluir que o valor biológico das matas de resinosas e exóticas é

³² A partir deste ponto as citações, salvo indicação em contrário, dirão respeito à obra citada.

aqui bastante reduzido em oposição com o que se passa no montado. Paralelamente à domesticação de animais ocorrida durante o período pós-neolítico também foram domesticadas algumas espécies vegetais que vieram a permitir a fixação de comunidades primitivas. Os montados são consequência desta domesticação. As áreas de montado apresentam como espécie dominante a Azinheira sendo por vezes acompanhada em menor ou maior abundância de Zambujeiro (Oliveira brava). Alguns pequenos núcleos de Sobreiro denunciam áreas de transição da zona de influência atlântica para a continental onde predomina a Azinheira com uma maior aptidão para suportar a aridez e uma mais lata amplitude térmica anual. A presença aqui e ali de alguns exemplares de Alfarrobeira, Figueira e amendoeira revela-nos a proximidade da sua área de dominância no Sul do País – o Algarve. Dependendo da exploração a que os montados estão sujeitos, podemos encontrar uns onde se praticam culturas de sequeiro em rotação com pousios-pastagem, outros apenas utilizados como terras de pastagem, onde já é visível um estrato arbustivo pouco denso e finalmente montados abandonados, onde a regeneração da vegetação natural leva a supor que poderão vir a evoluir para um coberto do tipo bosque”.

- **Áreas de vegetação subxerófila** – “A vegetação destas áreas corresponde ao que vulgarmente se chama «mato» apresentando um conjunto de estratégias adaptativas a um elevado índice de secura (xerofitismo). As formações subxerófilas podem variar tanto na sua composição como na sua estrutura. Sob esta designação incluem-se unidades como o maquia e a *Garrigue*. O maquia é um estado de degradação da floresta Mediterrânea de folha persistente; este termo deriva da designação corsa para o género *Cistus* - «*Maquis*», muito característico desta associação vegetal. Do ponto de vista fisionómico o maquia é uma formação cerrada de grandes arbustos que podem atingir dois ou mais metros de altura, com um fuste denso e folhas coriáceas ou epinescentes. A *Garrigue* ocorre após a destruição do maquia devido a um aproveitamento humano intenso (silvo-pastorícia), sendo uma formação arbustiva com clareiras nas quais surgem terra nua e afloramentos rochosos [é mais comum e quase exclusiva de áreas calcárias] [...] O elemento comum destas zonas é a presença de estevas [...] podemos constatar a sua especial aptidão para suportar as condições naturais a que estão sujeitas [em inglês chamam-se *Rock Roses*]. As folhas, estreitas como na Esteva ou rugosas como na Roselha, reduzem a superfície de transpiração; a sua acentuada inclinação limita a radiação solar incidente e o revestimento da página superior por substâncias pegajosas e brilhantes reflecte uma grande parte da mesma.”
 - o **Esteval** – “Formações arbustivas mais ou menos vastas, resultantes do abandono de terras de pasto ou de culturas extensivas, onde as estevas são os representantes quase exclusivos, constituindo manchas contínuas e homogéneas”. Embora apresente um aspecto de “monocultura” de Esteva está associada a várias espécies arbustivas (Sargaço, Roselha, Rosmaninho) e a um estrato herbáceo por vezes rico, como se pode verificar no talhão de erosão de Vale Formoso onde foram plantadas Estevas e

que, ao fim de 12 anos, apresenta um “sub-bosque” muito rico e denso. “O Esteval surge-nos assim como uma formação [...] adaptada às condições mesológicas desta região [...] ...apesar de tudo, o Esteval impede a erosão dos solos contribuindo ao mesmo tempo para o seu enriquecimento. Por outro lado, comporta-se aqui como uma formação pioneira, ele poderá a longo prazo e salvo novos arroteamentos, vir a evoluir para uma situação próxima do maquial.”

- o **Montado abandonado** – “...resultado do abandono a que foram sujeitos antigos montados. Assim, sob azinheiras cujo aspecto mostra não serem desde há muito podadas cresce uma densa vegetação de porte arbustivo que, em nossa opinião, vai surgindo por invasão e regeneração das espécies indígenas colonizando solos outrora explorados. Para além do aumento da fertilidade do solo, a Azinheira cria um microclima favorável rapidamente aproveitado por sementes transportadas pelos animais e pelo vento [...] A comunidade vegetal que assim se vai formando fornecerá continuamente ao solo novos materiais orgânicos que, a pouco e pouco, se decompõem, transformando solos esqueléticos em solos mais evoluídos. Esta dinâmica permitirá por sua vez um aumento de diversidade com o aparecimento de novas Azinheiras, Zambujeiros, Rosmaninho, Aroeira, Murteiro, Lentisco-bastardo e, por vezes, até mesmo de Carrasco. O estrato herbáceo sofre uma lenta alteração na sua composição florística [...] muito mais adaptadas a crescerem debaixo de um emaranhado progressivamente fechado e sombrio. À medida que a sucessão vegetal se vai processando, também a comunidade animal se enriquece em quantidade e qualidade [...] A formação montado perdeu assim a sua identidade em favor de um novo ecossistema equilibrado, dinâmico e dos mais ricos deste Concelho que, a longo prazo, poderá vir a tornar-se num bosque de tipo Mediterrâneo”.
- o **Matagal de áreas declivosas** – “Nas margens declivosas dos cursos de água vamos encontrar um matagal altamente diversificado e complexo no qual árvores esparsas e arbustos de porte arbóreo se destacam da densa mancha vegetal. Nas encostas densamente recobertas, a vegetação desempenha um papel extremamente importante na conservação dos solos [...] Por outro lado, a produção de biomassa e consequente quantidade de manta morta são elevadas, funcionando esta última como uma espécie de esponja que aumenta a humidade relativa do solo [situação (A), Figura 3.17]. As encostas mais inclinadas ou menos recobertas estão muito mais expostas à erosão e, assim, a camada superficial do solo vai sendo arrastada para o fundo do vale. Nelas vão aparecendo afloramentos rochosos com a consequente diminuição da fertilidade. Os materiais arrastados, acumulando-se no sopé ou depositados noutros locais, transportados pela corrente, vão lentamente formar plataformas adjacentes aos leitos denominados terraços fluviais [não o são, são coaluviais, pois resultam da acumulação de material transportado pela linha de água

mas também material transportado pela dinâmica de vertentes a partir destas] [situação (B) Figura 3.17]. Nestes terraços poderão aparecer charcos como resultado da descida do nível das águas após uma cheia aumentando significativamente a quantidade de sedimentos neles depositada. Nas encostas mais abruptas, o agravamento da erosão chega por vezes a dar origem à formação de escarpas [...] A topografia não só criou as condições para a formação destas zonas como também, dificultando a acção humana directa, permite que elas ainda sejam das únicas que se aproximam de uma situação mais típica do Matagal Mediterrâneo – Maquial”.

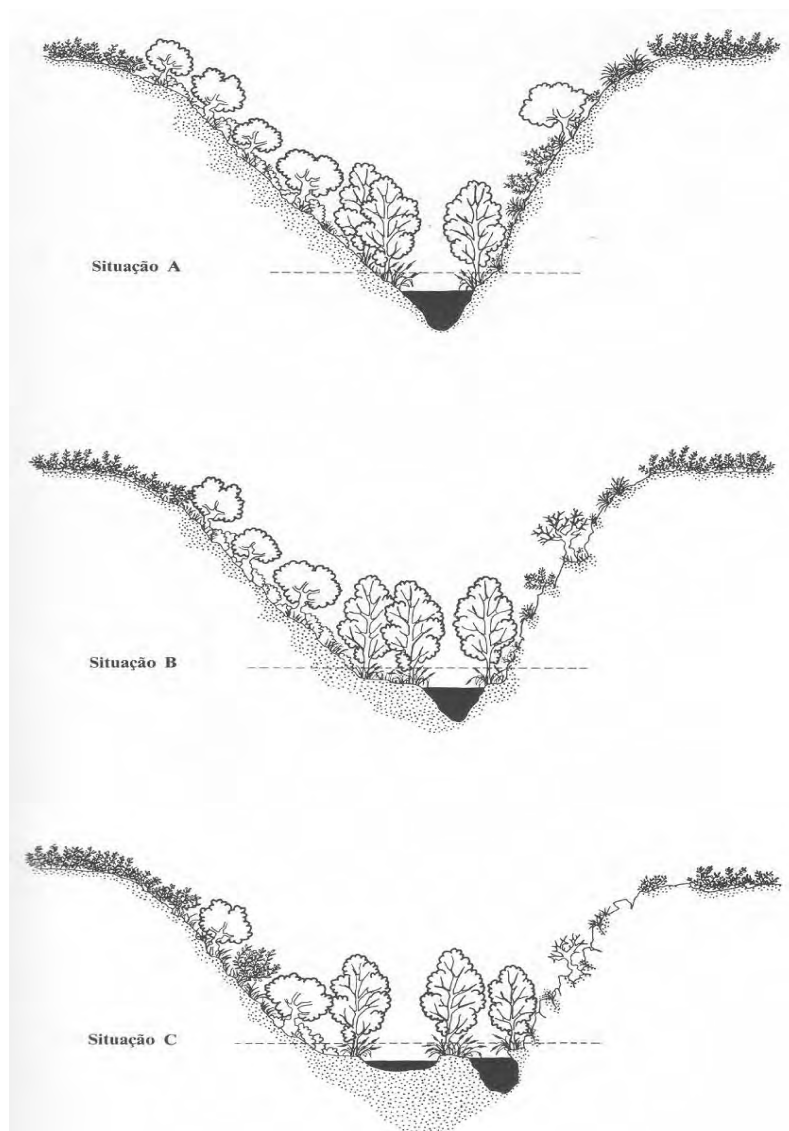


Figura 3.17 – Principais fases de degradação da Paisagem em áreas declivosas (PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985, p. 37)).

Facto é que em 14 anos de trabalho de campo na área foi possível observar, muitas vezes, gado a pastar em áreas quase impenetráveis e de grande declive, o que implica que a acção humana indirecta é, talvez, bem mais intensa do que se poderia

supor. Esse facto está completamente enquadrado no contexto Mediterrâneo, em termos de características e evolução da vegetação; já os povoamentos recentes de pinheiro não estão. Estes povoamentos têm sido efectuados, um pouco por todo o Concelho, em áreas de grande declive, ao longo de vales relativamente encaixados de muitas linhas de água e representam um duplo problema: pressupõem a destruição por vezes completa da vegetação que mais se aproxima de um estado “natural” e promovem intensa erosão do solo nessas vertentes. Outro factor de intervenção nestas áreas é o fogo que, embora não muito comum na área, encontra condições óptimas de propagação nestas áreas e condições muito difíceis ao seu combate.

“Apesar do carácter sazonal dos cursos de água, neles podemos observar uma comunidade ripícola (característica de zonas ribeirinhas) [...] A coexistência do Maquial, do meio aquático e de maciços rochosos permite a interpenetração de comunidades biológicas diferentes num todo equilibrado e dinâmico [...] Abrangendo uma vasta área e resultando de arroteamentos periódicos no matagal surgem-nos pequenas manchas de «mato» baixo essencialmente dominadas pela Esteva, distribuídas em mosaico em áreas de pastagens temporárias. Aqui se misturam dois meios diferentes criando-se um ecótono com características de ambos”. Estas áreas, nas margens das manchas de vegetação “mais natural”, fazem a transição para a Estepe Mediterrânea.

- **Estepe Mediterrânea** – A designação que parece ser mais correcta é a de “associações herbáceas de degradação – pseudo estepe de gramíneas”, referida por MONTERO de BURGOS, E. (1989) (citado em UNEP (1990, p. 68)). Ou, mais simplesmente, “pradaria herbácea” segundo RUIZ de la TORRE, J. (1985) (citado por UNEP (1990, p. 39)). Mas, uma vez que no contexto do estudo citado o conceito é mais abrangente, passará a ser utilizado a partir deste ponto.

“O arroteamento da vegetação natural seguido duma prática agrícola extensiva e continuada deu origem à Estepe Mediterrânea. Esta formação caracteriza-se pela ausência de árvores e arbustos substituídos por espécies herbáceas, anuais ou perenes, com um sistema radicular bem desenvolvido – raízes pastadeiras (gramíneas) ou com órgãos de reserva subterrâneos – bolbos (e.g. Liliáceas). A Estepe Mediterrânea é assim um ecossistema fortemente humanizado, homogéneo e estruturalmente simples em que os nichos ecológicos disponíveis não abundam. No Concelho de Mértola este é o biótopo mais representativo [...] sobre o seu solo, dos mais pobres do País, a pressão humana faz-se sentir de dois modos: por um lado, culturas cerealíferas muito esgotantes retiraram-lhe nutrientes essenciais e, por outro, o pastoreio persistente diminui a diversidade florística devido à apetência selectiva que o gado (especialmente o ovino) tem por determinadas espécies [...] [a ovelha] ... revela-se um «botânico» competente seleccionando com precisão as ervas que mais lhe interessam.

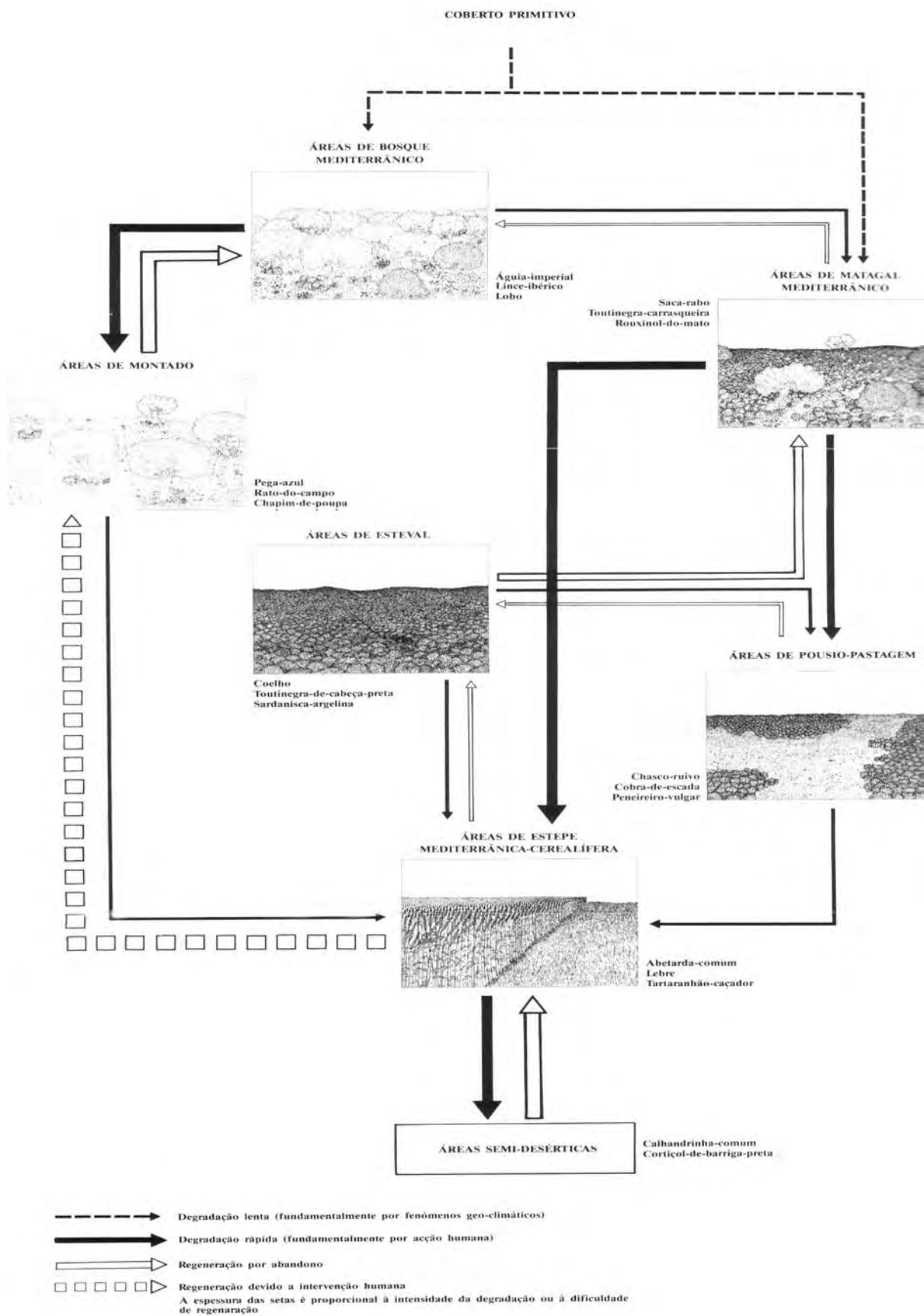


Figura 3.18 – Fases de degradação do coberto vegetal Mediterrâneo (PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985, pp. 16-17)).

Desta forma age sobre os povoamentos herbáceos, reduzindo o número de espécies comestíveis [...] em favor das duras ou espinhosas [...] das de cheiro ou sabor muito picante [...] e ainda das venenosas [...] O pisoteio e o pastoreio das ervas até à base atrasa a rebentação dos botões de renovo e dos estolhos provocando falhas na vegetação que serão rapidamente colonizadas [...] O gado também desempenha um papel importante na dispersão das sementes. [...] O bioma Estepe [natural] que se estende por vastas áreas do globo é caracterizado pela presença de enormes contingentes de mamíferos herbívoros à volta dos quais gira toda a dinâmica do ecossistema. Na Estepe Mediterrânea, o «lugar» que seria ocupado por estas manadas é parcialmente preenchido pelos rebanhos de gado doméstico”.

No contexto das fases de degradação do coberto vegetal (Figura 3.18) há uma clara possibilidade de regeneração, de vários tipos de áreas, que por sua vez constituem degradações de tipos de coberto mais próximos do coberto “original” Mediterrâneo. A regeneração tem dois modos de funcionamento, um de abandono da actividade humana (agrícola e pastorícia) e outro de regeneração por reflorestação, que depende obviamente do tipo dessa reflorestação. Assim, as áreas de montado e de matagal Mediterrâneo são uma primeira fase de degradação a partir do bosque Mediterrâneo, as quais podem evoluir num sentido negativo (mais degradação) para áreas de pousio – pastagem e áreas de estepe Mediterrânea cerealífera. O retrocesso (regeneração) a partir desses estados pode fazer-se através de áreas de esteval ou pode, ao invés (mais degradação), progredir para áreas semi-desérticas.

Esta descrição e classificação da vegetação, específica para o Concelho de Mértola, aprofunda a questão da composição da comunidade vegetal e encerra a assunto do conhecimento do terreno (Ponto 2), podendo-se passar à fase seguinte, a selecção das imagens de satélite.

3. As Imagens de Satélite

3.1 Escolha das Épocas do Ano para Obtenção das Imagens

Em função do sensor e plataforma escolhidos, depois da aquisição e aprofundamento da realidade do terreno, em função do tipo de coberto vegetal e usos do solo presentes, torna-se necessário definir quais são as épocas do ano mais adequadas para a obtenção das imagens. Na realidade existem várias ordens de razão para a escolha, pois existem, como foi descrito antes, várias dinâmicas a ter em conta: as do coberto vegetal espontâneo e as das mudanças de uso do solo mais ou menos cíclicas, em função das actividades humanas.

Não poucas vezes escolhe-se somente uma data, seja por opção, por limitações de tempo, financeiras ou outras, o que limita grandemente a interpretação, sobretudo dos fenómenos mais dinâmicos. Geralmente, no caso da vegetação natural Mediterrânea, opta-se por imagens pós-Verão, mas essa escolha pode ser limitativa e incompleta, dependendo dos objectivos do trabalho, pois exclui uma

série de outros fenómenos naturais e, sobretudo, ligados à actividade humana. Excluir a actividade humana seria, nesta perspectiva, comprometer o quadro de conjunto da Paisagem numa área com as características do Concelho de Mértola.

Pode-se então passar à justificação da escolha multi-temporal, Primavera e fim de Verão – princípio do Outono.

Primavera, Março – Abril - Durante este período são observáveis uma série de fenómenos:

- **Floração das espécies espontâneas** – É o período de máximo desenvolvimento vegetativo da vegetação natural, a biomassa verde é máxima bem como a actividade fotossintética. Em função das características climáticas (geralmente) há boa disponibilidade de água, temperaturas a subir, dias maiores. Desta forma pode-se ter uma “imagem” muito mais clara e diversificada dos povoamentos vegetais espontâneos, sejam arbustivos ou herbáceos, o mesmo se passando com os povoamentos florestais que se destacam mais do restante coberto arbóreo;
- **Granação dos cereais** – Do mesmo modo, as culturas cerealíferas estão no seu pleno, espigas desenvolvidas e actividade fotossintética máxima, embora dependendo das características climáticas do ano. Pouco tempo depois, Maio geralmente, começam a secar, sendo este o período em que melhor se pode avaliar a extensão real, quantitativa e qualitativa das culturas de sequeiro;
- **Os pousios estão, também, no seu estado vegetativo máximo.** Assim, podem potencialmente avaliar-se os diversos graus de impacto humano através do pastoreio e, sobretudo, tentar distinguir pousios autênticos de pastagens plantadas (prados), pois a sua assinatura espectral deve ser diferente;
- **Se o desenvolvimento vegetativo herbáceo é máximo, áreas onde a densidade deste é baixa e onde aparecem proporções elevadas de solo serão, potencialmente, áreas degradadas sujeitas a sobrepastoreio, presente ou passado.** Passa-se o mesmo com áreas de vegetação semi-natural, visto que a taxa de cobertura que proporcionam é máxima neste período;
- **Como é uma época de abertura dos alqueives, para a sementeira do ano seguinte, pode-se “ver” neste período quais as áreas lavradas, indicação preciosa da ocupação potencial do ano agrícola seguinte.** Também é nesta época que muitas arroteias para pastagens temporárias e reflorestação são efectuadas, o solo está “brando” e facilita a lavoura com os tractores e outros tipos de maquinaria. Além disso, como há ainda a possibilidade de chuvas os lavradores mobilizam o solo porque pensam que assim podem incorporar mais humidade.

- Se a erosão de solos é o grande “motor” da degradação ambiental e se os valores são extremos em terrenos lavrados, sobretudo em declives acentuados, então o grau de erosão pode ser avaliado qualitativamente em função das áreas de solo a nu, lavrado ou onde a vegetação foi destruída;
- Discriminação máxima entre vegetal (clorofilino) e mineral (solo);
- Por ser quase o fim do “ciclo anual da chuva” mais certa, as albufeiras, charcas e linhas de água apresentam a sua extensão máxima potencial. É portanto neste período que melhor se pode avaliar essa extensão e distribuição espacial.

São inúmeras e claras as vantagens de obtenção de imagens neste período, pois ele constitui uma época de discriminação máxima potencial de uma série de fenómenos e, sobretudo, entre tipos de coberto semelhantes mas sujeitos a diferentes regimes de exploração agrícola ou pressão antrópica. Parece, portanto, impensável realizar qualquer classificação do coberto vegetal – uso do solo nesta área através de imagem de satélite sem ter em conta, para interpretação e classificação, este período do ano.

É, no fundo, uma questão de observar um período crítico, em termos naturais e antrópicos, ponto de partida para a grande secura do Verão a que todo o ecossistema vai estar sujeito. Em função do ponto anterior, relativo à vegetação, uso do solo e sua dinâmica, este facto torna-se quase indiscutível. Mas este período apresenta também algumas desvantagens :

- Dificuldade de obtenção de imagens sem cobertura nebulosa. Como referido acerca da resolução temporal do sistema Landsat, uma periodicidade de 16 dias implica em teoria quatro ou cinco passagens do satélite para este período, o que diminui a probabilidade de ausência de nuvens. As características climáticas anteriormente descritas perspectivam bem a potencialidade de um coberto nebuloso mais ou menos extenso neste período. Não existe portanto um contraste muito marcado entre alguma vegetação arbustiva e herbácea;
- Visto que todo o mundo vegetativo está no seu máximo, a discriminação entre povoamentos de vegetação espontânea pode ser algo diminuída, pois existe um “sub-bosque” herbáceo em povoamentos pouco densos que pode, eventualmente, homogeneizar radiometricamente na direcção “herbácea” alguns povoamentos arbustivos;
- O desenvolvimento da vegetação ripícola ao longo das linhas de água é máximo, a sua extensão está portanto “exagerada”, pois os povoamentos estáveis são aqueles que se mantêm ao longo de todo o ano;

No entanto, se se optar por uma abordagem multi-temporal para cada ano de análise, podem reduzir-se e até eliminar estas desvantagens e acrescentar um outro conjunto de vantagens. Assim, o período pós - Verão apresenta, por seu turno, algumas vantagens:

Início do **Outono, Setembro - Outubro**

- Contraste máximo entre a vegetação natural perene e a restante, anual herbácea, que secou completamente. Incluindo-se também os povoamentos florestais;
- Extensão mínima potencial das manchas de vegetação ripícola, o caudal dos rios é mínimo ou nulo e somente as comunidades permanentes se mantêm graças à humidade ao longo das linhas de água ou nas margens imediatas de algumas, dependendo das características climáticas do ano;
- Contraste máximo das plantas verdes, clorofilinas, com o resto da vegetação não seca. A vegetação natural perdeu durante o Verão algum vigor e a porção lenhosa torna-se mais significativa. A vegetação verde aparece em linhas de água, fundos aluviais, margens ou constitui áreas de regadio;
- Contraste máximo entre as copas das árvores dos povoamentos florestais dispersos, montado, e o “fundo” herbáceo seco;
- Época ideal para identificação de áreas ardidas;
- Maior exposição, potencial, do solo e rocha a nu;
- Melhor identificação de vias de comunicação ladeadas por árvores;
- Extensão mínima das albufeiras e charcas, indicação da capacidade em termos de recursos hídricos;
- Abertura dos alqueives para sementeira, bem como arroteamentos de áreas de “mato”;
- Ponto de “chegada” após a secura estival.

Mas a obtenção e análise de imagens de satélite neste período também tem desvantagens:

- É quase impossível discriminar pousios e pastagens, o coberto herbáceo está completamente seco, as assinaturas espectrais são semelhantes;

- É quase impossível avaliar as áreas de cereal do ano anterior, o restolho confunde-se espectralmente com o coberto seco de herbáceas;
- A cobertura do solo que as formações vegetais proporcionam é mínima, logo o sinal do solo é muito mais significativo, dando uma avaliação exagerada da quantidade de solo a nu. A este facto acresce a superfície “nua” na margem das albufeiras que se encontra exposta neste período;
- Possibilidade de identificar somente as extensões mínimas de algumas comunidades vegetais naturais, que durante o Verão diminuem, sobretudo se sujeitas a pastoreio intenso.

Existem para ambos os períodos outras vantagens e desvantagens, mas as que foram apontadas, no contexto do tipo de estudo e das características dos ecossistemas da área, parecem ser as mais relevantes. O mais indicado seria ter o “melhor dos dois mundos”, ou seja, uma imagem do ponto de partida e do ponto de chegada. Dessa forma a imagem global do território, dos seus ritmos e expressão espacial quantitativa e qualitativa seria máxima. Por essa razão optou-se por analisar, interpretar e classificar cada ano de uma forma multi-temporal, tendo em conta a informação radiométrica de dois períodos para cada ano.

Esta abordagem garante, *a priori*, um aumento significativo da capacidade de discriminação e rigor da classificação. Cada objecto – tema, será radiometricamente descrito pela assinatura espectral nas duas datas, os descritores passarão assim de sete bandas a catorze. Pode-se dar um exemplo: um campo de cereal será descrito não só pela presença de cereal como, também, pela mudança para restolho – solo a nu depois do Verão; ou um campo de estevas, que passará a ser descrito por duas situações distintas em termos de actividade fotossintética, de densidade, de proporção lenhosa e de porção de solo coberto.

Objectivamente, trata-se de incluir a mudança dos objectos – temas no conjunto de descritores, a mudança é, talvez e nalguns casos, o melhor descritor. Além disso, como abordagem metodológica, tendo em conta o carácter extremamente dinâmico e mutável deste tipo de Paisagem, parece ser particularmente indicada. Há, portando, como que uma importante sinergia nesta utilização mista, de descritores radiométricos estáticos e dinâmicos, que melhorará sem dúvida a qualidade da classificação, bem como o seu rigor temático e espacial.

3.2 Escolha dos Anos de Obtenção das Imagens

A obtenção de imagens não é um processo simples, embora seja actualmente mais fácil, nem “barato”, pois os custos são significativos, como anteriormente referido. Embora existam actualmente protocolos de cedência de imagens entre instituições, a área do Concelho de Mértola é muito grande, sendo difícil obter gratuitamente imagens com essa dimensão. Assim, durante o Projecto de

investigação Medalus I, optou-se pela aquisição de duas imagens inteiras (full scene) para o Sul do País. A escolha do ano recaiu sobre 1985, data do lançamento do Landsat 5, pois o Landsat 4 tinha já alguns problemas de obtenção de imagem com o sensor TM.

Estas duas imagens, de Abril e Setembro, foram tratadas no âmbito desse projecto de investigação comunitário e utilizadas nas Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica do autor, defendidas em Abril de 1993. Nesse trabalho procedeu-se a uma classificação simples dessas imagens, para obter cartografia temática comparável com a Carta Agrícola e Florestal de 1950-60 (SROA) e com a carta antiga de 1882-93 de Pery. O objectivo era sobretudo quantificar os usos e avaliar a evolução do uso do solo ao longo de quase um século.

Se os objectivos foram cumpridos, a metodologia e abordagem em termos de Teledetecção, o conhecimento do terreno e o enquadramento teórico em termos de Teledetecção podiam ser francamente aprofundados. A partir desse ponto o interesse crescente pelo uso da Teledetecção, ao longo de mais dois projectos de investigação comunitários, Medalus II e III, levou à aquisição de mais duas imagens, Março e Outubro de 1995. Estas datas foram as possíveis, sobretudo por questões de qualidade da imagem e cobertura nebulosa.

Todo o processo de escolha das imagens foi, aliás, moroso e complicado, ora porque as próprias imagens apresentavam problemas, ora porque tipos diferentes de nebulosidade apareciam na imagem. Estes tipos variavam de nevoeiros baixos no Guadiana a nuvens altas, de *cumulus* espessos e respectivas sombras a *cirrus* muito espalhados ou, até, a rastros de aviões que em função das condições da Atmosfera se “alargaram”, assumindo uma forma estratiforme com grande cobertura do território, ao ponto de projectarem sombras muito significativas.

Voltando ao processo de escolha - obtenção, decidiu-se no final de 2000 adquirir uma imagem ETM + para Outubro de 2000 e outra para Abril de 2001, no mesmo ano agrícola. Para as outras datas a lógica era inversa, para cada ano havia um ponto de “partida” na Primavera e um ponto de “chegada” no início do Outono. Neste caso, por questões que naturalmente se prendem com a exequibilidade do tratamento das imagens, bem como do tempo de realização deste estudo, essa pareceu a escolha mais acertada. Não obstante, todas as premissas de incorporação do vector mudança no conjunto de descritores se mantêm total, completa e absolutamente de pé. No caso do ano agrícola 2000-2001 é somente necessária uma abordagem temporalmente diferente.

Quais foram os critérios e razões objectivas para a escolha d anos de obtenção das imagens ?

1985

- Lançamento em Março do Landsat 5, sensor TM, a operar em condições perfeitas;

- Ano anterior à adesão plena de Portugal à CEE, como tal é o último ano pré-adesão, sem subsídios, fundos estruturais ou reforma da PAC, constituindo a “última imagem” do País pré-CEE e com uma agricultura de mercado “relativamente livre”, por oposição a protegida e subsidiada;
- Existência de cobertura aérea fotográfica, pancromática, escala aproximada 1:26.000 para quase toda a área do Concelho, em Abril, permitindo assim escolha de áreas teste por Foto-Interpretação e verificação da qualidade da classificação obtida pois a data de uma das imagens de satélite é precisamente Abril;

1995

- Período temporal “padrão” de 10 anos, embora seja subjectivo, uma década é uma década;
- Existência de cobertura aérea pancromática, escala aproximada 1:25.000, para grande parte da área do Concelho, que vez permite para esta data a escolha de áreas teste, verificação dos resultados e reconhecimento de terreno com base na fotografia aérea. Esse trabalho foi realizado nesse ano, embora não no “momento” em que a cobertura fotográfica foi efectuada;
- Existência de uma cobertura aérea, infravermelho, escala aproximada 1:15.000 para a Serra de Mértola e Serpa, Agosto de 1990, permitindo um grau muito maior de discriminação das comunidades vegetais, sobretudo e especialmente a vegetação natural. Constitui uma “imagem” intermédia, temporalmente, de escala maior;
- Existência de dados experimentais relativos a solo e erosão do solo, obtidos no CEEVF, bem como para áreas de vegetação natural, sobretudo estevais e manchas de montado abandonado;
- Época em que os impactos da adesão de Portugal à CEE são já claramente “visíveis” em termos de mudanças de uso do solo;

2000 - 2001

- Novo sensor ETM + no Landsat 7;
- Possibilidade de obtenção de imagens, embora já temporalmente fora do contexto de projectos de investigação comunitários;
- Possibilidade de realizar trabalho de campo e reconhecimento de terreno **nos** dias exactos de obtenção de imagem;

- Possibilidade de uso de GPS, por forma a conseguir uma identificação praticamente perfeita das áreas teste, demarcadas na cobertura aérea de 1995, e sua localização posterior nas imagens de satélite;
- Possibilidade de realização de inventário fotográfico, não aéreo, para posterior verificação da qualidade das classificações.

As imagens escolhidas, correspondentes ao Path 203 – Row 034, full scene, são as seguintes:

1985	13 de Abril
1985	4 de Setembro
1995	24 de Março
1995	18 de Outubro
2000	23 de Outubro
2001	1 de Abril

As imagens, em estado bruto, correspondem a todo o Sul do País, até Sines na costa Atlântica, um pouco para Este de Huelva a Sul, até Norte de Barrancos (limite Nordeste em território português) e quase até Alcácer do Sal no extremo Noroeste. Apresentam-se duas das imagens por forma a dar uma ideia da área total abrangida.

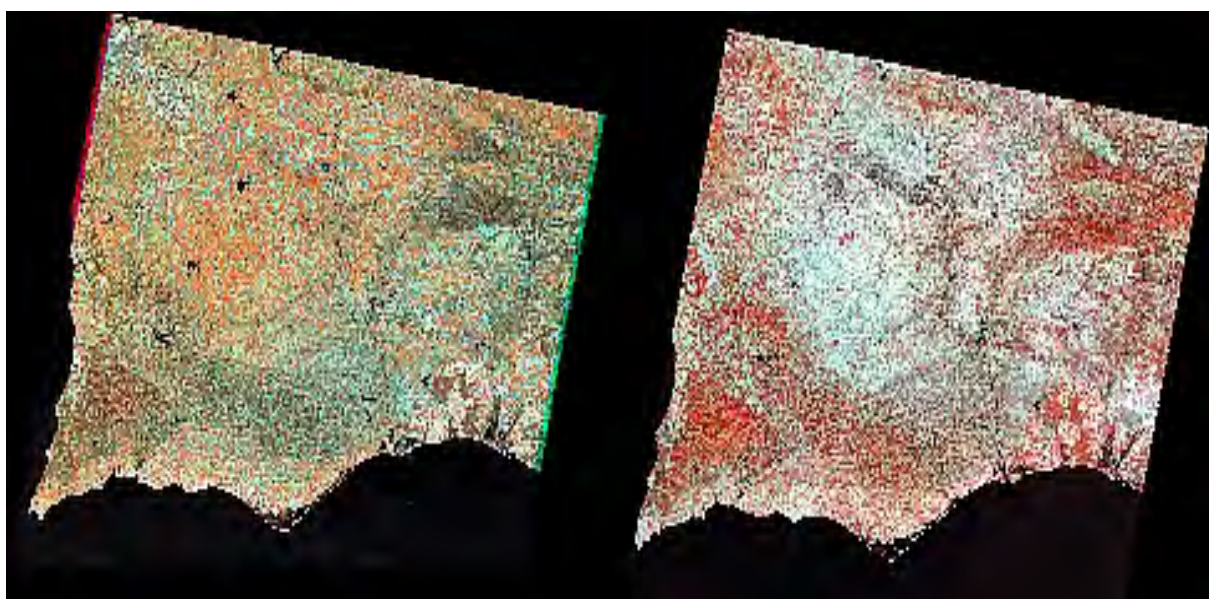


Figura 3.19 – Imagens de 2001 e 2000, respectivamente, sem qualquer tratamento.

Poderia haver um problema – limitação eventual levantado pela sequência de imagens de 2000-2001 ser diferente das restantes; em 1985 e 1995 a primeira imagem é da Primavera e a segunda do Outono, em 2000-2001 correspondem ao mesmo ano agrícola. Depois da análise visual e interpretação das imagens não parece haver qualquer problema com esse facto, o que é relevante e valorizado pela amostra estatística ser constituída por duas imagens é a variação, como tal a ordem é irrelevante, desde que devidamente enquadradas as condições ambientais anteriores à obtenção da imagem, sobretudo em termos de precipitação.

Não obstante, em determinado ponto pensou-se que poderia existir um problema com as áreas agrícolas, pois nesse caso a sequência poderia ser importante. Parte-se do princípio que um campo de cereal é semeado no Outono e estará com cereal na Primavera, o que implica que radiometricamente, para campos de cereal, a amostra estatística deveria ser lavrado – cereal, sendo que a diferença entre lavrado e cereal representaria o descritor extra. No caso da sequência ser Primavera – Outono, a “diferença é diferente”, o campo de cereal passa a ser um campo com restolho, logo esta questão da sequência poderia ser relevante. No entanto, este raciocínio parte de um pressuposto errado, que basicamente se prende com assumir que aquando da obtenção das imagens os campos estão todos lavrados, no caso da sequência Outono - Primavera, ou que os campos que foram cereal ainda têm todos restolho, para a sequência Primavera – Outono.

Depois de analisar cuidadosamente vários campos agrícolas, cerca de cinquenta, nas imagens, concluiu-se que existem todas as combinações possíveis e imagináveis de situações de partida e chegada. Um campo de cereal na Primavera tanto estava já lavrado no Outono, como era ainda restolho, restolho queimado (o alqueive preto, prática ainda comum na área) ou área em pousio. No caso dos anos de 1985 e 1995 a lógica é inversa, identificou-se, para o Outono, os usos dos campos que na Primavera eram cereal, uns eram restolho, outros estavam em pousio e, paradoxalmente, havia um ou dois lavrados. Paradoxalmente porque a rotação cereal – pousio não costuma ter lavouras logo a seguir ao cereal.

Concluindo, a diferença entre estações, como identificador das áreas agrícolas, era potencialmente igual qualquer que fosse a sequência e, sobretudo, um campo de cereal podia ser quase qualquer um dos outros usos no ano anterior, ora então, a diferença entre cereal e vários outros cobertos é o descritor válido, não dependendo portanto da sequência das imagens. Além disso, o sinal radiométrico dos cereais é tão forte, que em termos de amostra estatística se sobrepõe, com quase toda a certeza, aos valores dos outros usos, que sendo posteriores ou anteriores não condicionam a classificação de determinada parcela como cereal.

Restava a questão dos terrenos lavrados, mas as parcelas são lavradas por uma infinidade de razões e, até, sem qualquer razão aparente: um campo lavrado e limpo é que constitui sinal de lavoura e cuidado, além disso os lavradores são isso mesmo, lavradores. A quadra seguinte, referida por ROXO, M.J. (1994, p. 343) ilustra bem a carga simbólica e importância dada aos alqueives:

«É tão linda a nossa terra
Tanto por nós é amada
Que muito gosto dá ver
Quando está bem alqueivada».

Tanto se abrem alqueives para o cereal do próximo ano, para reter humidade, como para a sementeira, lava-se para favorecer o aparecimento espontâneo das pastagens com mais “força”, roça-se o mato para favorecer os montados (pensam os agricultores) e roça-se mato para plantar árvores. Resulta claro que o grau de causalidade, entre terreno lavrado e uso futuro, é mínima ou inexistente. Como tal, um terreno lavrado é e só pode ser isso mesmo, um terreno lavrado.

Pode-se, portanto, considerar válida a utilização de duas imagens por ano, independentemente da sequência de obtenção das imagens. Para diminuir as possibilidades de alguma influência, mínima, a classificação será uma classificação da situação na Primavera, não no Outono. A classificação não será, portanto, uma classificação de um ano agrícola determinado, mas de um ponto preciso no tempo. Incluir na amostra estatística a situação de partida – chegada (Outono), pelas diferenças de coberto que representa, só favorece a capacidade de discriminação e até o valor temático da classificação, como se verá posteriormente na definição da pré-legenda.

3.3 Enquadramento Climático dos Anos de Obtenção das Imagens

Como referido anteriormente, muitos estudos, usos e processamento de imagens de satélite não têm em conta, nem mesmo minimamente, as condições e características climáticas dos anos respectivos e períodos anteriores à sua obtenção. Uma vez que se está em presença de uma área de estudo com um coberto quase completamente vegetal, torna-se essencial neste ponto enquadrar devidamente as imagens, pois caso contrário o uso de Índices de Vegetação e sua posterior interpretação podem ser fortemente condicionados. O enquadramento será, naturalmente, feito com base nos dados climáticos apresentados no Ponto 2.5 – Clima.

1985

As imagens de 1985 estão incluídas em dois anos climáticos, 1984-85 e 1985-86. Como anteriormente defendido, parece francamente mais significativo em termos naturais, ecológicos e dos ciclos agrícolas, considerar o ano com início em Setembro. O ano agrícola nesta área de cereais de sequeiro e pastagens é comandado, tal como a vegetação natural, por um ciclo que se inicia claramente após o estio do Verão. Considerar os valores dos anos civis não faria, portanto, qualquer sentido em termos do correcto enquadramento e entendimento das condições de terreno, sobretudo de disponibilidade de água.

O ano de 1984-85 é um ano seco, na sequência de um ano normal, embora com vários anos secos e muito secos antes. As precipitações de Verão são pouco significativas em termos absolutos, sendo constituídas quase invariavelmente por episódios chuvosos de curta duração e grande intensidade que, como tal, pouco papel têm em termos de acréscimo de humidade de solo disponível, sendo sim relevantes em termos da erosão que potencialmente promovem.

Desta forma, em Abril de 1985, data da primeira imagem, a sequência foi: Outono seco, Inverno normal e Primavera muito seca. Quais são as implicações em termos da realidade do terreno ? Potencialmente os alqueives foram tardios, o Inverno ao ser normal implica, em teoria, uma boa disponibilidade de humidade de solo, já a Primavera ser muito seca (a Primavera termina em Maio a imagem é de 13 de Abril) pode indiciar uma granação limitada e um desenvolvimento vegetativo não óptimo mas também não muito mau, graças ao Inverno. A imagem de Setembro, depois de uma Primavera muito seca e um Verão normal, num Outono que se veio a revelar muito seco, não deve ter ainda toda a extensão de alqueives abertos para o ano agrícola 1985-86, pois esperam-se sempre as primeiras chuvas significativas por forma a tornar mais fácil (possível) lavrar os solos extremamente dissecados e compactados depois do Verão.

1995

Do mesmo modo, as imagens pertencem aos anos agrícolas de 1994-95 e 1995-96. Este ano é diferente de 1985, pois vem na sequência de um ano seco e dois muito secos. Como tal, a disponibilidade de água, em termos de humidade do solo a alguma profundidade, deveria ser pouca, pois na maior parte dos casos os solos são pouco espessos, e se estaria num mínimo em termos de sequência anual.

Para a primeira imagem, 24 de Março, o próprio ano de 1994-95 inicia-se com um Outono muito seco, um Inverno seco e irá ter uma Primavera muito seca. Em teoria, as áreas semeadas devem ter pouca expressão em termos de área ou, sobretudo, devem apresentar pouco desenvolvimento vegetativo dos cereais. Este facto não é claro, pois as melhores produções de trigo acontecem em anos mais a tender para o seco que para o excessivamente húmido, tudo dependendo das condições de enraizamento e, sobretudo, da granação na Primavera. Em termos de vegetação natural e pastagens, embora a adaptação à variabilidade seja total, o vigor deverá ser bastante baixo quando comparado com 1985.

A imagem seguinte, de 23 de Outubro de 1995, deverá constituir um “mínimo” vegetativo, pois o ano anterior foi globalmente muito seco, após vários anos secos e muito secos, tendo o Verão realçado certamente ainda mais este facto. Antes da obtenção da imagem tinham chovido somente 3.5 milímetros em Setembro, como tal e à semelhança da imagem de Setembro de 1985, deveria haver bastantes alqueives por abrir e a situação seria extrema em termos de secura, proporcionando provavelmente um contraste máximo entre a vegetação natural mais resistente e o “fundo” seco. A

cobertura proporcionada pela vegetação deverá ser, teoricamente, mínima, sendo que após vários anos de secura a porção de solo a nu deve ser máxima ou quase, excluindo lavouras.

2000 - 2001

No ano agrícola de 2000-2001 as condições são completamente diferentes. Embora 1998-99 tenha sido muito seco, 1999-2000 foi chuvoso (tal como 1997-98), 1996-97 foi normal e 1995-96 muito chuvoso. As condições da vegetação deverão, portanto, ser francamente melhores que nas imagens dos anos anteriores, até porque a Primavera do ano anterior foi muito chuvosa.

A primeira imagem, de 23 de Outubro, insere-se num Outono seco, tendo chovido até à data de obtenção da imagem 17.8 milímetros, mas parte desta precipitação ocorreu dias antes, até dia 21, o que indicia grande actividade de abertura de alqueives. Quanto à segunda imagem, de 1 de Abril de 2001, embora inserida numa Primavera seca segue-se a um Inverno muito chuvoso, mais precisamente o sexto mais chuvoso de toda a série, como tal o desenvolvimento vegetativo deve ser óptimo a todos os níveis, comparativamente com as outras imagens, o que se pode constatar no terreno aquando do trabalho de campo na data de obtenção da imagem.

Pode-se dizer, de uma forma geral e com base no conhecimento do terreno, que a classificação de 2000-2001 dirá respeito a um ano com óptimo desenvolvimento vegetativo, 1995 dirá respeito a um ano muito seco e na sequência de vários anos de muita secura e, por último, 1985 dirá respeito a um ano relativamente normal em termos da sequência anual e estacional das precipitações. Na sequência de uma série de aspectos anteriormente referidos, a nível do tipo e dinâmica dos ecossistemas Mediterrâneos, do tipo e ciclos da agricultura praticada e, sobretudo, do facto do enquadramento climático não ser geralmente tido em conta em trabalhos de Teledeteccção e posterior interpretação das classificações, que este breve enquadramento é importante, embora sintético, trazendo claramente outra “luz” quando se proceder à análise das classificações.

No entanto, embora o ecossistema esteja “habitado” e funcione em função da variabilidade climática intrínseca a este tipo de climas, demasiadas vezes se analisam totais, valores cumulativos e médias, que escondem um factor que é, declaradamente, mais importante – a distribuição temporal destes quantitativos pluviométricos. É muito difícil, na prática, saber se um X número de milímetros de precipitação durante uma estação (três meses) foi bom, óptimo ou péssimo em termos de desenvolvimento da vegetação sem saber como é que essa precipitação se distribuiu temporalmente.

Embora a vegetação semi-natural aproveite ao máximo a humidade disponível, podendo esperar meses, ou até anos, por condições propícias para a sua disseminação e floração, chuvas demasiado concentradas implicam pouca recarga de humidade de solo, sobretudo porque provocam, como já foi demonstrado, muito mais escorrência superficial. Em muitos casos, para não dizer quase todos, os totais mensais e anuais “escondem” completamente esta concentração temporal das precipitações,

como tal, quando se ouve dizer que os totais anuais pluviométricos têm tendência a aumentar ou diminuir, esse facto nada ilustra da forma como essa precipitação é distribuída. Exemplificando, se por hipótese a precipitação fosse rigorosamente igual, em termos quantitativos, entre dois meses de dois anos determinados, poderia num deles ter ocorrido em somente um ou dois episódios.

Essa concentração seria muito menos positiva, em termos de humidade de solo e desenvolvimento vegetativo, do que se esse mesmo montante fosse melhor distribuído temporalmente. Quando tanto se fala em mais ou menos um dado valor de precipitação por ano, eventualmente, em função do aquecimento global, facilmente se percebe que há outros aspectos a ter em conta e a analisar. Para os cereais de sequeiro, como referido, há um óptimo desta distribuição ao longo do ano agrícola; para a vegetação natural e semi-natural também haverá, embora não seja claro ou pareça estar determinado, pelo menos com um método baseado num conhecimento correcto do ecossistema. Os modelos matemáticos de desenvolvimento vegetativo, criados nos países do Norte, assumem crescimento máximo com quantidade máxima de água, ora isso está longe de ser verdade para cereais de sequeiro e espécies naturais ou semi-naturais neste tipo de climas.

Outra variabilidade que não costuma ser tida em conta é a variabilidade espacial da distribuição da precipitação, muito mais difícil de estudar. Excluindo as situações de precipitação frontal, muitos dos episódios chuvosos mais intensos são de origem convectiva, trovoadas, que podem “descarregar” quantitativos impressionantes de precipitação, em pouco tempo, numa área restrita e deixar sem “pinga de água” toda a área envolvente. Se este facto, o trajecto das trovoadas, for tido em conta cumulativamente, ao longo de um ou vários anos, existirão certamente diferenças nos quantitativos muito expressivas, que nem sequer são facilmente identificadas ou que podem, até, nem ter sido registadas.

A fase seguinte é o pré-processamento das imagens. Com base na sequência ideal de procedimentos para o tratamento digital de imagem de satélite, o passo anterior é o conhecimento de terreno, que se pode dar por concluído, não querendo deixar de enquadrar devidamente, na medida do possível, as datas das imagens em termos climáticos.

4. Pré-processamento das Imagens de satélite

No contexto da análise digital de dados da Teledetecção, pré-processamento refere-se às operações que são preliminares à análise principal. Estas operações incluem pré-processamento radiométrico para ajustar os valores digitais da imagem, corrigindo os efeitos atmosféricos e convertendo os valores digitais em valores radiométricos e pré-processamento geométrico, rectificando erros geométricos na obtenção, para registar a imagem a um mapa ou outra imagem. Existe ainda um terceiro tipo de “fonte” de erro, erros de instrumentação do sensor e/ou plataforma, que costumam consistir em “falhas” de pixels ou desajustamento de linhas, como no Landsat MSS de seis em seis linhas. No caso das imagens a tratar, para a área seleccionada, não existe este terceiro tipo de erros.

Em termos de correcção radiométrica, como descrito no Capítulo II, Ponto 3.2 (Propagação da Radiação) a propósito dos efeitos da Atmosfera, a transformação dos números digitais da imagem em valores de reflectância e temperatura interessa, quase exclusivamente, a estudos sobre comportamento espectral e interacção matéria – radiação (como apresentado Capítulo III, Ponto 1 - Sequência Ideal de Procedimentos). Como tal, não se procederá à correcção radiométrica das imagens. Uma outra razão é de ordem técnica, os algoritmos que se poderiam utilizar para essa correcção, em termos de software disponível, são de ordem empírica, tendo em conta apenas a época do ano e o ângulo do sol, o que está longe de ser ideal. Ideal seria possuir dados radiométricos de terreno nas datas de obtenção das imagens, mas esses dados não existem. Poderia, eventualmente, ter sido possível obtê-los para 1 de Abril de 2001, data da última imagem, mas continuariam a não existir dados para as restantes imagens. Como tal, e porque a abordagem é estatística e não analítica, pode-se passar às correcções geométricas.

Quais são então, segundo RICHARDS, J.A. (1993, pp. 48-49), as fontes de distorção geométrica dos dados das imagens:

- Efeitos da rotação da Terra;
- Distorção panorâmica;
- Curvatura da Terra;
- Desvio do tempo de *scan*;
- Variações de altitude, velocidade e atitude da plataforma.

Efeitos de rotação da Terra

Visto que alguns sensores, como o Landsat TM, levam um tempo determinado a adquirirem uma imagem, geralmente começando o *scanning* de cima para baixo (órbita), a Terra vai rodando de Oeste para Este enquanto a imagem é adquirida. Consequentemente, um ponto registado num fim da imagem estará mais para Oeste quando a obtenção da imagem é iniciada e assim cada nova linha de *scan* vai estando deslocada sucessivamente para Oeste (Figura 3.20). Este desvio depende da velocidade relativa da Terra e da plataforma, bem como da largura espacial da imagem adquirida.

Distorção panorâmica

Como o campo de visão instantâneo (IFOV) dos sensores a bordo de satélites é constante, a dimensão efectiva de um pixel, no terreno, aumenta na direcção das extremidades da imagem. Quanto maior for o ângulo de visão do sensor, como no NOAA AVHRR, maior é a distorção.

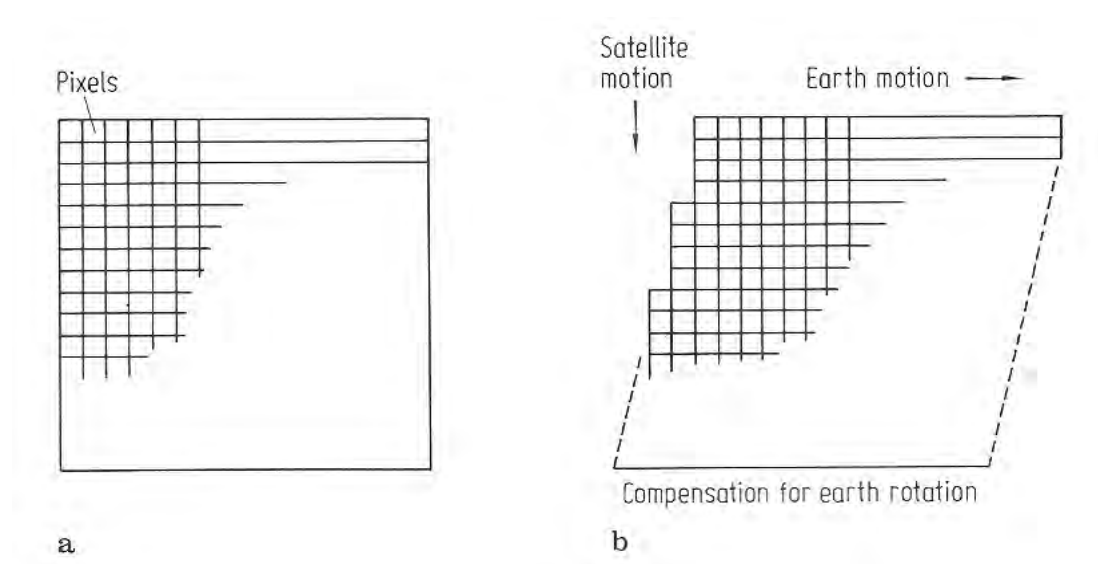


Figura 3.20 – Efeito da rotação da Terra numa imagem de um *scanner*. Embora a visualização posterior seja feita como em (a) a obtenção, em termos da superfície terrestre e trajectória da plataforma, ocorreu como em (b) (RICHARDS, J.A. (1993, p. 50)).

Curvatura da Terra

Embora plataformas como o Landsat TM não sejam muito afectadas, pois a área total da imagem não é muito grande, a curvatura da Terra acentua os efeitos da distorção panorâmica. A inclinação com que a imagem é adquirida, aumentando, implica também maior distorção na imagem.

Desvio do tempo de *scan*

Os *scanners* de linha mecânicos, como o Landsat MSS e TM, requerem um tempo finito para fazer a obtenção de uma linha da imagem. Enquanto o fazem o satélite está em movimento, alongando a linha. O tempo de obtenção duma linha de imagem no MSS é de 33 ms (milissegundos) (RICHARDS, J.A. (1993, p. 54)), durante esse tempo o satélite deslocou-se para a frente 213 m a uma velocidade de 6.467 Km/s em relação à superfície, como tal o fim da linha adquirida está avançado comparado com o seu início.

Variações de altitude, velocidade e atitude da plataforma

Neste tipo de distorção a fonte do erro é introduzida pela própria plataforma, que embora tenha uma grande estabilidade, pode estar sujeita a variações da altitude da sua órbita, da sua velocidade ou da orientação de qualquer um dos seus três eixos (Figura 3.21): rotação (roll), inclinação longitudinal - perpendicular ao eixo da trajectória (pitch) - e rotação em torno do eixo vertical (yaw).

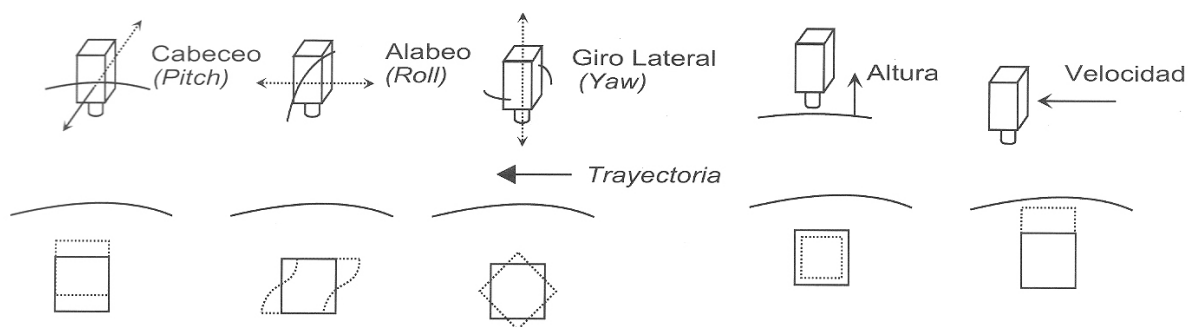


Figura 3.21 – Fontes de erro geométrico, sob os esquemas o efeito da deformação (CHUVIECO, E. (1996, p. 250)).

Existem duas técnicas distintas para corrigir os vários tipos de distorção geométrica. Uma consiste em utilizar modelos da natureza e magnitude das deformações para estabelecer uma fórmula de correcção; a outra consiste no estabelecimento de relações matemáticas entre as coordenadas dos pixels da imagem e as coordenadas correspondentes no terreno, através de um mapa que se considera geometricamente correcto. Será esta a técnica utilizada.

O primeiro passo é a escolha da cartografia de base, neste caso a Carta Militar 1:25.000 dada a sua grande escala e rigor, bem como pela sua actualidade, pois a área de Mértola teve uma actualização e revisão das cartas em 1985. Actualização essa baseada no voo de Abril 1985, que está disponível, e será utilizado para foto-interpretação e verificação dos resultados das classificações. Reúne-se assim um conjunto significativo de vantagens, a nível da correcção geométrica e tratamentos posteriores, bem como de algum trabalho de campo já efectuado.

O passo seguinte é definir dois sistemas cartesianos de coordenadas: um descreve a localização dos pontos no mapa (x, y), o outro define a localização dos pixels na imagem. Se os dois sistemas de coordenadas se puderem relacionar funcionalmente e se estas funções forem conhecidas, pode-se construir uma versão geometricamente correcta da imagem. Define-se uma grelha no mapa, que pode ser um dos seus sistemas de coordenadas, procedendo-se à identificação de pixels na imagem que correspondam a pontos conhecidos no mapa. Desta forma, fazem-se corresponder aos pixels coordenadas geométrica e planimetricamente correctas.

Faltam ainda duas fases na correcção, depois da localização de pontos comuns na imagem e no mapa (ou noutra imagem de referência), tem que se proceder ao cálculo das funções de transformação (geralmente polinómios de 2º ou 3º grau), entre as coordenadas da imagem e as do mapa, sendo que o último passo é a transferência dos números digitais originais da imagem para a sua nova posição, definida pela transformação prévia (RICHARDS, J.A. (1993, p. 263)). Antes de se passar à segunda fase importa analisar, um pouco, a questão da escolha dos pontos e do sistema de coordenadas, pois existem inúmeras possibilidades e a escolha deve ser devidamente justificada e acautelada.

A identificação de pontos comuns consubstancia-se na escolha de pontos de controlo no terreno (Ground Control Points – GCP's). Se o cálculo da função de transformação cartográfica se baseia nos GCP's, a qualidade da determinação da função e posterior ajustamento vai depender da precisão com que se localizaram esses pontos, bem como da representatividade dos erros geométricos na imagem que esses pontos permitem. É portanto uma fase delicada e crucial do processo de correcção, sobretudo quando se trabalha com múltiplas imagens, cuja sobreposição deve ser o mais rigorosa possível. Neste caso, tanto os pares de imagens representativos de cada ano agrícola, como os vários pares dos vários anos.

A selecção dos pontos de controlo deve obedecer a critérios de quantidade, localização e distribuição. Em termos da quantidade, quanto maior (especialmente) for a área a corrigir, ou a imagem, maior deverá ser o número de pixels pois, como se viu a propósito das distorções, os erros de perspectiva, angulares e outros, aumentam também com imagens maiores (maior ângulo de visão do sensor). Outro aspecto prende-se com a topografia da área. Quanto mais “rugosa” e topograficamente diferenciada mais complexa terá que ser a função de transformação, pois existem desníveis e variações angulares significativas entre o sensor e a superfície. Não existe um número ideal, mas o National Research Center do Reino Unido (DAVISON (1984), G.J. citado por CHUVIECO, E. (1996, p. 263)), utiliza 100 a 120 pontos para uma imagem TM inteira, embora a maioria dos utilizadores utilize muito menos pontos.

Quanto à localização dos pontos de controlo, importa identificar pixels radiometricamente muito distintos da envolvente, sobretudo relativos a objectos humanizados na Paisagem, infra-estruturas várias (caminho de ferro, estradas, cruzamentos, pontes, barragens, aeroportos, etc.). Deve-se evitar a todo o custo áreas sujeitas a variações estacionais, como sombras, pois estas podem variar em diferentes datas, e planos de água ou áreas costeiras, porque neste caso o nível dos planos ou as marés podem induzir profundamente em erro quando se tenta identificar os pontos. Todo o tipo de objectos que sejam temporalmente muito estáveis e, sobretudo, que apresentem grande contraste com os pixels vizinhos são ideais. A título de exemplo, foram utilizados também topos de relevos com antenas implantadas – há um grande contraste entre o solo a nu e os pixels à volta – bem como canais, pontos máximos de brilho em leitos secos e todo o tipo de estruturas humanas, facilmente identificáveis e cujas coordenadas pudessem ser determinadas com a máxima precisão possível no mapa.

Quanto à distribuição dos pontos de controlo, esta deve ser o mais uniforme e homogénea em termos de distribuição espacial, evitando assim erros derivados duma demasiada concentração e ponderação em determinada área. O ideal é uma malha mais ou menos regular, a toda a extensão da imagem. A realização da escolha e identificação de pontos é, conseqüente e claramente, uma tarefa extremamente árdua, pois a exactidão final da correcção depende totalmente do rigor com que esta escolha dos pontos é feita.

A metodologia escolhida para esta primeira fase da correcção geométrica foi a seguinte:

- Identificação dos pontos na imagem com maior contraste entre os aspectos minerais e vegetais (Outubro de 1995). Como já foi referido e debatido, a secura era muito grande depois de vários anos com pouca chuva, não tendo chovido quase nada até à obtenção da imagem durante todo o Verão e início do Outono. Desta forma, todo o tipo de objectos construídos apresentam o máximo contraste com o “fundo”, em grande parte seco, da vegetação. Esta vegetação está, também, no seu mínimo de desenvolvimento vegetativo teórico, implicando isso um mínimo de sombras e um mínimo de “confusão” de objectos minerais com o domínio vegetal;
- Escolha do sistema de coordenadas UTM para identificação no mapa. Desta forma, depois da transformação geométrica da imagem, esta ficará não só corrigida geometricamente como geo-referenciada. Adiante serão explicadas as razões da escolha do sistema de coordenadas, suas características e vantagens;
- Opção pela identificação de 150 pontos, respeitando o máximo possível a preocupação com a sua qualidade em termos de identificação, bem como distribuição espacial;
- Opção pela correcção “imagem a imagem” das imagens restantes, ou seja, investir o máximo de tempo e rigor possível na correcção de uma imagem a partir do mapa, que é muito mais demorada e complicada, verificar e melhorar, se necessário, a correcção e, posteriormente, registar as restantes imagens não corrigidas à já corrigida.

A partir da definição da metodologia, o procedimento consiste em identificar pontos suficientemente distintos na imagem e procurar, seguidamente, localizá-los no mapa. Se houver uma boa qualidade do ponto, porque se distingue e porque o grau de certeza quanto à sua identificação na imagem e no mapa é máxima, marca-se na imagem esse ponto e atribui-se-lhe as respectivas coordenadas. Este procedimento é possível através de rotinas específicas nos vários pacotes de Software disponíveis, neste caso utilizou-se o Envi 3.0 (32 Bits) para Windows. Não faria sentido mostrar, ou pormenorizar, os aspectos mais técnicos e específicos relacionados estritamente com o Software, pois este estudo pretende ser um exercício acima de tudo metodológico e, garantidamente, todos os pacotes actuais de processamento de imagem possuem as suas próprias rotinas de “registo de imagem a mapa”, sob esta ou outras designações. Como não se aprofundará a “mecânica” do Software, salvo quando as escolhas metodológicas obriguem a uma abordagem e maior análise dos algoritmos específicos do Envi 3.0, ou de outro pacote de Software utilizado.

Identificaram-se então 150 pontos, com localizações diversas, com a melhor distribuição espacial possível, com alguma concentração na área envolvente do Concelho de Mértola e tentando – sempre – maximizar o grau de rigor (Figura 3.22). O sistema de coordenadas atribuído foi a quadrícula quilométrica UTM, no Fuso 29 – Elipsóide Internacional (Zona 29 S), Datum Europeu. Preferiu-se este sistema por três razões. Por um lado a quadrícula quilométrica portuguesa, ponto de origem a Sudoeste do Cabo de São Vicente, não era reconhecida pelo Software, como tal optou-se pelo Datum Europeu (1950 – Origem em Potsdam), esse sim reconhecido. Tentou-se, em vão, introduzir os parâmetros do Datum de Lisboa, mas não foi possível resolver o problema a nível de Software.

A segunda razão é de ordem eminentemente prática, pois é mais rigoroso calcular as coordenadas de um ponto no mapa através da quadrícula quilométrica, o sistema é métrico e não em graus, minutos e segundos, como tal há menos probabilidade de erros e a determinação das coordenadas é mais intuitiva. O rigor conseguido é também maior, pois consegue-se com uma régua apropriada identificar metades de milímetro, o que representa à escala, directamente, cerca de 12.50 metros, que são menos de metade da dimensão espacial dum pixel. Também este facto contribui para maior rigor, menos tempo de cálculo e menos probabilidade de erro.

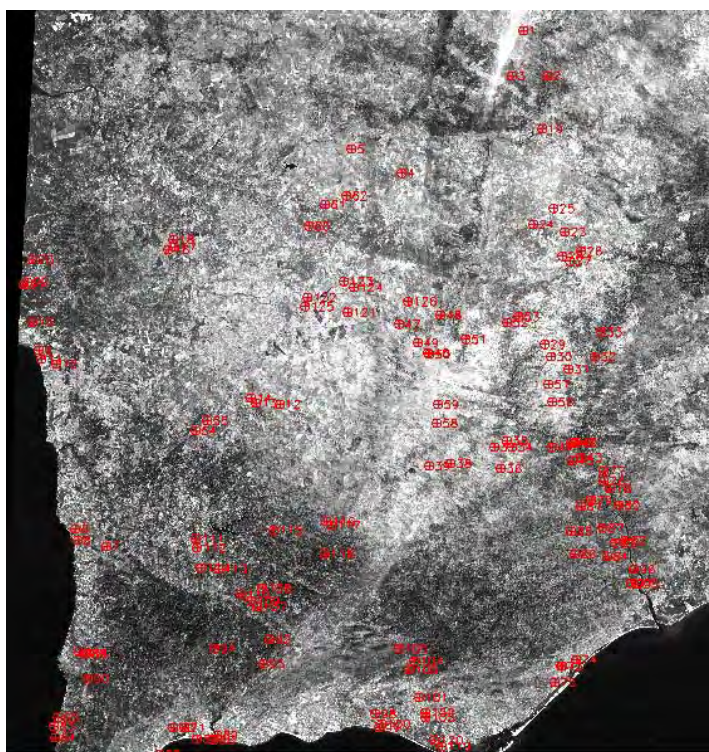


Figura 3.22 – Pontos de controlo no terreno, Banda 3, Outubro de 1995, imagem bruta.

Convém recordar que a imagem é um mosaico, com uma resolução espacial de 30 metros, estando bastante condicionada a escolha de objectos. Se forem demasiado grandes torna-se difícil identificar que pixel corresponde a um conjunto de coordenadas e se, pelo contrário, o objecto for muito

pequeno, pode nem ser suficientemente significativo radiometricamente para ser representado por um pixel que se destaque suficientemente da envoltória .

A terceira razão prende-se com a possibilidade de compatibilizar os registos GPS (Global Positioning System) do trabalho de campo com o sistema de coordenadas final da imagem. Também no caso do GPS o Datum nacional não existe, o Europeu sim, bem como o WGS 84 (World Geodetic System). Utilizar o UTM Datum Europeu permitirá, também, a identificação rigorosa das áreas teste escolhidas, cujas coordenadas foram determinadas na Carta Militar e com GPS. As probabilidades de erro na sua transposição para a imagem final corrigida são, assim, minimizadas.

Neste ponto torna-se importante, essencial até, abordar a questão do Sistema UTM, das projecções cartográficas, Elipsóides e Datums, mesmo que de uma forma talvez demasiado sintética e estritamente relativa às escolhas adoptadas. O uso da Teledeteção e dos SIG's implica o conhecimento destes conceitos, mas infelizmente o não domínio destas temáticas pode gerar graves imprecisões cartográficas, comprometer a validade da produção de cartografia temática e, até, comprometer o próprio tratamento digital de imagem de satélite.

Caso se usem parâmetros incorrectos, e/ou não sejam completamente compatíveis os sistemas de coordenadas e Datums dos vários documentos (imagens, mapas, pontos de controlo, áreas teste e coordenadas GPS), está comprometido à partida o rigor final. Diga-se de antemão que, por diferenças de Datum, ocorreram sérios problemas para fazer coincidir o limite administrativo do Concelho de Mértola com a imagem rectificada. A resolução desse problema será mencionada em devido tempo, aquando da fase de extracção da área de estudo a partir da imagem inteira.

Começando pelo sistema de coordenadas, que é cartesiano (x, y). O sistema UTM (Universal Transverse Mercator), consiste num “sistema de grelha” que divide o planeta, entre 80° N e 80° S, em colunas com 6° de largura de longitude (Figura 3.23) (esta secção é adaptada de ROBINSON, A.H.; MORRISON, J.L. *et al* (1995, pp. 101-107) e STRAHLER, A.N. (1986, pp. 51-53)). Estas colunas denominam-se Zonas, numeradas de 1 a 60 no sentido Este, começando no meridiano 180. Cada coluna é dividida em quadriláteros de 8° de latitude, sendo-lhes atribuídas letras de C a X (omitindo o I e o O), de Sul para Norte, a partir do paralelo 80° S. Assim cada quadrilátero tem uma designação número – letra, como para o Sul de Portugal (Zona 29 – S).

A origem deste sistema de coordenadas está na intercepção de um meridiano central com o Equador. Por forma a que os valores Este aumentem sempre, dentro da mesma Zona, é atribuído ao meridiano central o valor 500.000 metros Este (mE). Ao Equador é atribuído o valor 0 metros Norte (mN) aumentando até ao paralelo 80° N. Quando se conta para Sul, o Equador tem um valor arbitrário 10 milhões de metros Norte, diminuindo até ao seu valor mínimo no paralelo 80° Sul (ver valores na Figura 3.23).

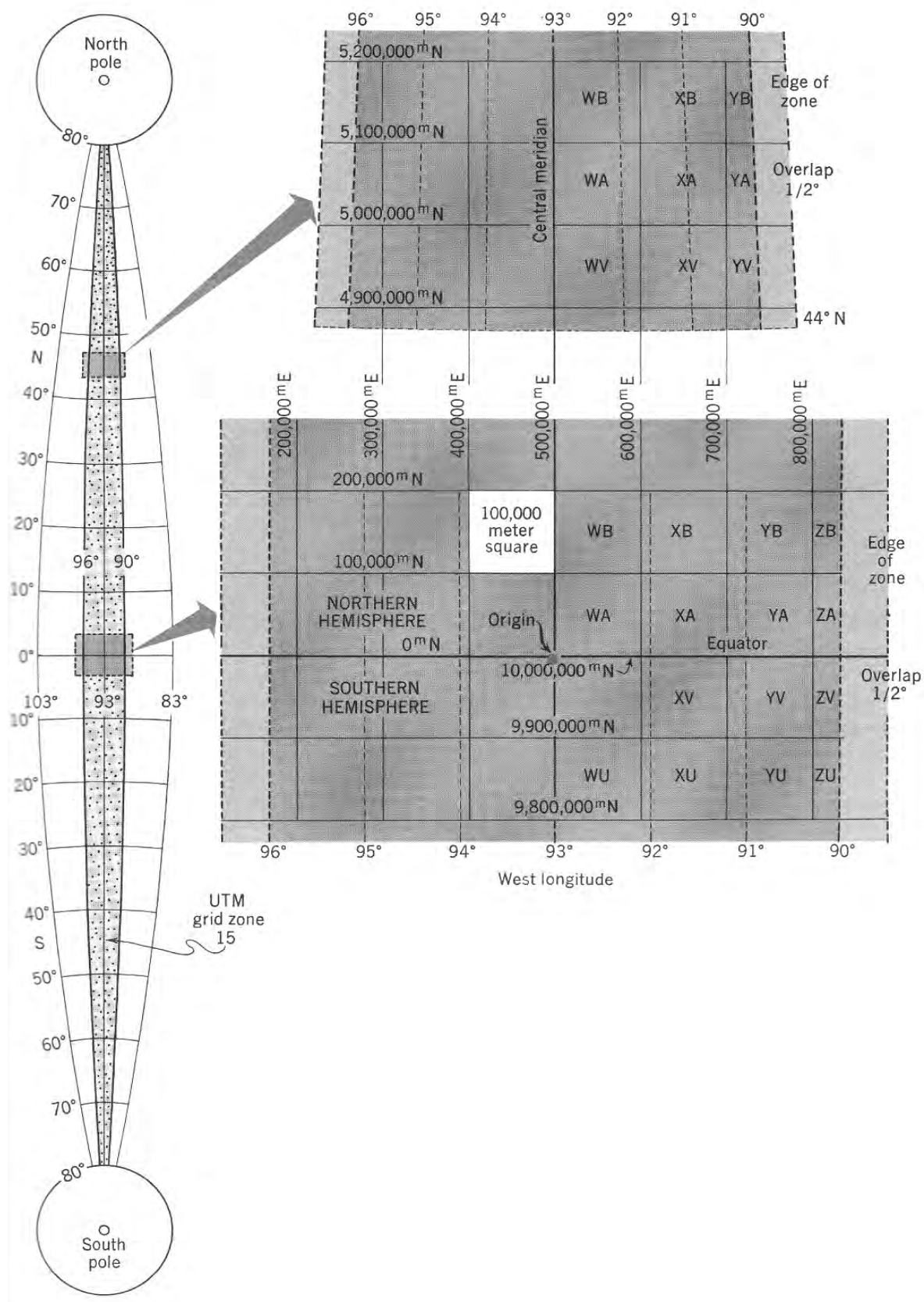


Figura 3.23 – Grelha UTM perto do Equador e a 45° Norte (STRAHLER, A.N. (1986, p. 53)).

Cada quadrilátero de 6° de longitude por 8° de latitude é dividido em quadriláteros de 100.000 metros de lado, que são designados por uma combinação de letras, pensadas por forma a só se repetirem de 18° em 18° de latitude. Dentro de cada um destes quadriláteros pode-se especificar um valor para Este e para Norte até cinco dígitos. Teoricamente este sistema de coordenadas é correcto até resoluções de um metro, logo é particularmente adequado a mapas de escala relativamente grande, como a Carta Militar 1:25.000. Desta forma, conforme se pode ver na Figura 3.23, qualquer coordenada é expressa metricamente, para cada quadrado de 100.000 metros nas zonas respectivas.

Um exemplo: na Carta Militar 567 Pomarão (Mértola), Zona 29 S, quadrado de 100.000 metros PB, as coordenadas UTM aproximadas da povoação do Pomarão são 630,480 mE, 4157,760 mN. Ou seja, 130 quilómetros e 480 metros Este do meridiano de referência e 4157 quilómetros e 760 metros Norte do Equador. Respeitando esta nomenclatura, neste sistema de coordenadas, os valores são atribuídos aos pontos de controlo identificados na imagem cujas coordenadas foram extraídas do mapa.

A projecção cartográfica utilizada para este sistema de coordenadas é a Projecção Transversal de Mercator (PTM), projecção que a imagem rectificadora irá ter, embora a projecção cartográfica das Cartas Militares seja Gauss. Sem aprofundar questões matemáticas e aspectos relacionados com projecções, pode dizer-se simplifadamente que a PTM parte do seguinte princípio: um cilindro tangente ao globo ao longo de um par de meridianos opostos (Figura 3.24 (A)). A escala só é constante, num mapa, no meridiano central, mas se o cilindro cortar a superfície do globo (B), interceptando-o em dois círculos menores, a escala mantém-se constante sobre essas duas linhas.

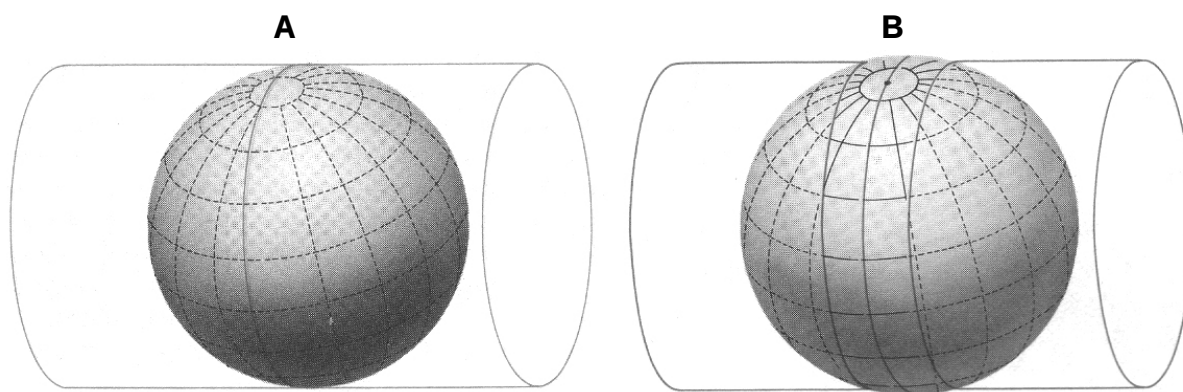


Figura 3.24 – Projecção Transversal de Mercator e respectivo cilindro tangente (a) e secante (b) (STRAHLER, A.N. (1986, pp. 34-36)).

Para efeitos do sistema de coordenadas UTM, as duas linhas de igual escala estão separadas por 360.000 metros, os 6° de Longitude de cada Zona UTM correspondem a duas vezes este valor, sendo que as variações de escala são mínimas num arco tão pequeno, este tipo de projecção cartográfica torna-se ideal para representar cartograficamente fenómenos a grande escala. A variação máxima da área cartografada varia entre 1.00158 nos limites exteriores e 0.99960 no meridiano central da Zona (ROBINSON, A.H.; MORRISON, J.L *et al* (1995, p. 105)) (Figura 3.25).

O elipsóide referido nos documentos cartográficos diz respeito, simplificadamente, ao grau de achatamento da Terra e respectivas medidas de raio e circunferência. Embora Newton tenha previsto que em função da força gravítica os pólos deveriam ser ligeiramente achatados, isso só foi demonstrado no século XVIII, tendo até à actualidade sido feitas cerca de 20 determinações dessa medida, que variam entre 1/300.8 e 1/298.25 (ROBINSON, A.H.; MORRISON, J.L *et al* (1995, pp. 44-45)).

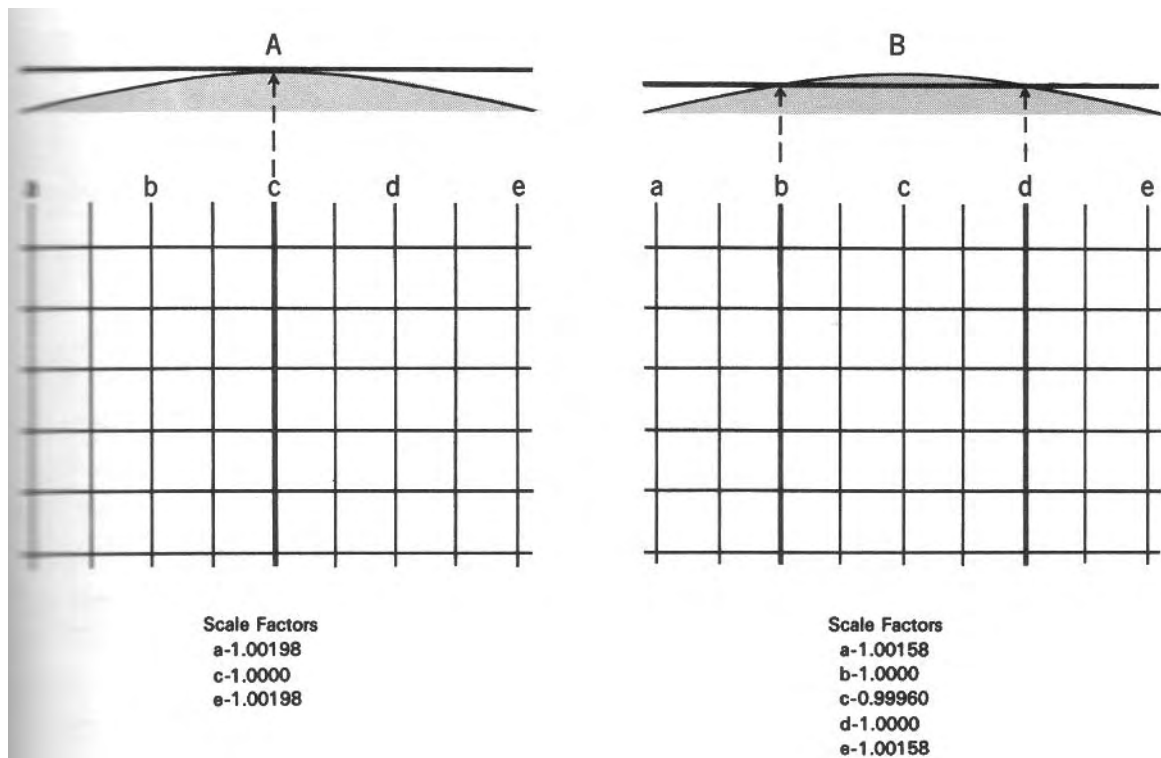


Figura 3.25 – Diferença das deformações de escala nas Projecções Transversais de Mercator usadas como base para o Sistema de Coordenadas UTM. (A) cilindro tangente e (B) cilindro secante, factores de escala (deformação) sob cada imagem (ROBINSON, A.H.; MORRISON, J.L *et al* (1995, pp. 44-45)).

Um Datum é um modelo matemático da Terra, usado para calcular as coordenadas num mapa. Este modelo inclui um conjunto de parâmetros de definição, que constituem a base para o cálculo das posições geográficas à superfície da Terra. Os parâmetros incluem as dimensões do elipsóide de referência e as coordenadas de um ponto de origem, sendo na maioria dos casos criados para uso exclusivo em áreas específicas do globo. No entanto, o WGS 84 pode ser utilizado globalmente, baseia-se num cálculo próprio do elipsóide, o melhor até agora, feito com base em medições excepcionalmente precisas a partir de satélites, tendo o seu ponto de origem no centro de massa da Terra.

Os Datums são essenciais porque, para se representar rigorosamente posições horizontais em mapas, é necessário um modelo matemático da Terra que considere a sua dimensão e forma. Como tal é essencial saber qual o Datum utilizado na cartografia que se utiliza, pois as coordenadas de um ponto variam de Datum para Datum, embora se possam efectuar conversões de Datums. Estas conversões são realizadas através de algoritmos extremamente sofisticados. O Instituto Geográfico do Exército dispõe de uma página na Internet onde se podem fazer interactivamente estas conversões ³³.

Visto que o Datum de Lisboa não existe em nenhum Software a que se teve acesso, embora nalguns se possam criar e editar os parâmetros dos Datums, trabalhou-se com o WSG 84, pois é nele que se baseia o Sistema GPS. Desta forma tornam-se compatíveis as coordenadas obtidas no campo (GPS) com a projecção final da imagem rectificada, depois de convertida do Datum Europeu para WSG 84. No entanto, para posterior integração com “overlays” temáticos do Instituto Geográfico do Exército, que utiliza o Datum de Lisboa, terão que se fazer correcções e conversões a partir do WSG 84. Não o fazer pode implicar diferenças, até centenas de metros, na localização de objectos em diferentes peças cartográficas, o que se verificou na fase de sobreposição do limite administrativo do Concelho à imagem.

Após a apresentação destes aspectos, necessários e essenciais, embora abordados de uma forma breve e sintética, pode-se voltar aos pontos de controlo no terreno. Depois de identificados os 150 pontos e atribuídas as respectivas coordenadas, o Software calcula automaticamente o polinómio (geralmente de 2º grau) que representa a função de transformação cartográfica.

Se as coordenadas do ponto no mapa forem (x, y) e as coordenadas que definem a localização do pixel (u, v), então haverá uma função f e g responsável pela transformação das coordenadas para correcção geométrica:

$$u = f (x, y)$$

$$v = g (x, y)$$

A função de transformação será, neste caso para um polinómio de 2º grau:

$$u = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 + a_5 y^2$$

$$v = b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 + b_5 y^2$$

Uma vez que o número de pontos é muito grande, por se tratar de uma imagem inteira, o polinómio deve ser de 2º grau e não uma função linear. Deve ser somente de 2º grau porque, quanto maior for o grau do polinómio mais se irá ajustar a função à diversidade e não correlação dos pontos, uma função cúbica extrapolaria de uma forma muito afastada da tendência linear.

³³ <http://www.igeoe.pt/nova/po/transform/transform.htm>

Depois do primeiro cálculo, cujos resultados são idênticos em formato ao Quadro 3.11, retiraram-se todos os pontos que tinham um erro RMS superior a 0.8, recalculando-se de seguida para os 126 pontos finais a considerar para a correcção geométrica. Qual é então o significado deste Quadro ? Na primeira coluna estão as coordenadas efectivas do objecto identificado no mapa, na segunda as na imagem e depois as respectivas coordenadas geográficas atribuídas. O valor estimado resulta do cálculo efectuado pelo polinómio, que por sua vez foi construído com base nas diferenças entre as coordenadas reais e as da imagem, ou seja, a “dimensão” da deformação. O erro, quinta coluna, é a diferença de coordenadas na imagem entre o resultado do polinómio (estimado) e o valor real, sendo que a unidade é o pixel.

O RMS (Root Mean Square) total é o erro médio quadrático, calculado como a raiz quadrada dos desvios entre os valores observados e os valores estimados, são os residuais:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{X}_i - X)^2 + (\tilde{Y}_i - Y)^2}{n}}$$

Ponto	(Mapa X,Y)	(Imagem X,Y)	(Estimado X,Y)	(Erros X,Y)	RMS
#1	(638900.00,4198900.00)	(4559.09,2085.27)	(4558.84,2085.17)	(-0.25,-0.10)	0.27
#2	(636162.50,4197125.00)	(4478.45,2158.55)	(4478.65,2158.76)	(0.20,0.21)	0.28
#3	(634487.50,4198387.50)	(4416.50,2126.58)	(4416.66,2126.47)	(0.16,-0.11)	0.20
#4	(627737.50,4180125.00)	(4295.50,2765.20)	(4295.30,2765.05)	(-0.20,-0.15)	0.25
#5	(640150.00,4180800.00)	(4699.78,2674.44)	(4699.43,2674.08)	(-0.35,-0.36)	0.50
----	----	----	----	----	--
#121	(630775.00,4158075.00)	(4516.50,3474.60)	(4516.36,3474.13)	(-0.14,-0.47)	0.49
#122	(631500.00,4154425.00)	(4559.64,3590.57)	(4560.25,3590.27)	(0.61,-0.30)	0.68
#123	(625612.50,4157725.00)	(4348.43,3514.21)	(4348.67,3514.26)	(0.24,0.05)	0.24
#124	(629470.00,4154075.00)	(4495.33,3613.33)	(4495.48,3613.04)	(0.15,-0.29)	0.33
#125	(602212.50,4182490.00)	(3443.36,2828.55)	(3443.59,2828.56)	(0.23,0.01)	0.23
#126	(596950.00,4189680.00)	(3231.14,2620.93)	(3231.11,2620.98)	(-0.03,0.05)	0.05

Erro Total RMS = **0.41622**

1995.10 - Mapa a Imagem

Quadro 3.11 – Pontos de controlo do terreno, residuais e RMS por ponto.

Resulta claro que, quanto menor o RMS, maior o grau de ajustamento e correcção geométrica da imagem. Visto que o RMS total é de 0.41622, correspondendo esse valor em termos espaciais a essa porção de um pixel, sensivelmente 12.50 metros, a escolha dos pontos e o ajuste que possibilitam é

ótimo. Ótimo porque, por um lado, é muito difícil identificar com exactidão coordenadas numa carta 1:25.000 com menos do que meio milímetro de erro (12.5 metros), por outro, porque tendo o pixel 30 metros de largura e altura, seria irrealista ter uma precisão maior, pois a posição efectiva do objecto no terreno, que deu “origem” ao pixel, seria impossível de determinar no seu interior. Este valor também só é possível porque o pacote de software utilizado (Envi 3.0) permite funcionalidade a nível do sub-pixel, ou seja, as unidades de medida são contínuas e não discretas, pixel a pixel. Desta forma foi possível marcar, quase sempre, os pontos no centro do pixel.

Estando validados os pontos escolhidos deve passar-se à terceira e última fase, a transferência dos números digitais originais da imagem, para a sua posição corrigida. Isto porque as funções de ajustamento e correcção permitem calcular a posição correcta de cada pixel, mas não originam por si uma nova imagem, pois pressupõem somente a deslocação de coordenadas e não dos valores dos pixels. Ou seja “com estas funções de transformação pode criar-se uma nova matriz, correctamente posicionada, mas vazia. O «enchimento» desta matriz é, precisamente, o objectivo da última fase da correcção geométrica” (CHUVIECO, E. (1996, p. 271)).

Segundo CHUVIECO, E. (1996, pp. 271-272), o problema é mais complexo do que parece, “pois cada pixel da imagem corrigida deveria corresponder a um pixel da imagem original, no entanto não é assim, pois na maior parte dos casos o pixel da nova imagem situa-se entre vários do original, já que este processo pressupõe uma alteração considerável da geometria original da imagem. Por outro lado, pode também variar-se o tamanho do pixel na imagem corrigida, tornando ainda mais complexo encontrar o número digital que melhor expressa o valor radiométrico originalmente detectado pelo sensor”.

Por este facto, o pré-processamento pode ter efeitos indesejáveis sobre os números digitais, logo nas classificações baseadas nesses dados, embora isto seja sobretudo verdade para estudos radiométricos “puros”. Há uma alteração efectiva dos dados, em relação aos valores originais, podendo estas operações afectar os valores médios, variâncias e covariâncias das bandas. No entanto, segundo CAMPBELL, J.B. (1996, pp. 309-310), “esta evidência é indirecta e têm existido poucos estudos que, sistematicamente, examinem os efeitos efectivos das operações de pré-processamento sobre os resultados finais das análises”.

Como se pode ver na Figura 3.26, existem vários procedimentos possíveis para a transferência dos valores dos pixels para a sua posição corrigida. A técnica do vizinho mais próximo (Nearest Neighbour), atribui pura e simplesmente o pixel mais próximo ao espaço correspondente da nova matriz geometricamente corrigida, tendo como principal desvantagem introduzir deformações visuais em objectos lineares na imagem. A interpolação bi-linear (Bilinear Interpolation) atribui ao espaço da matriz a média dos quatro pixels mais próximos do original, os pixels mais próximos têm mais peso e, embora não distorça tanto os objectos lineares da imagem, acaba por ter um efeito de esbatimento do contraste na imagem final.

A terceira técnica é a da convolução cúbica (Cubic Convolution), em que são considerados os números digitais dos 16 vizinhos mais próximos. É o procedimento que assegura de longe o “efeito visual mais correcto, o que é importante quando se pretende fazer análise e interpretação visual da imagem” (CHUVIECO, E. (1996, p. 272), mas também CAMPBELL, J.B. (1996, pp. 302-302) e RICHARDS, J.A. (1993, p. 60) defendem a mesma posição). O revés desta vantagem é o facto de implicar um volume muitíssimo maior de cálculo e ser, dos três procedimentos possíveis, o que mais pode, potencialmente, alterar os valores originais. No entanto, em função das vantagens para interpretação visual e pelo facto de não se estar na presença de um estudo de Teledeteccção “física”, mais orientado para questões radiométricas e de interacção matéria – radiação, é totalmente válido para aplicação.

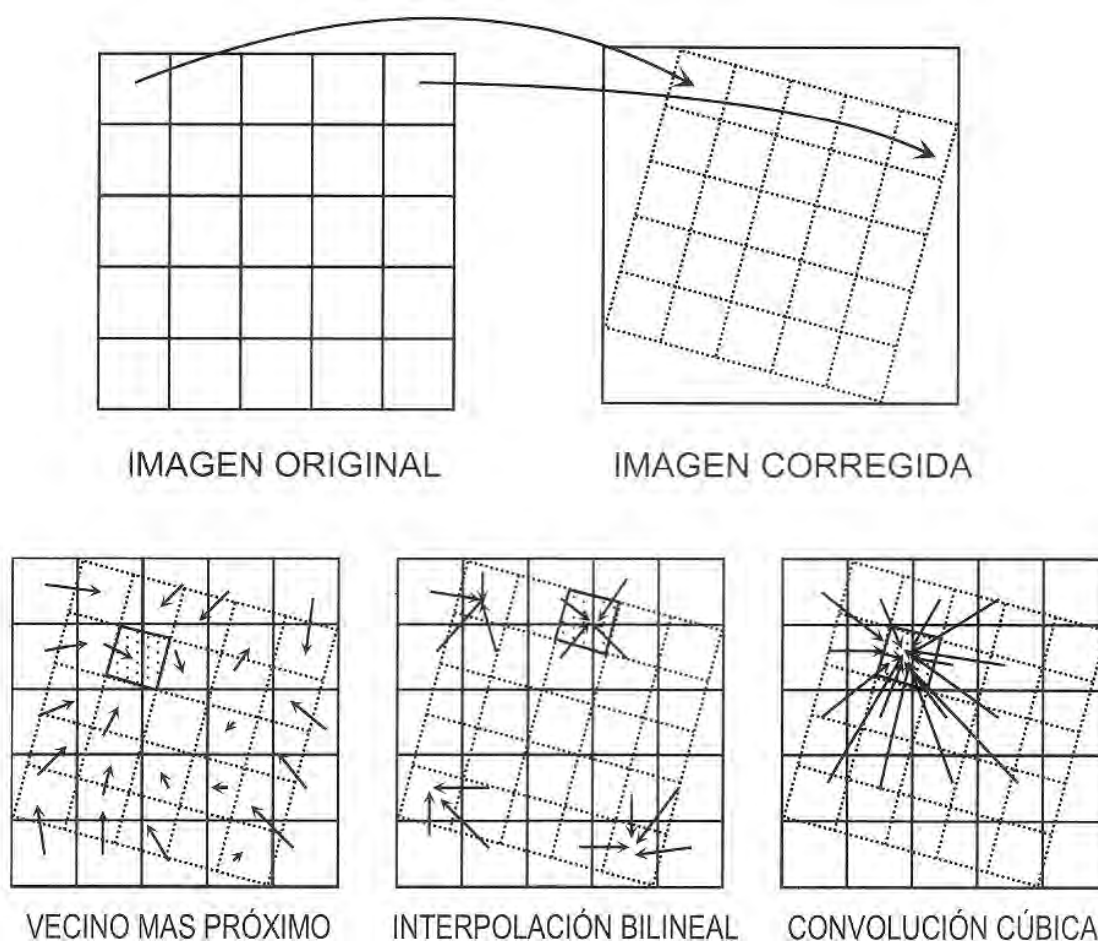


Figura 3.26 – Procedimentos para transferência dos números digitais da imagem para a sua posição corrigida (CHUVIECO, E. (1996, p. 271)).

Procedeu-se, então, à transferência dos valores dos pixels para a sua posição corrigida, utilizando a técnica da convolução cúbica. Como se pode ver na Figura 3.27, a porção de território nacional coberta passa a fazer muito mais “sentido”, em termos de forma, face às representações cartográficas que se têm interiorizadas. O grau de deformação era bastante grande e, conforme explicado a propósito das deformações das imagens, havia uma deslocação para Este e um efeito significativo de perspectiva no sentido Sul – Norte. Além de geometricamente corrigida a imagem passou a estar geo-

referenciada, a projecção é Transversa Mercator, Elipsóide Europeu, Datum Europeu 1950, Sistema de Coordenadas UTM, correspondendo à Zona 29 S, Quadrado PB.

A imagem rectificada foi verificada, escolheu-se uma série de pontos mais ou menos aleatórios (cerca de 250) e verificou-se se as coordenadas desse ponto na imagem correspondiam às coordenadas respectivas nas cartas topográficas 1:25.000. Os resultados foram excepcionalmente satisfatórios, com um erro maior (mínimo) em áreas de maior elevação, como a Serra de Monchique e áreas mais elevadas da Serra Algarvia. Na área de Mértola, por ser mais plana e ter tido maior ponderação de pontos os resultados, foram muitíssimo satisfatórios.

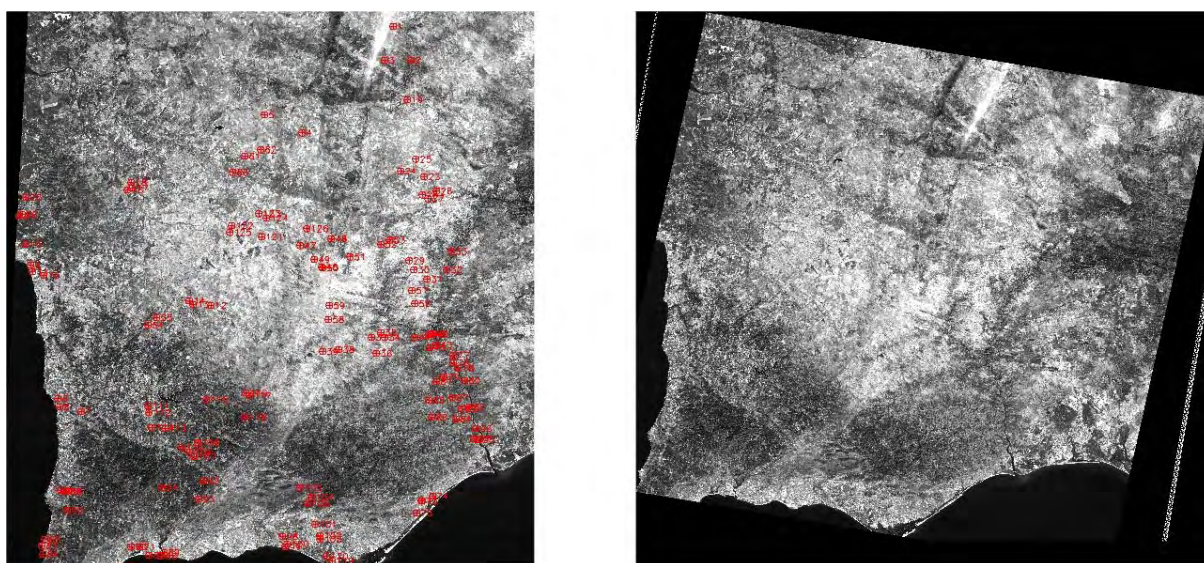


Figura 3.27 – Imagem não corrigida, à esquerda, e imagem rectificada geometricamente à direita, Outubro de 1995, Banda 3.

Estando assim validada a correcção geométrica da imagem, pôde passar-se à fase seguinte, registar as restantes imagens (1985, Março de 1995, 2000 e 2001) a esta imagem, tendo-se começado pela de 1995, passando depois às outras, par a par. Neste caso o procedimento de identificação dos pontos nas duas imagens é relativamente mais fácil, pois não implica a consulta dos mapas e cálculo das coordenadas, o Software permite a existência de duas janelas abertas, cada um com uma imagem, e o registo é feito identificando pixels comuns numa e noutra. As coordenadas atribuídas provêm da imagem já corrigida, que passa assim a ser a “base”.

Os valores de RMS variaram entre 0.37 e 0.51 (Quadro 3.12), o que pode ser considerado excelente, tendo sobretudo em conta que se modificou a geometria da imagem de base, corrigida, implicando isso que a identificação de alguns pontos poderia ser dificultada. Neste caso os critérios de selecção dos pixels comuns basearam-se, sobretudo, em encontrar pixels únicos de contraste máximo com a envolvente. Marcaram-se também, em todas as imagens, 150 pontos que depois foram reduzidos por exclusão dos que apresentavam individualmente os RMS mais elevados.

	1985-04	1985-09	1995-03	1995-10	2000-10	2001-04
RMS	0.3795	0.4943	0.5152	0.4162	0.3282	0.3852

Quadro 3.12 – Valores RMS para a correcção das várias imagens, 1995-10 registado a mapa e as restantes registadas à imagem corrigida de 1995-10.

O procedimento seguinte foi efectuar à sobreposição das imagens, por forma a verificar o grau de “ajustamento” e rigor de sobreposição entre elas. Os desvios encontrados foram mínimos em todas as imagens, variando ao longo da imagem o que implica que, a existir um erro mínimo de correcção, ele não era generalizado a toda a imagem, não constituindo por isso um desvio num “único sentido”. Depois de um longo processo, exclusivamente visual, de comparação e sobreposição das imagens, concluiu-se que os erros, da ordem de um pixel, eram devidos a condições locais. Saliente-se que, quando sobrepostas, as imagens passam a coincidir pixel a pixel em toda a sua extensão. A comparação visual é permitida, no Software utilizado, por uma pequena janela que sobrepõe, nessa área, uma imagem à outra, permitindo encontrar na sua margem desvios entre as imagens.

Estes desvios entre objectos das imagens foram encontrados, quase exclusivamente, em estradas e linhas de água relativamente encaixadas, o que implica que os desvios mínimos se devem eminentemente a diferenças de sombra entre diferentes datas no mesmo ano e diferentes anos. Grande parte das estradas principais estão ladeadas por árvores relativamente grandes, o que pressupõe que se tornam perceptíveis, enquanto pixels, mais pela extensão e significado espacial das árvores e sua sombra do que pela largura efectiva do tapete de alcatrão, ou porção de terra batida. Como tal, há uma aparente deslocação dos pixels.

Passa-se o mesmo com algumas linhas de água mais encaixadas. Nesse caso é a projecção da sombra no vale que, ao variar de imagem para imagem, dá quase que uma ilusão de deslocamento dos pixels e de não sobreposição correcta. Pode-se afirmar isto categoricamente porque em torno destas áreas, sobretudo através da verificação das linhas de divisão das propriedades, que não têm sebes de qualquer tipo, as imagens não apresentam qualquer erro de sobreposição. Se o erro fosse geral, ou mesmo localizado, isto não aconteceria na vizinhança directa de áreas onde existem pequenos desvios.

Considera-se, portanto, que o processo de correcção geométrica e geo-referenciação está concluído, tendo-se obtido um conjunto de imagens cem por cento compatíveis em termos de coordenadas, podendo portanto ser utilizadas com toda a segurança como conjunto multi-temporal de imagens. A diferença residual entre os cem por cento e o valor real fica a dever-se, certamente, às próprias características da imagem, pixels de 30 metros, bem como às limitações físicas e visuais de identificar as coordenadas no mapa com mais rigor.

O passo seguinte, último em termos de pré-processamento no contexto deste trabalho, é a extracção exacta e precisa da área do Concelho de Mértola a partir das imagens. Em teoria é simples, é necessário um ficheiro vector geo-referenciado com o limite administrativo do Concelho, com rigor garantido, que possa ser sobreposto às imagens. Esse ficheiro foi obtido na Internet, a Carta Administrativa de Portugal, e foi posteriormente “retirado” somente o limite do Concelho de Mértola. Uma vez que esta informação cartográfica é da autoria do Instituto Geográfico do Exército, o seu rigor cartográfico está, claramente, garantido.

Tentou-se, então, a sobreposição deste ficheiro vector (formato DGN) à imagem. O resultado deveria ser a sobreposição precisa da linha do limite de Concelho ao espaço que constitui, de facto e no terreno, esse mesmo limite. O resultado foi tudo menos satisfatório, pois o limite do ficheiro estava longe (cerca de 300 metros no sentido Nordeste) de coincidir com o limite no terreno. No entanto, a forma do limite era exactamente a que a imagem apresentava, ou seja, deslocando o limite sobre a imagem ele coincidia com uma perfeição notável, implicando isso que a correcção geométrica da imagem estava correcta. Esse rigor era tão grande que áreas de limite do Concelho como pequenas estradas, linhas de água, porções do leito em vales, etc., que se visualizavam na imagem, tinham o limite sobreposto, o que se confirmou através da consulta das várias cartas 1:25.000 para a área.

O processo utilizado para “mover” o limite na imagem foi, digamos assim, um “ajuste” que todos os utilizadores de SIG e imagens de Teledeteção acabam por fazer uma vez ou outra, embora não gostem de o admitir, e que consiste em modificar as coordenadas da imagem, modificando o seu ponto de origem, que é o canto superior esquerdo. Este “ajuste” permitiu verificar a total, pode-se mesmo dizer absoluta, precisão da sobreposição o que, nunca é de mais referi-lo, implica que a correcção geométrica era também óptima, pois o ficheiro vector foi produzido pela mesma entidade que produz a carta de base, a partir da qual as coordenadas foram extraídas.

O problema era, tão “somente”, a diferença de Datums entre o ficheiro vector (Datum de Lisboa) e a imagem (Datum Europeu). Visto que interessava a todo o custo manter o Datum da imagem, por forma a serem tão válidas quanto possível as coordenadas de áreas teste obtidas com GPS, procedeu-se a uma alteração do Datum do ficheiro vector em ArcView, que resultou quase a cem por cento. O facto de o sucesso não ser total deve-se, tudo indica, mais a limitações dos algoritmos de transformação de Datums do que a outra coisa qualquer. Uma vez que a sobreposição era perfeita, entre o limite e a imagem, introduziu-se um factor de deslocamento mínimo das coordenadas da imagem para corrigir o desvio mínimo depois das conversões de Datums (Figura 3.28).

O passo seguinte é transformar o ficheiro vector, em que o que está representado é uma linha, para um polígono igual à área do Concelho. No fundo trata-se de “preencher” o interior do limite do Concelho. Este polígono passa a constituir, na nomenclatura do Envi 3.0, uma ROI (Region of Interest). A partir deste polígono cria-se uma máscara binária, imagem em que a área dentro do limite do Concelho assume o valor 1 (um) e toda a área exterior assume o valor 0 (zero). Este

procedimento foi efectuado no Envi, com o comando “build mask”, criando-se uma imagem da dimensão da imagem inteira corrigida (Figura 3.29).

Multiplicando esta imagem pela original, corrigida, a área correspondente ao Concelho de Mértola mantém os seus valores, o um é o elemento neutro da multiplicação, toda a área restante passa a ter um valor zero, pois o zero é o elemento absorvente da multiplicação.

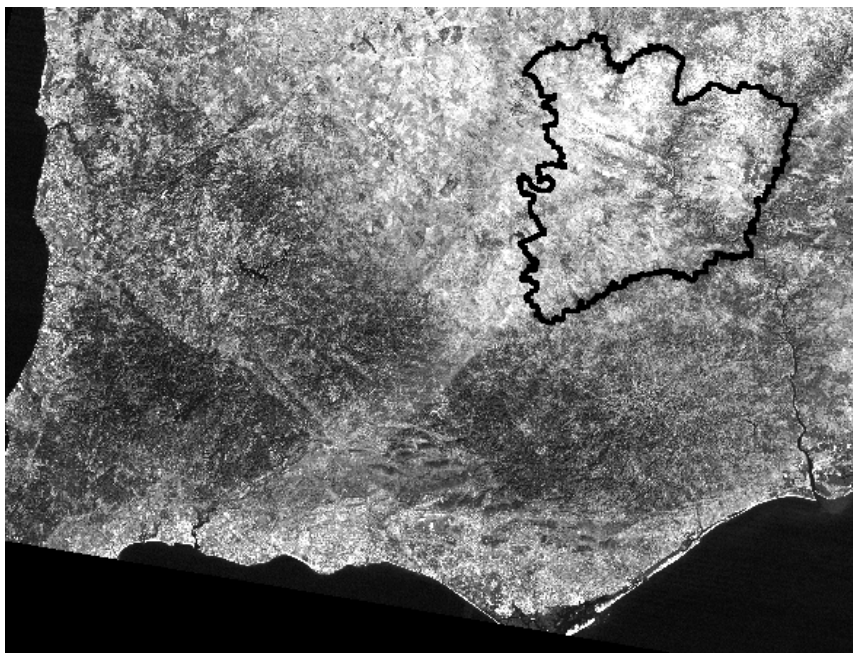


Figura 3.28 – Imagem (Outubro de 1995, Banda 3) com o ficheiro vector sobreposto, limite do Concelho de Mértola.

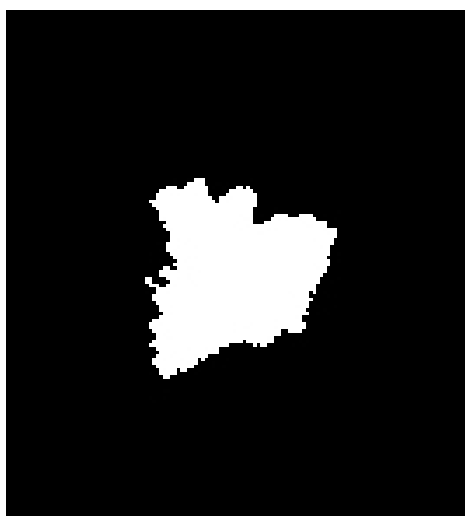


Figura 3.29 – Porção do ficheiro máscara, limite do Concelho de Mértola.

Finalmente, basta “cortar” a imagem em torno da porção restante, o que foi feito para todas as imagens, sendo que o problema e limitação é o tempo de processamento exigido (para todas as imagens este conjunto de procedimentos, criação da máscara e aplicação da máscara, demoraram cerca de dois dias de trabalho). O resultado final, para uma das imagens, pode ser visto na Figura 3.30. Neste ponto o pré-processamento está terminado, passando-se de seguida à análise visual e realces de imagem.

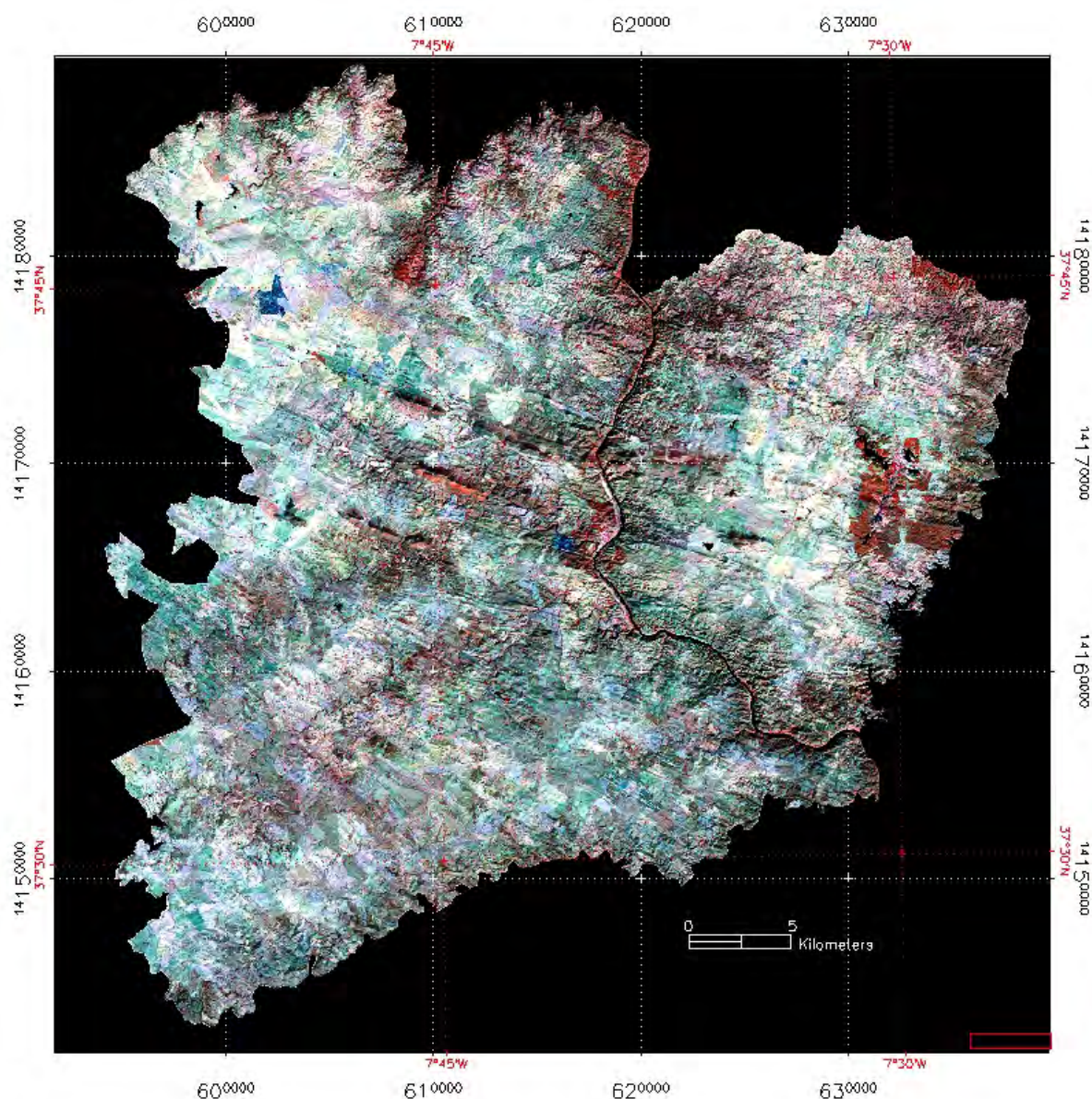


Figura 3.30 – Resultado final de extracção da área do Concelho de Mértola, Outubro de 2000, Bandas 4 5 7 – representadas em RGB (Red Green Blue), Projecção Transversal Mercator, Elipsóide Internacional, Datum Europeu. Coordenadas UTM e Gográficas.

5. Análise Visual, Realces de Imagem e “Neo-Canais”

Uma das funções da Teledeteccção a utilizar é a identificação, então definida da seguinte forma:

Identificação – O conhecimento do terreno, através da sua exploração e trabalho sistemático de campo, permite identificar numa imagem temas, objectos. Assim sendo é possível transformar porções da imagem numa amostra numérica estatística, descritora de um objecto – tema conhecido. Trata-se de designar, classificar determinadas “manchas” existentes na imagem atribuindo um carácter temático ao seu conteúdo.

Uma vez que foram já identificados os principais tipos de vegetação e comunidades vegetais, e também as datas de obtenção das imagens, sazonais e anuais, devidamente enquadradas e justificadas, torna-se necessário proceder à identificação na imagem dos objectos e temas previamente definidos. Somente após esse exercício, bem como ao trabalho suplementar de campo, será possível criar uma pré-legenda com a qual se procederá à classificação.

O processo a realizar é, fundamentalmente, um processo de foto-interpretação, não com fotografias aéreas, mas directamente através da análise visual das imagens de satélite. Os procedimentos técnico-metodológicos adoptados agrupam-se em tele-análise e identificação de áreas homogéneas.

- **Foto-identificação** - Consiste numa leitura geral, preparatória, da imagem, com vista à identificação de formas, texturas e cor dos elementos no terreno. A foto-interpretação, segundo TENEDÓRIO, J.A. (1989, pp. 16-17), "...é uma análise mais avançada, exige uma análise dedutiva fazendo apelo à razão e aos conhecimentos do intérprete [...] na fase de foto-interpretação procura-se classificar objectos semelhantes, estabelecer relações qualitativas, quantitativas e espaciais entre estruturas e modelizar a informação [...] O trabalho analítico-dedutivo que exige a foto-interpretação raramente é linear. O caminho não é determinado por duas etapas independentes (identificação, interpretação) mas antes por um ciclo (identificação - interpretação - identificação) que exige a todo o instante uma lógica apurada e uma observação fina e paciente".
- **Identificação de áreas homogéneas** - A classificação supervisionada de uma imagem de satélite é efectuada recorrendo ao reconhecimento de padrões nos dados, sustentados por uma minimização da variação intra-classes e maximização da variação inter-classes. Esses padrões são inicialmente identificados sob a forma de um conjunto de áreas tipo, que servirão de referência para a comparação de toda a imagem a essas áreas homogéneas. Assim, o primeiro passo é detectar por foto-identificação / foto-interpretação, unidades básicas típicas, o mais representativas possível dos objectos e temas previamente identificados no trabalho, tanto a nível de coberto vegetal como de usos agrícolas do solo. Para atingir este ponto, o processo de percepção espacial da área em estudo tem que estar bastante completo, tanto sob a forma de trabalho de campo como através de uma séria consciência da relevância sócio-económica, e não somente visual, dos diversos usos de solo presentes.

Esta identificação na imagem de áreas “fotomórficas” (CAMPBELL, J.B. (1996, p. 134)), com graus relativamente uniformes de tom e textura, pressupõe portanto um primeiro processo “de estabelecimento das identidades dos objectos e elementos detectados na imagem [seguido de] um processo de busca dos seus significados” (BARRET,E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 152)) (Figura 3.31).

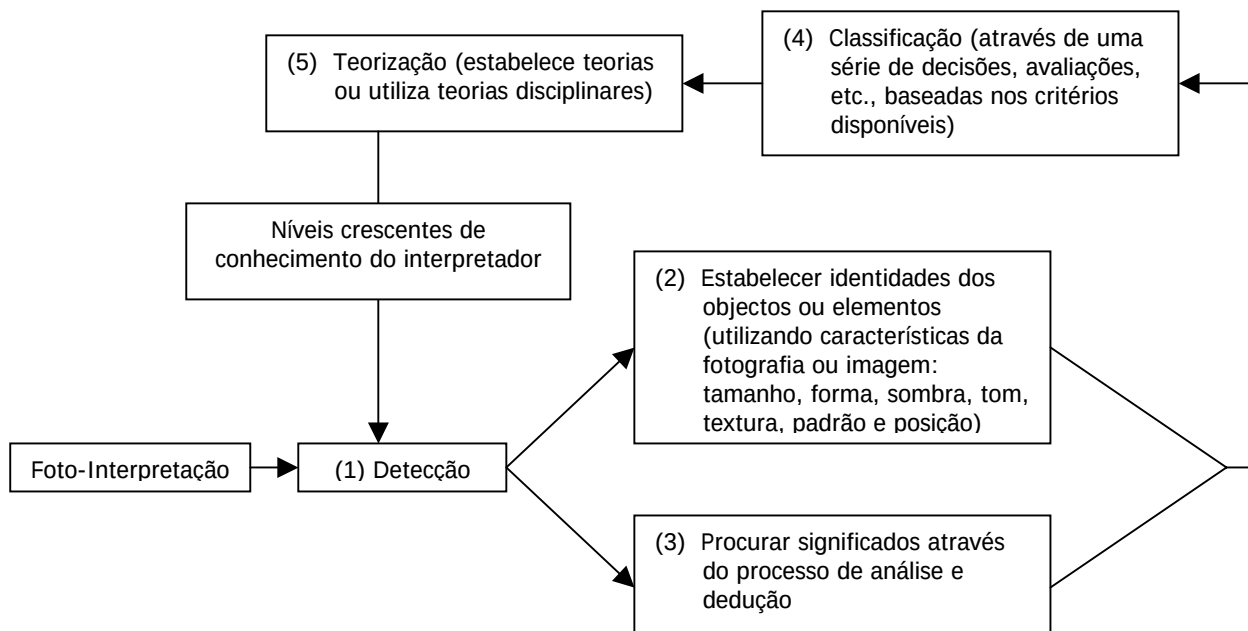


Figura 3.31 – Processo de foto-interpretação (BARRET,E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 152)).

Existem nove elementos, característicos da fotografia ou imagem, que são considerados como tendo importância primordial na interpretação, embora por si só não sejam característicos ou identificadores de objectos específicos. Constituem sim um “sistema” de descrição das características dos objectos, conforme aparecem nas imagens ou fotografias. Estes nove elementos são, sintetizando de CHUVIECO, E. (1996, pp. 174-185), BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, pp. 153-155) e CAMPBELL, J.B. (1996, pp. 125-130):

- Forma – muitos componentes do Ambiente podem ser identificados pela sua forma, sobretudo no caso da fotografia aérea. No caso da imagem de satélite, por ser uma “simplificação” em forma de matriz, a forma funciona sobretudo como descritor de povoamentos, parcelas agrícolas, albufeiras, manchas de vegetação, grandes alinhamentos de árvores e de todo o tipo de construções humanas de média – grande dimensão;
- Tamanho – importante por duas razões: por um lado é relativo, em função dos outros objectos na imagem, por outro, comprimento, largura, área são dimensões reais, mensuráveis. É um óptimo discriminador em termos de dimensão da propriedade, manchas de todos os tipos;

- Tom – consubstancia a intensidade de reflexão de radiação incidente, seja em emulsões fotográficas, seja nas diferentes bandas de um sensor. Em função da resposta espectral dos vários elementos, vários tipos de vegetação e solos, é possível discriminar diferentes objectos. Somente alguns são intuitivamente identificáveis, mesmo com muito conhecimento de terreno, mas por exemplo, na área em análise, a actividade fotossintética máxima só pode existir nos campos de cereal, absorção máxima no infravermelho, logo tom escuro nessas bandas. São, também, as variações ténues de tom que permitem identificar fronteiras entre áreas fotomórficas. O tom passa a cor quando se passa da análise de uma banda para várias em simultâneo (composição colorida);
- Sombra – as sombras revelam o perfil de objectos não directamente discerníveis, o que é importantíssimo em fotografia aérea (estereoscopia) para avaliar a altura de edifícios ou tipos de árvores. No caso das imagens da Teledetecção esse papel é francamente menos importante, a sombra transforma-se *per se* em pixels, logo somente sombras de grande extensão são perceptíveis em termos de análise visual das imagens, úteis sobretudo para estudos de geomorfologia;
- Padrão – arranjos repetitivos de objectos e elementos, no fundo a estrutura das manchas de diferentes tons, constitui a textura de uma fotografia ou imagem. Em muitos casos serve para distinguir elementos de igual tom, mas com diferente textura. No caso das fotografias aéreas da área, um pousio apresenta um tom claro e uma textura regular, pelo contrário um campo abandonado já há algum tempo, com formações arbustivas a aparecer, pode ter o mesmo tom, mas tem uma textura mais irregular. No caso das imagens, a textura consiste num grau maior ou menor de homogeneidade de tons, uma área de vegetação natural consolidada terá uma textura muito mais homogénea que uma área recentemente abandonada, onde existem situações de coberto muito distintas. Dependendo tudo isto do tamanho da mancha, pois somente com uma porção relativamente grande de pixels se pode ter noção “textural” de uma mancha homogénea;
- Contexto espacial – certos objectos são determináveis pela sua associação a outros, por exemplo vegetação ripícola e leitos de linhas de água, ou manchas de vegetação natural e topos de relevos. Em áreas urbanas, utilizando fotografia aérea, áreas de armazenagem e industriais, pela sua dimensão e tom, mas sobretudo pela sua proximidade de um porto ou estação de comboio, podem ser mais facilmente identificáveis. Aqui a capacidade de discriminação é contextual e pressupõe a interpretação prévia de elementos que, teoricamente, se associam espacialmente a outros, sejam eles objectos naturais ou construções com um carácter funcional específico;

- Resolução – dimensão mais pequena dos elementos identificáveis. No caso da fotografia aérea depende da escala da mesma; no caso das imagens de satélite depende da dimensão e geometria dos pixels. Este facto implica que a resolução limita, totalmente, não só a dimensão como intrinsecamente a própria natureza dos objectos identificáveis;
- Volumetria – aparência estereoscópica. Somente com fotografia aérea é possível avaliar esta volumetria. No caso dos satélites o Spot, é a excepção, pois como pode ter um coeficiente de sobreposição muito elevado entre imagens, reproduz o principio da estereoscopia, duas vistas laterais da mesma área, o mesmo que os olhos humanos fazem.

Estes critérios de identificação visual podem, devem, ser agrupados para cada tipo diferente de objecto – tema, o que será feito na apresentação da pré-legenda, pois ela será um produto da interpretação visual das imagens de satélite, de foto-interpretação para generalização de áreas teste e de reconhecimento de terreno.

Entretanto, estes elementos identificadores podem ser agrupados hierarquicamente, em função do seu grau de complexidade e das variáveis que consideram (Figura 3.32). O tom e a cor são os critérios mais elementares, caracterizam espectralmente um objecto – tema; a forma tamanho e textura relacionam-se com as propriedades espaciais dos objectos. Já a sombra e o contexto – associação constituem critérios espaciais complexos. Se a estes nove elementos se acrescentar a sua própria evolução, abarca-se também a dimensão temporal na identificação dos elementos.

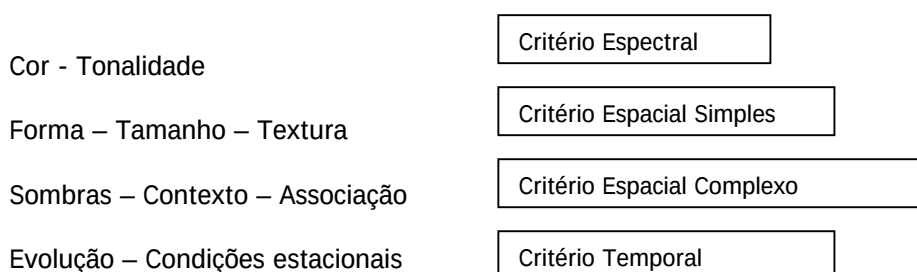


Figura 3.32 – Organização hierárquica dos critérios de interpretação visual (CHUVIECO, E. (1996, p. 187)).

Se numa primeira instância a interpretação das imagens vai ser visual, existem técnicas que permitem realçar e melhorar as qualidades visuais das imagens. O processo consiste num melhor “arranjo” dos dados, por forma a tornar mais evidentes alguns aspectos, temas ou objectos que se pretendem identificar na imagem, através de melhoramentos do contraste, filtragens e composições coloridas. Algumas destas técnicas pressupõem a alteração dos números digitais da imagem, como tal são utilizadas somente para efeitos de visualização – identificação, mantendo-se os dados no seu estado original, pós-correcção geométrica, para efeitos de classificação.

5.1 Estatísticas Básicas

Segundo CHUVIECO, E. (1996, p. 243), “Qualquer operação aplicada a uma imagem pressupõe a compreensão do seu carácter digital intrínseco, como qualquer variável estatística, a operação mais elementar é descrever a sua tendência central e de dispersão. Por outras palavras, conhecer qual é a tendência geral da radiância detectada em cada banda e que nível de homogeneidade existe entre os pixels”. Como referido no Capítulo II, Ponto 4, a propósito da resolução dos sensores, uma imagem de satélite não é mais que uma matriz de matrizes numéricas, uma para cada banda, como tal, quase todo o processamento de imagem consiste num conjunto de operações estatísticas sobre a matriz de matrizes numéricas, com os valores a variar entre 0 e 255 (resolução radiométrica, um byte por pixel).

Assim sendo, apresenta-se como exemplo as estatísticas para uma das imagens, a de 1 de Abril de 2001, que tem em cada banda 2.560.000 pixels (a dimensão é 1600 X 1600), a imagem na sua totalidade tem 17.920.000 pixels. Tendo em conta que 1.122.282 pixels em cada banda são de valor zero, área “exterior”, aplicou-se uma máscara à imagem para as estatísticas serem calculadas, exclusivamente, da porção de imagem correspondente ao Concelho.

Banda	Mínimo	Máximo	Amplitude	Média	Desvio Padrão
1	54	206	152	70.5268	5.0572
2	34	189	155	60.9041	7.4285
3	27	206	179	57.7957	13.7505
4	11	158	147	72.2999	13.9653
5	8	220	212	90.6926	19.1010
6	117	144	27	128.4214	2.6841
7	5	215	210	55.1744	16.5555

Quadro 3.13 – Estatísticas das sete bandas da imagem de 1 de Abril de 2001.

A análise do Quadro 3.13 permite uma primeira abordagem ao carácter de cada banda e sua homogeneidade: as bandas mais saturadas apresentam os valores mais elevados, as que apresentam maior desvio padrão são as que apresentam maior contraste. Este maior contraste permite uma maior capacidade de discriminação quando visualizadas, no caso desta imagem as melhores bandas são a 5, 7 e 4, infravermelho médio e próximo, grande importância dos diferentes tipos de vegetação e conteúdo de água da vegetação.

O contraste da banda 3, vermelho visível, prende-se com a importância da absorção pelos pigmentos da vegetação, sobretudo clorofila, o que indica importância de plantas verdes, pois estando em Abril tanto a vegetação herbácea das pastagens e pousios como os próprios cereais estão no seu máximo desenvolvimento. Como o ano tem características de Inverno húmido e início de Primavera com disponibilidade de água, essa importância da actividade fotossintética é reforçada. A saturação da banda 1, azul visível, prende-se provavelmente com efeitos de dispersão atmosférica, que afectam os comprimentos de onda mais curtos.

De realçar o facto do desvio padrão ser muito mais relevante do que a amplitude, pois esta não tem em conta, como é óbvio, a distribuição dos valores. Assim sendo, a distribuição por classes das frequências de valores dos pixels permite a produção de um histograma da imagem, como um todo ou banda a banda. Esse histograma possui somente informação radiométrica, nenhuma informação espacial, podendo ser visto como a probabilidade discreta de distribuição, visto que a altura relativa de uma dada barra indica a probabilidade de encontrar um pixel daquele valor de “brilho” algures na imagem. Apresenta-se o histograma da banda 5, a que apresenta maior contraste.

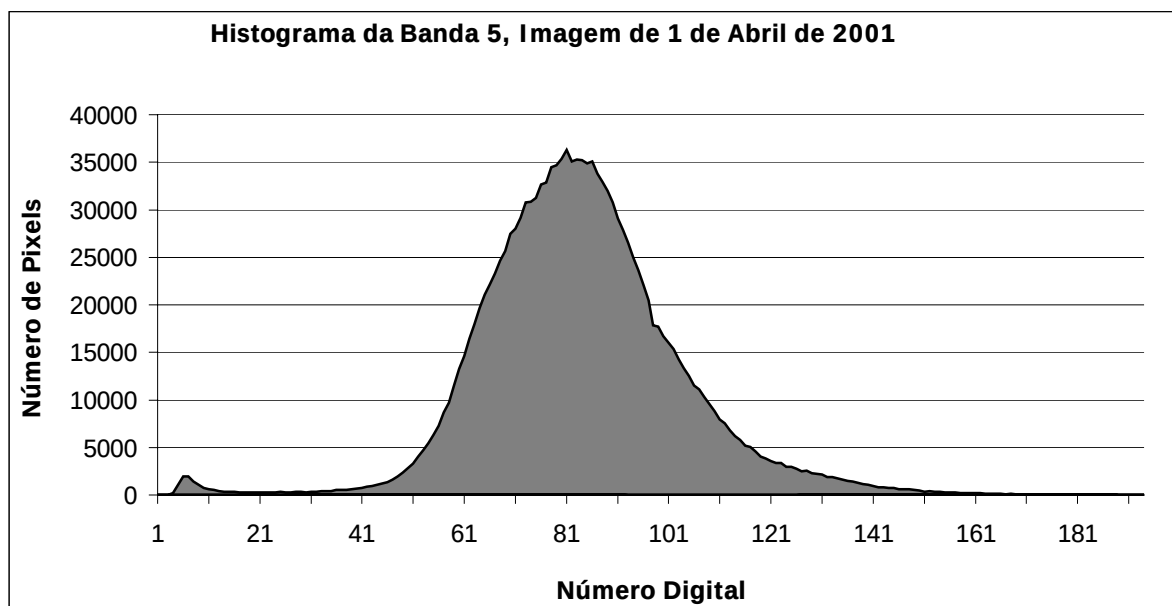


Figura 3.33 – Histograma da Banda 5, imagem de 1 de Abril de 2001.

A análise do histograma permite visualizar quais os picos de intensidade, a amplitude e sobretudo o grau de aproximação duma distribuição normal. No caso deste histograma, o pico de valores entre 8 e 10 diz respeito aos planos e linhas de água. O procedimento mais comum é analisar os histogramas três a três, pois quando se faz a visualização da imagem atribui-se uma banda a cada uma das três cores primárias, azul, verde e vermelho, daí a designação instituída, do inglês, RGB (Red, Green, Blue).

Sem querer entrar na “mecânica” que permite a visualização, em termos de hardware e software, convém considerar alguns aspectos sobre o processo que permite obter composições coloridas. No caso dos dispositivos electrónicos de visualização, com raios catódicos, a mistura das três cores primárias é feita aditivamente, ou seja, por soma dos valores das três cores primárias, que dão assim origem a cores complementares. Azul + verde dá cian, azul + vermelho dá magenta, verde + vermelho dá amarelo, sendo que a soma dos três dá branco. No fundo é um processo de adição como quando se imprime algo, há adição das cores.

Em termos de visualização, é por essa razão que o valor 255, 255, 255 corresponde ao branco e o 0, 0, 0 ao preto. Quando se visualiza uma banda em pancromático, sem cor, a intensidade dos pixels vai ser directamente um valor de 0 a 255, atribuindo uma banda a cada uma das cores primárias podem-se reproduzir 16.7 milhões de cores, por combinação de três valores (de 0 a 255) por pixel. É essa a essência de uma combinação colorida, mas também a razão pela qual só se podem visualizar três bandas simultaneamente.

5.2 Expansão do Contraste

Sendo que se podem representar 256 valores, quando a amplitude dos números digitais de uma banda é inferior a 255, pode ser francamente melhorado o contraste, expandindo, “esticando” (stretching) a amplitude até 255 e maximizando-se assim a capacidade de discriminação. Ajusta-se a variação original à maior conseguida, expandindo-se ao máximo o contraste. Resulta claro que, para efeitos de optimização da visualização, se deve proceder à máxima expansão possível de contraste para as bandas que se pretende visualizar.

Existem vários processos de proceder a esta expansão. Um é manual, o utilizador escolhe qual a classe de valores que quer ver expandida aos 256 níveis possíveis de intensidade. No exemplo do histograma, visto que depois de se analisar os pixels com valores entre 8 e 20 se concluiu que eram ou linhas de água ou planos de água, podia expandir-se somente essa porção dos números digitais para os 256 níveis. Isso permitiria maximizar a capacidade de discriminação visual dos pixels água, que poderia ter interesse, por exemplo, para análise da concentração de sedimentos na água ou profundidade das massas de água.

Outros casos poderiam ser áreas cultivadas, floresta, ou qualquer outro objecto – tema que tivesse sido devidamente identificado e correlacionado com os números digitais de uma ou mais bandas. Dependendo do Software, esta expansão do contraste pode também ser feita para determinadas áreas da imagem. O programa produz nesse caso um conjunto de histogramas, somente para os pixels dessa área, ajustando os níveis de visualização de toda a imagem a esses valores específicos.

Outro processo é a expansão linear: faz-se corresponder os limites superiores e inferiores da banda ou conjunto de bandas aos níveis de visualização 0 e 255, expandindo-se a distribuição de uma forma linear. Existem também formas de equalização do histograma, nesse caso não se expande ou contrai a distribuição até ao máximo de níveis de visualização, adapta-se o histograma a um tipo de distribuição desejada, a uma forma. Uma possibilidade é a distribuição normal (curva de Gauss), ou a equalização, todas as barras do histograma têm a mesma “altura”, maximizando-se os níveis de visualização para todos os níveis de brilho.

Ao pretender-se analisar visualmente seis imagens, de dois períodos distintos do ano, convém utilizar um método igual para todas as datas, caso contrário poderia estar-se a influenciar a interpretação. O método que melhores resultados produziu, independentemente das características dos histogramas das várias bandas, para o conjunto de todas as estações e anos, foi a expansão linear com saturação de 2%. A vantagem sobre a expansão linear é que os poucos pixels com valores extremos, neste caso os primeiros e últimos 2 %, nos extremos do histograma, passam a ter todos o valor máximo e mínimo (branco e preto), maximizando-se os níveis de visualização para o conjunto restante, mais significativo em termos de frequência.

Seria bom poder ilustrar todos estes passos pormenorizadamente, com pelo menos uma imagem de cada época do ano, mas como facilmente se compreende isso seria impraticável em termos de espaço e problemas de reprodução, pois a qualidade teria que ser ótima, caso contrário não se teria percepção visual. Outra opção seria disponibilizá-los na Internet, mas não só a dimensão dos ficheiros é enorme, como a sua disponibilização “global” fora do contexto do presente texto seria, claramente de pouco interesse.

Estando definidas e analisadas as possibilidades de expansão de contraste tonal das imagens, que é a diferença entre os valores mais escuros e mais claros que se visualizam no monitor, os seus fundamentos e métodos, pode-se passar à fase seguinte, a da filtragem da imagem. Neste caso o contraste é espacial, diferença entre o número digital de um qualquer pixel e os números digitais dos pixels à sua volta. Este contraste pode, também, ser reforçado ou atenuado. Todos os métodos recorrem a operações de “vizinhança”, alterando os valores do pixel em função dos valores dos pixels na sua envolvente, modificando assim o detalhe geométrico da imagem.

5.3 Filtragens

Existem vários tipos de filtros: alta frequência, baixa frequência, detecção de margens, realce de linhas, etc. Os dois tipos que são mais relevantes neste contexto, de análise visual, são os de baixa e alta frequência, um suaviza e outro realça. Os filtros de baixa frequência (low pass filtering) “destacam a componente de homogeneidade na imagem, fazendo sobressair as áreas onde a frequência de mudança é baixa... [os filtros de alta frequência, high pass] são dirigidos aos componentes de alta frequência, isto é, àquelas áreas de alta variabilidade onde o contraste espacial é intenso” (CHUVIECO, E. (1996, p. 310)). O efeito visual é, por assim dizer, “mais focado ou menos focado”.

O funcionamento destes filtros consiste em fazer percorrer a imagem por uma matriz numérica móvel, de tamanho variável, em função do número de pixels que se quer ter em conta, ou seja, a dimensão da vizinhança que se pretende analisar. Quanto maior for a matriz mais intenso é o efeito, pois é considerada uma maior vizinhança. A utilização de um filtro de alta frequência melhora muito a discriminação de fronteiras entre manchas, elementos lineares, reforçando os contornos entre áreas

homogéneas e tornando evidentes as descontinuidades. Facilita, portanto, a identificação dos limites dos objectos temas, como se pode ver na Figura 3.34 à esquerda, aumentando a nitidez da imagem. O filtro de baixa frequência, ao homogeneizar a imagem, torna cada pixel mais semelhante com a sua envolvente, permitindo uma melhor discriminação de áreas homogéneas (Figura 3.34 à direita).

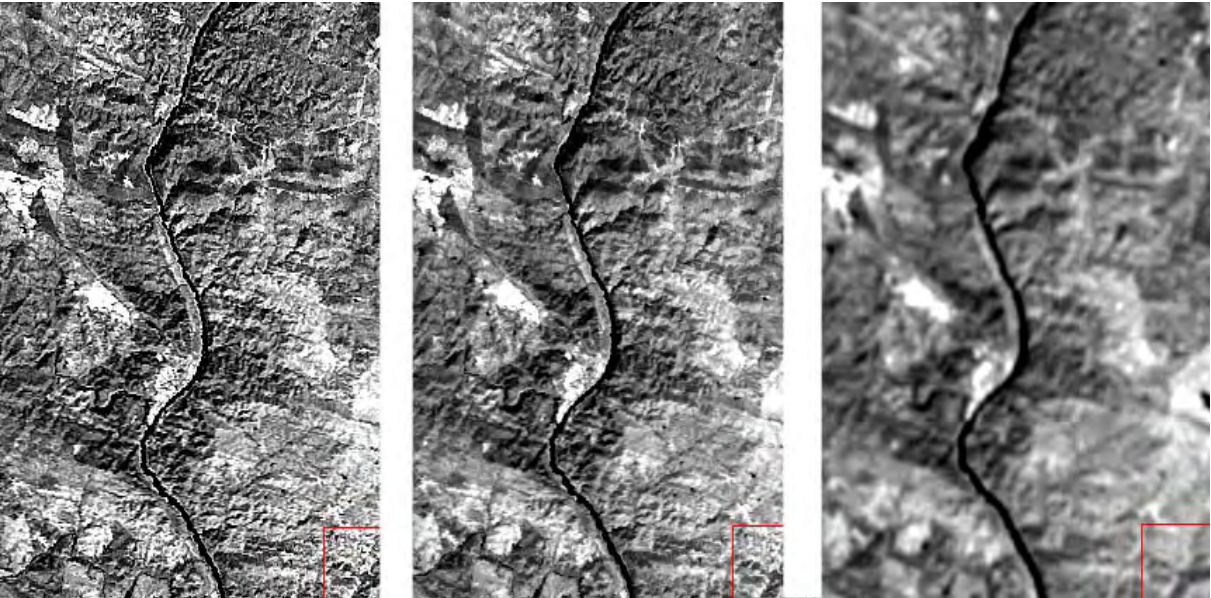


Figura 3.34 – Porção da imagem de Abril de 2001, banda 5, Pancromático, com filtragem de alta frequência à esquerda (3 X 3 valor central 18, resto -1), sem filtragem e com filtragem de baixa frequência à direita (5 X 5 valor central 2, resto 1).

Dado que a imagem é uma matriz numérica, esta “janela móvel” que percorre a imagem vai alterar os pixels da seguinte forma, no caso de um filtro de baixa frequência (a), quando a janela (a) tivesse o seu centro no pixel com o valor 19 (2ª coluna, 2ª linha), este valor seria modificado da seguinte forma: novo Valor do Pixel = (24+15+9+27+(2 X 19)+21+32+21+18)/10= 20.5 » 21. Depois de o filtro percorrer todos os pixels, a matriz original teria os valores de (b).

24	15	9	8	12
27	19	21	14	12
32	21	18	24	21
24	17	16	21	21
9	18	15	9	6

(a)

1	1	1
1	2	1
1	1	1

(b)

11	13	10	8	6
17	21	17	15	10
17	22	19	19	13
15	19	18	17	12
8	12	11	10	6

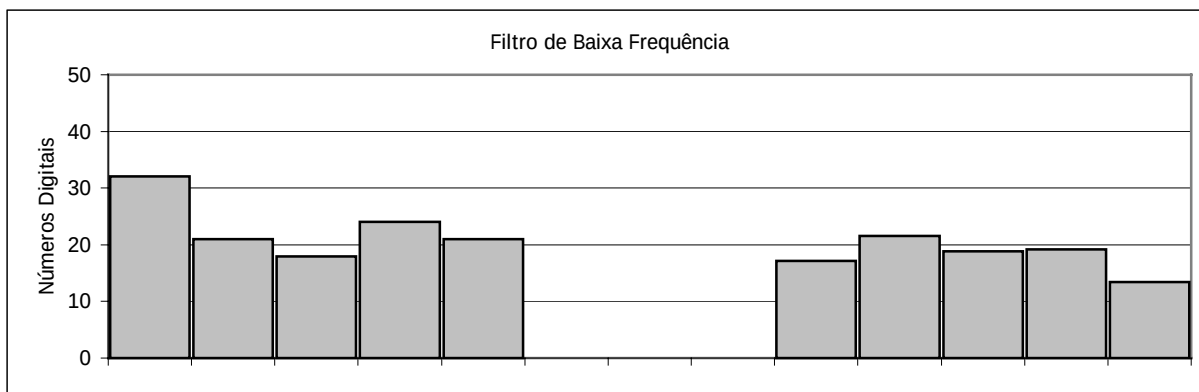


Figura 3.35 – Filtro de baixa frequência e representação gráfica da aplicação do filtro à linha central da matriz de dados original. A diminuição excessiva dos primeiro e último valor ocorre porque fora da matriz os valores são zero.

No caso de um filtro de alta frequência (a), a janela tem (neste caso exemplificativo) a mesma dimensão, 3 X 3, o valor central é igual a 18 (tal como para a filtragem da porção da imagem à esquerda da Figura 2.53 e que passará a ser utilizada para fins de visualização das imagens), os restantes valores são -1. Aplicando a janela ao mesmo pixel, valor 19, o valor seria modificado da seguinte forma: Novo Valor = $(-24-15-9-27+(18 \times 19)-21-32-21-18)/10 = 17.5 \gg 18$. Depois de o filtro percorrer todos os pixels, a matriz original teria os valores de (b).

24	15	9	8	12
27	19	21	14	12
32	21	18	24	21
24	17	16	21	21
9	18	15	9	6

(a)	-1	-1	-1
	-1	18	-1
	-1	-1	-1

(b)	37	17	9	8	18
	38	18	25	13	14
	47	20	17	29	29
	34	15	15	25	30
	10	24	19	8	6

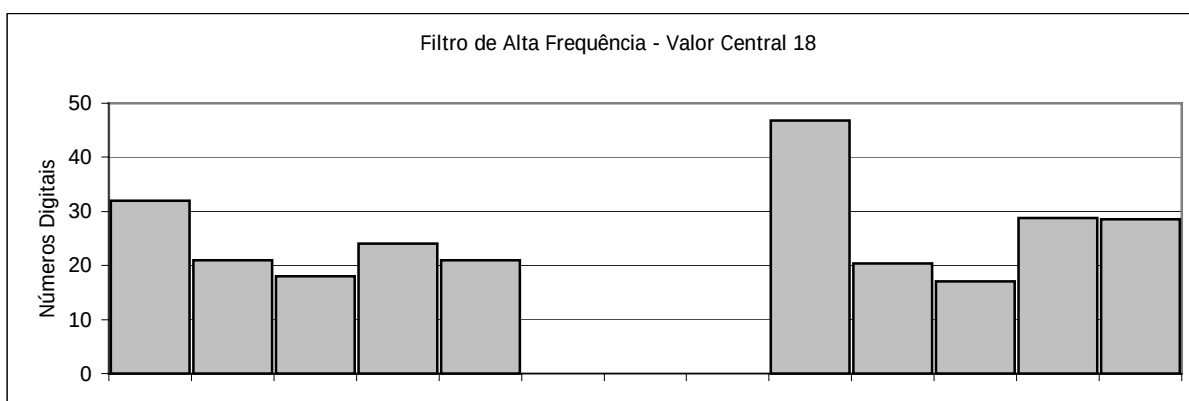


Figura 3.36 – Filtro de alta frequência e representação gráfica da aplicação do filtro à linha central da matriz de dados original. O aumento excessivo dos primeiro e último valor ocorre porque fora da matriz os valores são zero, logo o contraste é maior.

Através destes dois exemplos, observando os valores, compreende-se a forma pela qual as diferenças são atenuadas num caso e realçadas no outro, consubstanciando-se este tratamento em termos visuais como se pode ver na Figuras anteriores. Este exemplo, a propósito da filtragem, tem por objectivo realçar, mais uma vez, o facto de todo o tratamento de imagem ser numérico e estatístico, pois as imagens são uma matriz numérica, são portanto imagens e não fotografias de satélite como é comum ouvir, sobretudo na comunicação social. Até o processo de visualização das imagens pressupõe tratamento numérico dos dados.

Ficaram, até aqui, definidos os tipos de expansão do histograma e os tipos de filtragem que serão adoptados para a análise visual da imagem. Embora possa parecer um critério rígido, pois são várias as imagens e existem mais tipos de filtros, este conjunto de métodos assegura homogeneidade e os requisitos essenciais para melhorar a capacidade de discriminação e visualização dos objectos – temas a identificar. Posto isto passa-se à fase seguinte, a escolha dos conjuntos de bandas para as combinações coloridas a analisar.

5.4 Selecção de Composições Coloridas

A selecção das bandas para realizar a composição, bem como a ordem de cores primárias destinadas a cada uma, depende sobretudo dos objectivos do tratamento. Há 35 combinações possíveis de três bandas, num conjunto de 7. Uma vez que neste caso o domínio predominante é o vegetal, por oposição ao mineral, dominante em áreas urbanas ou com muito pouca vegetação, as bandas do espectro visível perdem muito interesse para visualização, pois é no domínio do infravermelho que a capacidade de discriminação da vegetação é máxima. Outro aspecto a ter em conta é a diferença extrema, em termos de “estado” da vegetação, entre a Primavera e o início do Outono, o que pressupõe a possibilidade de haver dois tipos distintos de composições coloridas, uma para cada época, que maximizem a capacidade de discriminação.

Existe um processo não visual para sustentar esta selecção, que consiste em escolher as três bandas com um maior conteúdo de variação, calculando-se para cada imagem um Índice Óptimo (Optimum Index Factor, segundo JENSEN, J.R. (1996, pp. 97-100), citado por CHUVIECO, E. (1996, pp. 302-303).

$$OIF = \frac{\sum_{k=1}^3 S_k}{\sum_{j=1}^3 R_j}$$

S_k é o desvio padrão de cada uma das três bandas da composição colorida

R_j é o coeficiente de correlação entre cada par dessas bandas

Visto que as bandas com maior contraste de dados, para ambas as estações, são a 3,4,5, e 7, efectuando-se os cálculos (Quadro 3.14 e 3.15), conclui-se que as bandas 345 são a melhor composição para Abril e as 457, por uma margem ligeira, as melhores para Setembro - Outubro. Apresentam-se aqui, a título exemplificativo, os dados para 2000-2001 (Quadro 3.14). Os cálculos efectuados para todos os anos apresentaram resultados semelhantes em termos de hierarquia de valores.

Banda	Desvio Padrão – Outubro 2000	Desvio Padrão – Abril 2001
1	6.4669	5.0572
2	9.5674	7.4285
3	16.6254	13.7505
4	10.5948	13.9653
5	22.6958	19.1010
6	2.7403	2.6841
7	17.9555	16.5555

Quadro 3.14 – Desvio padrão das bandas, imagens de Outubro de 2000 e Abril de 2001.

Abril					Outubro				
Bandas	3	4	5	7	Bandas	3	4	5	7
3	1.000	-0.078	0.738	0.851	3	1.000	0.876	0.867	0.892
4	-0.078	1.000	0.223	-0.005	4	0.876	1.000	0.831	0.805
5	0.738	0.223	1.000	0.940	5	0.867	0.831	1.000	0.966
7	0.851	-0.005	0.940	1.000	7	0.892	0.805	0.966	1.000

Quadro 3.15 – Matrizes de correlação das bandas, imagens de Outubro de 2000 e Abril de 2001.

Efectuando o cálculo do Índice Óptimo obtêm-se os seguintes valores para as composições de bandas 457 e 345:

457 – Abril $49.6218 / 1.158 = 42.8513$ 457 – Outubro $51.2461 / 2.602 = \mathbf{19.6949}$
 345 – Abril $46.8168 / 0.883 = \mathbf{53.0201}$ 345 – Outubro $49.9160 / 2.574 = 19.3924$

A menor importância da banda 3, para efeitos de composição colorida da imagem de Outubro, faz todo o sentido em termos teóricos. Embora o seu contraste seja maior do que o da banda 4, a banda 3 corresponde sobretudo aos comprimentos de onda de absorção da clorofila – actividade fotossintética e em Outubro somente a vegetação ripícola tem actividade fotossintética clorofilina digna de nota. Assim sendo, a composição exclusivamente com as bandas do infravermelho maximiza a capacidade de discriminação da vegetação, que é eminentemente esclerófila, acaba de atravessar a secura do Verão e tem, certamente, uma porção lenhosa muito mais significativa.

A porção foliar neste tipo de vegetação é sempre menos significativa do que, neste caso, a vegetação com “folhas verdes” como os cereais ou as herbáceas, que em Abril se apresentam no seu máximo desenvolvimento vegetativo potencial. Por essa razão, a banda 3 é francamente mais importante nas

imagens da Primavera, pois aumenta bastante a capacidade de discriminação entre os diferentes tipos de vegetação com folhas verdes. Estes dados fazem todo o sentido em termos teóricos, tal como foi definido acerca do comportamento espectral da vegetação (Capítulo II, Ponto 3.3) e para o tipo de vegetação e comunidades vegetais existentes na área (Capítulo III, Ponto 2.1 Composição do coberto vegetal).

Estes dois conjuntos de bandas apresentam, comprovadamente, as melhores características em termos de capacidade de discriminação e identificação dos tipos de vegetação e comunidades vegetais na área de estudo. Constituem portanto um “ótimo” em termos de visualização, seja para efeitos de interpretação pura das imagens, seja para efeitos da marcação e identificação de áreas teste com vista à classificação supervisionada.

Assim sendo, resta escolher a que cores primárias se vão atribuir as várias bandas. Depois de experimentar as várias hipóteses optou-se pelas composições 457 RGB para Setembro - Outubro – início do Outono e 453 RGB Abril – Primavera. São as que em termos visuais resultam melhor, embora existam razões de ordem prática e facilidade de interpretação que justifiquem também estas escolhas.

Consoante as cores atribuídas, para efeitos de interpretação importa reter as características das várias bandas, só assim se pode identificar *a priori* alguns grandes tipos de vegetação (Figuras 3.37 e 3.38):

Banda 3

Verde visível – Teor em clorofila, discriminação máxima de plantas verdes, em 453 RGB - Abril - o trigo aparece a vermelho vivo, as pastagens em tons de laranja.

Banda 4

Infravermelho próximo – Discriminação de diferentes estruturas foliares e teor de biomassa verde. Em 457 RGB – Outubro - vegetação com mais biomassa verde aparece a vermelho.

Banda 5

Infravermelho médio – Teores de humidade da vegetação, com 457 RGB – Outubro as herbáceas aparecem predominantemente a verde, com 453 RGB – Abril a vegetação natural aparece a verde escuro, os campos abandonados a verde claro.

Banda 7

Infravermelho médio – Teor de humidade da vegetação e solos, em 457 RGB – Outubro as áreas ardidas aparecem a azul.

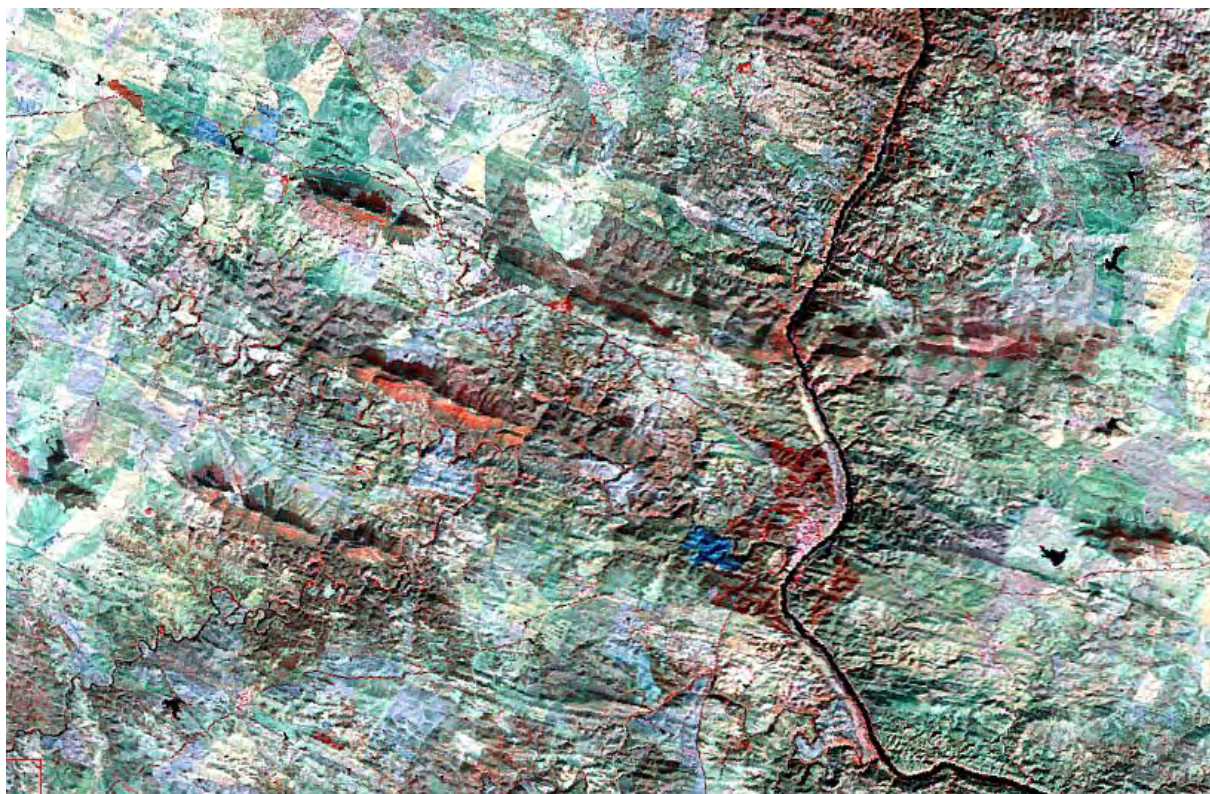


Figura 3.37 – Composição colorida 457 RGB, Outubro de 2000, área central do Concelho de Mértola. Muito simplificada e a título exemplificativo: vegetação natural a vermelho e verde escuro, castanho avermelhado área florestal, pousio verde claro, restolho amarelo, lavrado azul claro, área ardida azul escuro.



Figura 3.38 – Composição colorida 453 RGB, Abril de 2001, área central do Concelho de Mértola. Muito simplificada e a título exemplificativo, vegetação natural a verde escuro e castanho esverdeado, verde claro mato baixo, pousio verde amarelado, lavrado azul “bebé”, trigo vermelho vivo e laranja.

Até aqui todos os cálculos e tratamentos se basearam nas bandas originais das imagens, no entanto, podem criar-se a partir destas “neo-canais”, ou seja, bandas resultantes de operações sobre os dados originais. Esses “neo-canais” podem também contribuir para uma muito melhor interpretação visual da imagem, na medida em que realçam aspectos específicos das imagens, como o solo ou a vegetação.

Em termos de um certo purismo, no tratamento digital de imagens, estes canais não devem ser incluídos no conjunto de bandas com que se vai proceder à classificação, pois são redundantes na medida em que derivam dos próprios dados originais. Assim, incorporá-los nas bandas utilizadas para a classificação, seria introduzir um parâmetro de maior ponderação a determinado aspecto. Claro está que formalmente essa opção pode ser válida, mas distorce a “verdade” dos dados efectivamente adquiridos pelo sensor. Serão portanto utilizados para a interpretação visual, mas não serão incluídos no conjunto de bandas utilizado para a classificação.

5.5 Índice de Vegetação

Um dos tipos mais utilizados de “neo-canais” são os rácios de bandas, que implicam a divisão pixel a pixel entre os números digitais de duas ou mais bandas da mesma imagem. Estes rácios são bastante utilizados, com vista a “reduzir os efeitos da topografia, como índice de vegetação, e para realçar diferenças subtis nas características de reflectância dos solos e rochas” (RICHARDS, J.A. (1993, p. 152)). Os mais utilizados são, sem dúvida, os índices de vegetação, que se passam a analisar de seguida.

A vegetação tem um comportamento radiométrico peculiar, que segundo CAMPBELL, J.B. (1996, p. 460) consiste num “desvio para o vermelho”, a “assinatura espectral característica da vegetação sã mostra um claro contraste entre as bandas visíveis – especialmente a banda vermelha (0.6 a 0.7 μm) – e o infravermelho próximo (0.7 a 1.1 μm). Enquanto na região visível os pigmentos da folha absorvem a maior parte da energia que recebem, estas substâncias apenas afectam o infravermelho próximo. Por esta razão, produz-se um notável contraste espectral entre a baixa reflectividade da banda vermelha do espectro e o infravermelho próximo, o que permite separar, com relativa clareza, a vegetação sã dos outros cobertos. [...]

Quando a vegetação sofre algum tipo de stress (por exemplo pragas ou secas), a sua reflectividade será inferior no infravermelho próximo, aumentando no vermelho, com o que o contraste entre ambas as bandas será muito menor. Em definitivo, podemos assinalar que quanto maior for o contraste entre as reflectividades da banda infravermelha e vermelha, maior vigor vegetal apresentará a cobertura observada. Baixos valores de contraste indicam uma vegetação doente ou envelhecida, até chegar às áreas sem vegetação, que oferecem um contraste muito pequeno” (CHUVIECO, E. (1996, pp. 339-340)).

$$\text{NDVI} - \text{Normalized Difference Vegetation Index} = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V}$$

ρ_{IVP} = Reflectância do pixel no Infravermelho Próximo

ρ_V = Reflectância do pixel no Vermelho Visível

Para o sensor Landsat TM, em função das características das bandas e sua resolução espectral, o índice passa a ter a seguinte notação:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Banda4} - \text{Banda3}}{\text{Banda4} + \text{Banda3}}$$

As causas deste desvio para o vermelho parecem ser muito complexas e não completamente compreendidas. “A clorofila **a** parece aumentar de abundância à medida que a planta vai «amadurecendo»; as maiores concentrações mudam a estrutura molecular de uma forma que aumenta bandas de absorção à margem da região de clorofila **a**, produzindo assim o desvio para o vermelho” (CAMPBELL, J.B. (1996, p. 461)). As aplicações deste índice são múltiplas, mas para ser devidamente utilizado deveria proceder-se à calibração dos valores do índice com dados físicos do terreno, o que não acontece neste caso.

Embora globalmente aceite como válido, este índice faz sobretudo sentido com espécies de folha verde. Visto que na área predominam largamente as espécies esclerófilas e com adaptações xerófitas, a validade visual poderia ser eventualmente menos clara, o que não se verificou. Outro dos problemas, neste tipo de áreas, é o grau de influência do sinal do fundo, ou seja, do solo. Para a aplicação destes índices ser efectuada com rigor deveria ter-se procedido à correcção atmosférica das imagens. Por várias razões já referidas isso não foi feito, embora a aplicação directa do índice seja prática comum e plenamente aceite.

Existem vários tipos de correcções a este índice, embora se baseiem em estudos e dados de terreno específicos para as várias áreas onde foram realizados. Muitos autores têm posto especial ênfase no efeito dos factores externos no valor do NDVI, especialmente quando se trabalha em áreas semi-áridas ou com pouca densidade do coberto vegetal natural, onde o sinal do solo é muito importante. Este facto levou à criação de outros índices, como o SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index, HUETE, A.R. (1987)) ou o ARVI (Atmosphere Resistant Vegetation Index, KAUFMAN, Y.; TANRÉ, D. (1992)), mas as características da área não parecem justificar o seu uso. Não obstante, aplicou-se outro índice (SAVI), mas os resultados foram excepcionalmente semelhantes aos do NDVI “normal”.

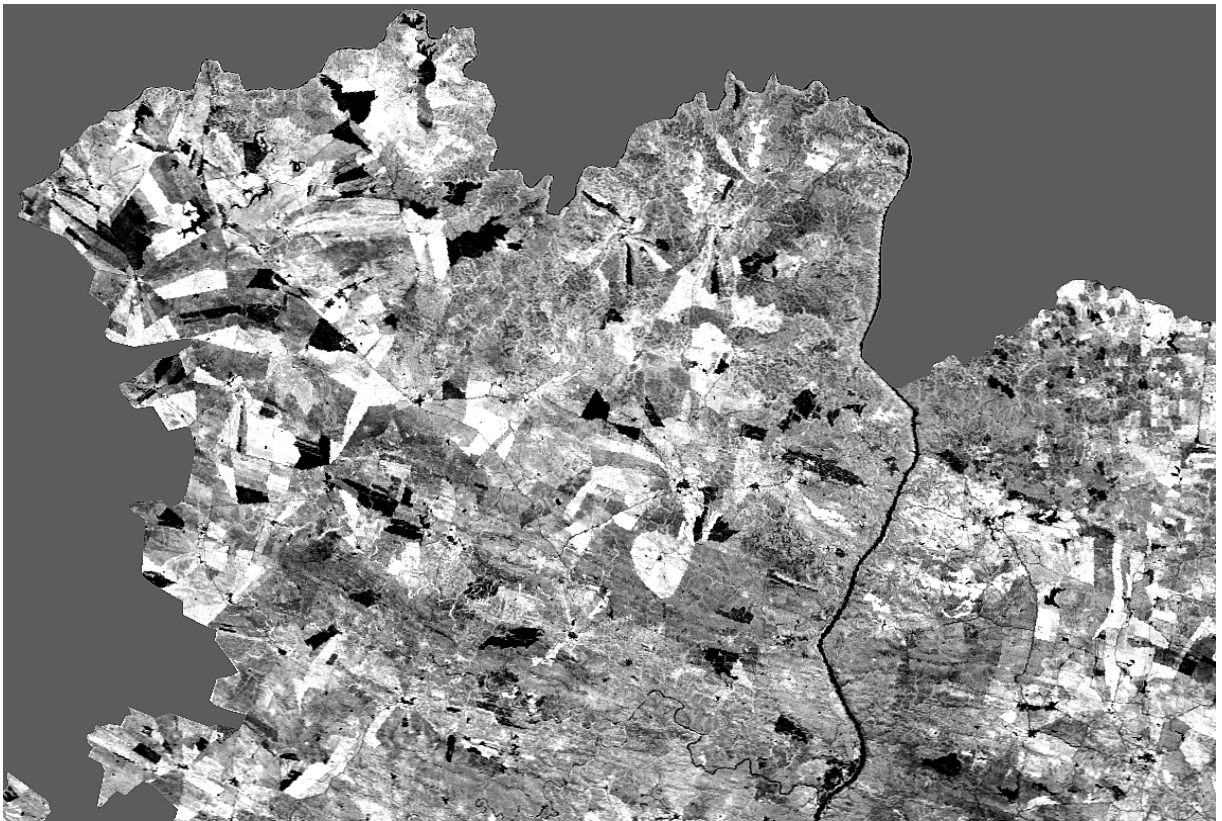


Figura 3.39 – NDVI, Abril de 2001, quarto Noroeste da imagem, máximo a branco, mínimo a preto.

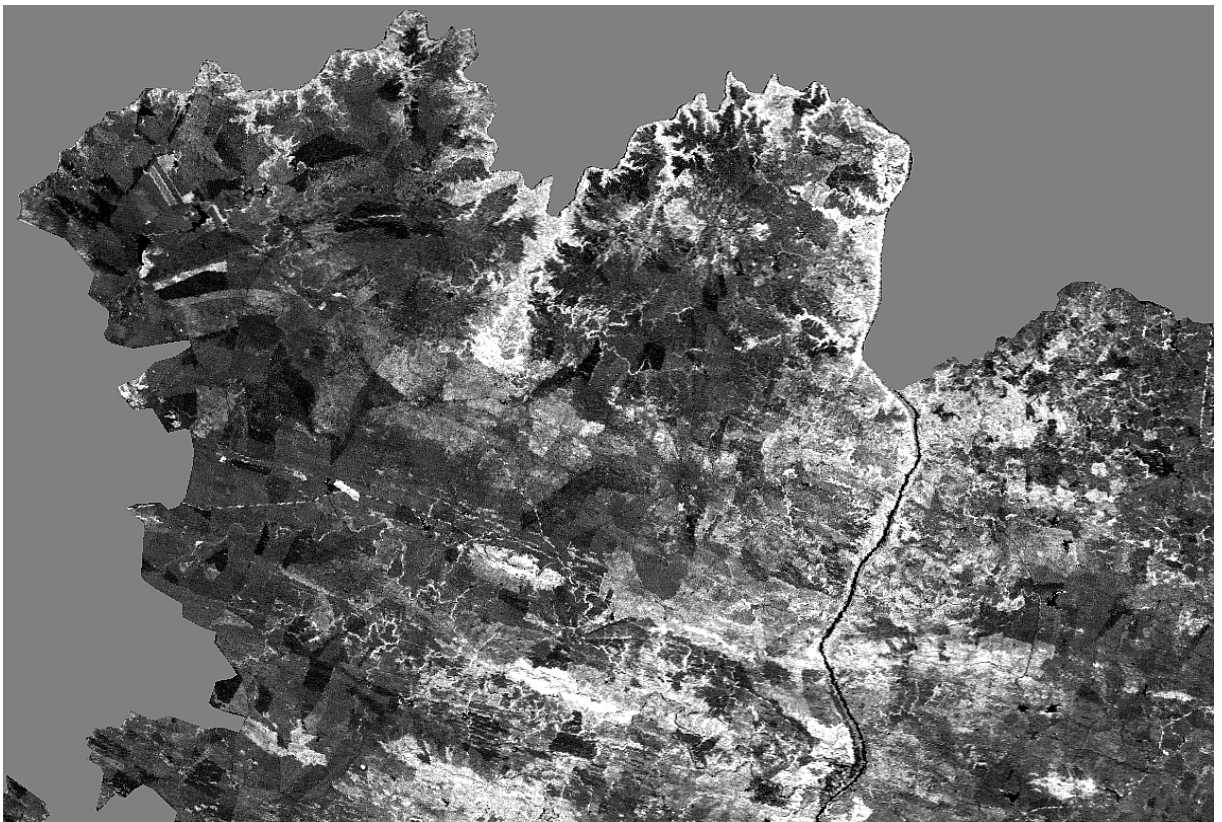


Figura 3.40 – NDVI, Outubro 2000, quarto Noroeste da imagem, máximo branco, mínimo preto.

Dado que o objectivo principal da criação deste “neo-canal” é aumentar a capacidade de discriminação, para melhor identificar objectos – temas, o NDVI é válido e passam-se a analisar, como exemplo, as imagens de 2000-2001. Como se pode ver na Figura 3.39, Abril de 2001, os valores máximos representados a branco são os campos de cereal e, eventualmente algumas pastagens plantadas - máximo vegetal. No extremo oposto, valores mínimos a preto, estão os campos lavrados (nenhuma actividade fotossintética) – máximo mineral - e a água (com valores negativos).

Todo o resto da porção de imagem ilustrada tem um tom cinzento claro, com muitas gradações de tons, que representam as áreas de vegetação natural, campos abandonados, pousios e pastagens. Quanto maior for a sua actividade fotossintética e maior a proporção de folhas verdes, mais claro o tom. As estradas e caminhos aparecem, muito nitidamente, com tom escuro. Desta forma são facilmente identificáveis as áreas onde existe agricultura, por oposição às áreas mais estáveis e homogéneas, em termos de tom, onde predomina a vegetação natural e semi-natural.

Na imagem de Outubro a situação é completamente diferente (Figura 3.40): os valores máximos correspondem às áreas de vegetação natural mais densa, ao longo das vertentes mais declivosas e topos de alguns relevos, bem como às áreas florestais e vegetação ripícola. Também as estradas aparecem, agora, em tons muito claros, pois o contraste da vegetação que as ladeia com o desenvolvimento vegetativo da envolvência é maior. No extremo oposto, domínio mineral extremo, estão os terrenos lavrados; em cinzento escuro bem como os campos com restolho do ano agrícola anterior. Os tons claros intermédios dizem respeito a áreas menos densas de vegetação natural.

Visto que o índice é relativizado e não se procedeu a correcção radiométrica, conversão dos números digitais em reflectâncias, os valores absolutos de NDVI devem ser interpretados com o devido cuidado. O mais importante é de facto a hierarquização dos valores, em termos relativos, que permite discriminar os diferentes tipos de coberto vegetal. Através dos dois perfis seguintes (Figura 3.41), do extremo Noroeste do Concelho à Vila de Mértola e desta ao extremo Nordeste do Concelho, podem observar-se não só as variações absolutas dos valores, como uma série de factos mencionados anteriormente.

No perfil de Outubro de 2000, há uma muito maior homogeneidade, há menos variações, os valores mínimos correspondem: à esquerda a uma albufeira em Vale de Açor, no centro, ao rio Guadiana e à direita a um campo lavrado. Os valores máximos correspondem a manchas de vegetação natural, tanto associadas a relevos como às margens de linhas de água, caso do pico maior da direita. Os valores quase não ultrapassam 0.3. A homogeneidade do perfil deve-se à época, posterior ao Verão, portanto com a vegetação herbácea globalmente seca e sem presença de cereais, muito activos fotossinteticamente e muito “verdes”.

O perfil de Abril de 2001 é completamente diferente, há muito mais “saltos” no perfil, correspondentes à sucessão cereal – lavrado (valores máximos – valores mínimos). Os máximos, com valores quase até 0.5, dizem respeito a campos de cereais e todos os valores são globalmente mais altos, sobretudo devido a toda a vegetação herbácea, dominante, no seu máximo desenvolvimento vegetativo. Os mínimos correspondem, o da esquerda e do centro, também à albufeira de Vale de Açor e ao Guadiana, sendo os valores mais negativos porque a profundidade da água é maior. O mínimo à direita corresponde também a água, uma linha de água que em Outubro tinha o leito completamente seco.

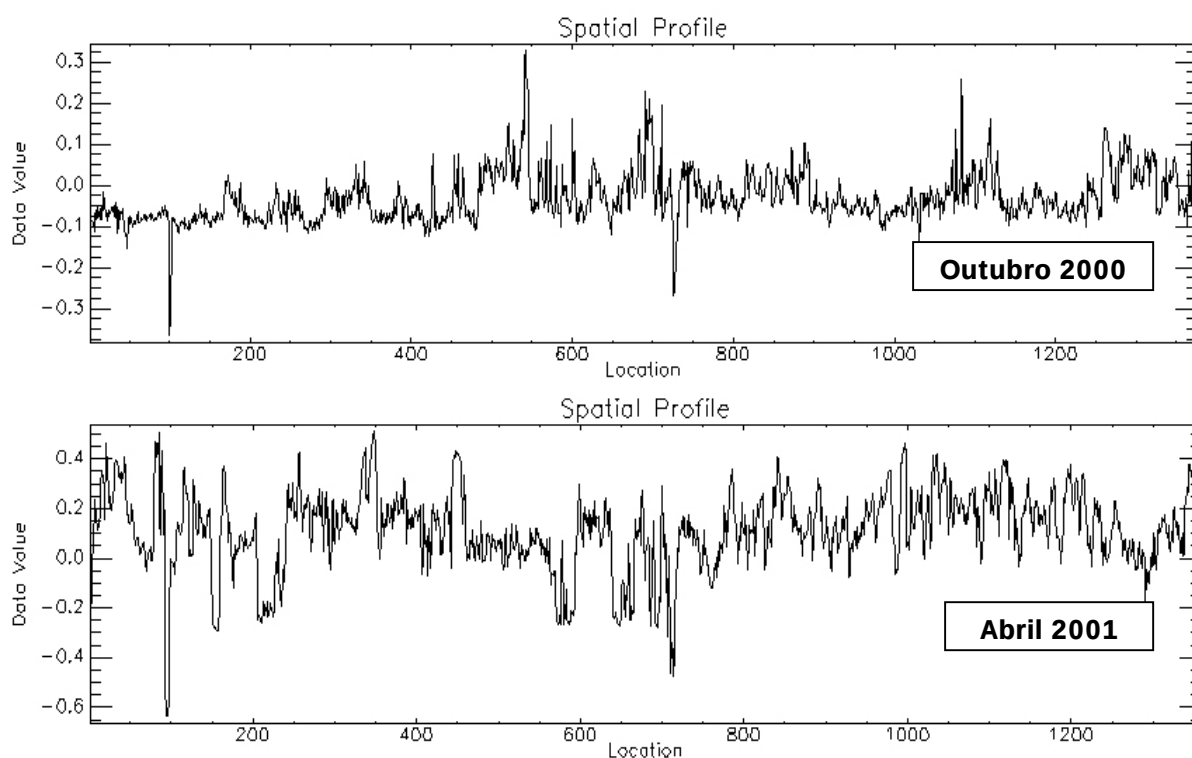


Figura 3.41 – Perfil NO – Mértola - NE, valores do NDVI, Outubro de 2000 e Abril de 2001. Por limitações de software não foi possível representar os dois perfis com uma escala vertical idêntica.

Para se poder compreender a razão de ser dos valores negativos que assume o NDVI, convém introduzir neste ponto alguns aspectos acerca do comportamento espectral da água, pois este não foi aprofundado no Capítulo II, Ponto 3 - Bases Físicas da Teledetecção. Segundo CAMPBELL, J.B. (1996, p. 521), os factores principais que determinam as qualidades espectrais da água resultam da interacção da “radiação incidente na superfície, ângulos de observação e iluminação e, nalguns casos, reflexão da luz pelo próprio fundo”. Pouca informação é reflectida pela superfície, pois grande parte da radiação é absorvida, como o infravermelho próximo, daí os valores negativos do NDVI. Nos solos a nu, alguns também negativos, o infravermelho é nulo e o vermelho tem algum peso, dada a cor avermelhada dos solos.

No entanto, na luz reflectida, sobretudo no espectro visível, existem uma série de informações acerca da “cor” da massa de água que são influenciadas por vários factores. O grau de reflexão, difusão e absorção é comandado pela quantidade, tipo e dimensão das partículas em suspensão, pelos mesmos processos que na Atmosfera (Figura 2.4). A difusão pelas partículas de menor dimensão provoca difusão dos comprimentos de onda mais curtos, por isso as massas de água sem impurezas apresentam uma cor azul ou azul – esverdeada. Ou seja, a cor da água é sobretudo função da difusão pelo volume de água, mais do que pela reflectividade. Assim, a transmissividade é um factor muitíssimo mais importante do que as características da superfície.

Com um aumento da concentração de sedimentos a massa de água deixa de se comportar como um “corpo negro”, aumentando o brilho nos comprimentos de onda visíveis. Além disso, há uma deslocação do pico de reflectância do azul em direcção ao verde. Com concentrações extremas de sedimento a massa de água tende a assumir a cor dos próprios sedimentos, razão pela qual se podem utilizar dados de Teledetecção para tentar avaliar o grau de sedimentos em suspensão nas massas de água, desde que existam dados de terreno, neste caso amostras de sedimento em suspensão nas várias massas de água à data da obtenção da imagem.

Também a variação de profundidade das massas de água influencia a sua resposta espectral. Como a água absorve os comprimentos de água mais longos, em profundidade a primeira cor a desaparecer é o vermelho, ficando somente os comprimentos de onda azul e verde. Quanto mais funda for a massa de água menos vermelho pode ser reflectido “para cima”.

Voltando à análise dos valores de NDVI para o Concelho de Mértola. Embora os valores absolutos do NDVI levarem alguns problemas de interpretação, pode-se passar à sua análise para as diferentes imagens (Quadro 3.16). Como é natural, as médias são francamente inferiores no início do Outono, comparativamente à Primavera, da ordem de um décimo. Também os desvios padrão são inferiores no início do Outono, neste caso na ordem de metade.

Mas o que se pretende avaliar com estes valores é a relação directa entre o NDVI e a precipitação acumulada, como foi apontado e justificado no Ponto 2.5 - Clima, onde foram caracterizados os vários anos de obtenção das imagens. Outubro de 1995 deveria constituir um extremo de secura, em termos da imagem, só não o é por 2 centésimos; 1985 deveria ser um ano intermédio, não o é; 2001 deveria ser um ano com óptimas condições para a vegetação e também não o é, isto considerando os valores médios de NDVI como indicador absoluto. A relação não parece ser assim tão directa.

Data	Desvio Padrão	Média	Precipitação Acumulada				
			1 semana	2 semanas	1 mês	2 meses	4 meses
1985-04-13	0.1125	0.2380	12.6	16.2	19.1	53.2	164.8
1985-09-04	0.0564	0.0369	0.0	0.0	0.0	0.0	44.2
1995-03-24	0.1278	0.2680	0.0	28.5	31.3	89.8	109.6
1995-10-18	0.0502	0.0226	0.0	0.0	0.0	3.5	11.0
2000-10-23	0.0689	0.0224	8.1	14.5	17.5	17.8	17.8
2001-04-01	0.1469	0.1112	17.0	22.1	94.4	188.8	468.6

		1 semana	2 semanas	1 mês	2 meses	4 meses
Coeficientes de Correlação	Média	0.164	0.746	0.252	0.425	0.289
	DVP	0.621	0.886	0.841	0.919	0.828

Quadro 3.16 – Média e desvio padrão dos valores de NDVI por datas, precipitação acumulada antes do dia de obtenção da imagem e coeficientes de correlação entre a média, desvio padrão e precipitações acumuladas.

Será que o desvio padrão é melhor indicador ? No caso da extrema secura esperada para Outubro de 1995 parece ser, esta data tem o valor mínimo, bem como para um melhor estado geral da vegetação na Primavera de 2001, que tem o valor máximo de desvio padrão. Neste caso, globalmente e com uma grande liberdade interpretativa, o desvio padrão parece ser melhor indicador do estado geral da vegetação. Põe-se então a questão causal, que só poderá estar relacionada com o seguinte facto (dedutivo): diferentes cobertos vegetais em bom estado vegetativo representam uma maior variabilidade de valores de NDVI do que somente alguns cobertos com valores muito altos de NDVI.

Visto que diferentes espécies de cobertos têm, claramente, valores máximos de NDVI diversos, quanto mais cobertos vegetais estiverem em bom estado vegetativo maior será a dispersão de valores por várias classes, aumentando assim proporcionalmente o desvio padrão do conjunto – mais peso por maior número de classes. No fundo, é uma questão de a maior dispersão significar que poderá haver um melhor estado vegetativo, numa maior diversidade de cobertos. Esta hipótese apresenta-se como extremamente interessante e será, garantidamente, objecto de pesquisa no futuro, só podendo ser devidamente analisada e estudada com dados de terreno, como tal está fora do contexto deste trabalho. Numa pesquisa bibliográfica, breve, não foi encontrada qualquer referência a este tipo de conclusão ou linha de análise, o que reforça o interesse em aprofundar esta questão no futuro.

No sentido de melhor se consubstanciar esta hipótese, passou-se à análise dos valores de precipitação acumulados anteriores à data de obtenção da imagem. Estes dados diários são do Centro Experimental de Vale Formoso, quase no extremo Nordeste do Concelho, mas como são os únicos dados diários disponíveis terão que servir para esta análise. No entanto devem ser mantidas as devidas ressalvas, conforme discutido no Ponto 2.5, relativas à variabilidade espacial e de intensidade das precipitações.

Procedeu-se então à análise da correlação entre a média e o desvio padrão dos valores de NDVI das várias imagens, variáveis dependentes, assumindo que alguma correlação deveria haver com os valores da precipitação anterior à imagem. Escolheram-se por isso vários períodos, os quatro meses incluem a quase totalidade do Verão para as imagens do início de Outono e, no caso das imagens da Primavera a quase totalidade do Inverno. Como se pode observar no Quadro 3.16, os valores que de longe melhor se correlacionam com a média dos valores de NDVI das imagens são os da precipitação acumulada nas duas semanas anteriores à obtenção da imagem. Em termos teóricos faz sentido, menos tempo não seria suficiente para uma resposta significativa da vegetação (valor mínimo de correlação para uma semana), muito tempo antes implicaria que o efeito se poderia ir esbatendo, embora haja duas situações distintas: a passagem do Verão e do Inverno.

Mais interessante ainda é o resultado da correlação entre o desvio padrão e a precipitação acumulada, antes da data de obtenção da imagem. Os valores são globalmente bastante mais elevados, havendo um coeficiente de correlação máximo de 0.919 entre o desvio padrão do NDVI da imagem e a precipitação nos dois meses anteriores, valor este que já tem um forte significado estatístico e, logo, provavelmente causal. O período de dois meses faz também sentido, em termos de tempo de “resposta” do sistema vegetal, permitindo que vários cobertos e espécies diferentes atinjam estados de melhor desenvolvimento. Os valores obtidos só reforçam a hipótese inicial, de que o desvio padrão dos valores de NDVI é melhor descritor do estado geral do ecossistema.

Depois desta discussão e dos resultados obtidos, resulta clara a argumentação levada a cabo no Ponto 2.4 deste Capítulo, a propósito do uso de índices de vegetação para avaliar directamente o grau de degradação do ecossistema. Sem se analisar devidamente as características e dados climáticos, a extrapolação será menos correcta. Ao que tudo indica, muito mais importante do que o estado de degradação deste tipo de ecossistema é o seu passado imediato, em termos de disponibilidade de água, que condiciona os valores médios de NDVI. Claro está que, para se poder afirmar isto inequivocamente, deveria também haver dados de terreno, sobretudo de humidade de solo, além de que se está aqui a englobar um sem número de situações, em termos espaciais, num só indicador e dois valores. Essa desvantagem acaba, em verdade, por ser uma vantagem, pois representa o oposto a tomar-se a parte pelo todo, além de que uma medida de dispersão como indicador faz certamente muito mais sentido neste tipo de ecossistemas.

Há, contudo, um valor que parece não fazer grande sentido, o NDVI médio para Abril de 2001, que é francamente baixo (0.1112) e menos de metade dos outros valores da Primavera. Parece haver uma justificação para este facto: o Outono de 2000 foi seco, segundo a classificação apresentada anteriormente, o que atrasou imenso as sementeiras, sobretudo por dificuldade de abertura de alqueives. Seguiu-se um Inverno húmido, que em nada favorece o crescimento dos cereais. O valor acumulado de precipitação nos quatro meses anteriores à obtenção da imagem, 468.8 mm quando a média de Inverno é de 211.4 mm, implica todo o tipo de problemas para os cereais: mau enraizamento, raízes podres, etc. Como se pôde constatar durante o trabalho de campo desta Primavera, os campos de cereal apresentavam um aspecto “miserável”, em 16 de Julho de 2001 a ANPOC (Associação Nacional de Produtores de Cereais) estimava para o Alentejo uma colheita 80 % inferior à média.

Uma vez que o estado dos cereais era muito mau, e também que os valores mais altos de NDVI na Primavera são os dos campos de cereais, a média é mais baixa que nos outros anos e o facto de o desvio padrão ser maior, na linha de raciocínio anterior, só reforça a indicação de bom estado geral vegetativo do ecossistema “natural” da área. Enquanto o valor máximo de NDVI em Abril de 2001 foi de 0.6425, em Abril de 1985 fora de 0.7123 e em Março de 1995 de 0.7778, mas mais importante que isso é a distribuição dos valores por classes de NDVI para as imagens da Primavera (Quadro 3.17).

De facto, em Abril de 2001, os valores máximos de NDVI têm um peso muito baixo, ao invés de Março de 1995, o que parece comprovar a justificação do valor médio ser anormalmente baixo para a Primavera. Nos outros anos os valores superiores a 0.20 totalizam: 68.0 % em 1985, 72.8 % em 1995 e somente 22.5 % em 2001. As médias encontram-se hierarquizadas, precisamente, pela maior concentração de pixels com maiores valores de NDVI, que como foi visto dizem respeito sobretudo aos cereais.

	-1.00	-0.85	-0.70	-0.55	-0.40	-0.25	-0.10	0.05	0.20	0.35	0.50	0.65
Ano	-0.85	-0.70	-0.55	-0.40	-0.25	-0.10	-0.04	0.20	0.35	0.50	0.65	0.80
1985	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	6.6	24.8	55.4	11.7	0.9	0.0
1995	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	5.6	21.2	50.2	19.3	3.2	0.1
2001	0.0	0.0	0.3	0.4	1.3	4.5	23.0	48.0	17.5	4.7	0.3	0.0

Quadro 3.17 – Distribuição por classes dos valores de NDVI para a Primavera dos vários anos.

A Primavera de 2001 apresenta a melhor distribuição dos valores, o desvio padrão máximo e a precipitação acumulada em dois meses máxima. Seguida, pela mesma lógica e ordem de: 1995, segunda melhor distribuição de valores, segundo valor de desvio padrão, segundo valor de precipitação acumulada nos dois meses anteriores à obtenção da imagem, ficando 1985 em último.

O que falta demonstrar são os valores de equilíbrio da distribuição, pois não estão ainda devidamente quantificados. Medindo estatisticamente o valor oblíquo da distribuição, que caracteriza o seu grau de assimetria em redor do seu ponto médio, segundo a fórmula apresentada a seguir, ficam demonstrados os valores para os três anos, confirmando-se a melhor distribuição para 2001 (2.490186), seguido de 1995 (2.247742) e 1985 (2.185986). Valores mais altos traduzem maior distorção, maior distorção implica melhor distribuição.

$$\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3$$

Pode concluir-se que o enquadramento climático dos anos e períodos estacionais de obtenção das imagens já apresentado é importante e parece estar correcto, bem como o facto de o desvio padrão do NDVI da área parecer ser um óptimo indicador do estado vegetativo geral e correlacionar muito significativamente com os valores das precipitações dos dois meses anteriores à obtenção da imagem. Além destas conclusões, os “neo-canais” de NDVI apresentam, como se pretendeu demonstrar, grandes vantagens em termos de identificação e, também, de interpretação das imagens.

5.6 “Density Slice”

Uma técnica que foi utilizada para identificar espacialmente, nas imagens, as áreas com valores máximos e mínimos de NDVI, foi a “density slicing”, que constitui também um método de realce de imagem. Esta técnica consiste, segundo SABINS, F.F. (1996, p. 267), na “conversão da escala contínua de tons cinzentos da imagem, numa série de intervalos de densidade, ou fatias (*slices*), em que cada uma corresponde a uma classe específica de números digitais”.

Desta forma, as visualizações analógicas qualitativas são convertidas em visualizações digitais quantitativas. Este facto é mais relevante no caso do NDVI porque, ao contrário das imagens “brutas”, os valores dos pixels deixam de ser de 0 a 255 para passarem a ser números de virgula flutuante, muito mais contínuos que discretos (cada ficheiro NDVI tem 10 Mb e uma banda, cada imagem tem sete bandas e 17.5 Mb). Este facto torna difícil e por vezes imperceptível distinguir nuances mínimas de valores, convertidas na escala de cinzentos.

O processo de criação destas “fatias” depende, única e exclusivamente, do interesse e objectivos de quem está a proceder à visualização e interpretação, podendo-se atribuir um determinado número de cores e gamas de cores às classes relevantes. Apresentam-se de seguida dois exemplos (Figura 3.42), criados para determinação espacial das áreas de NDVI máximo e mínimo. Esta técnica pode aplicar-se, também, a muitos outros “neo-canais”, desde rácios de imagens a componentes principais.

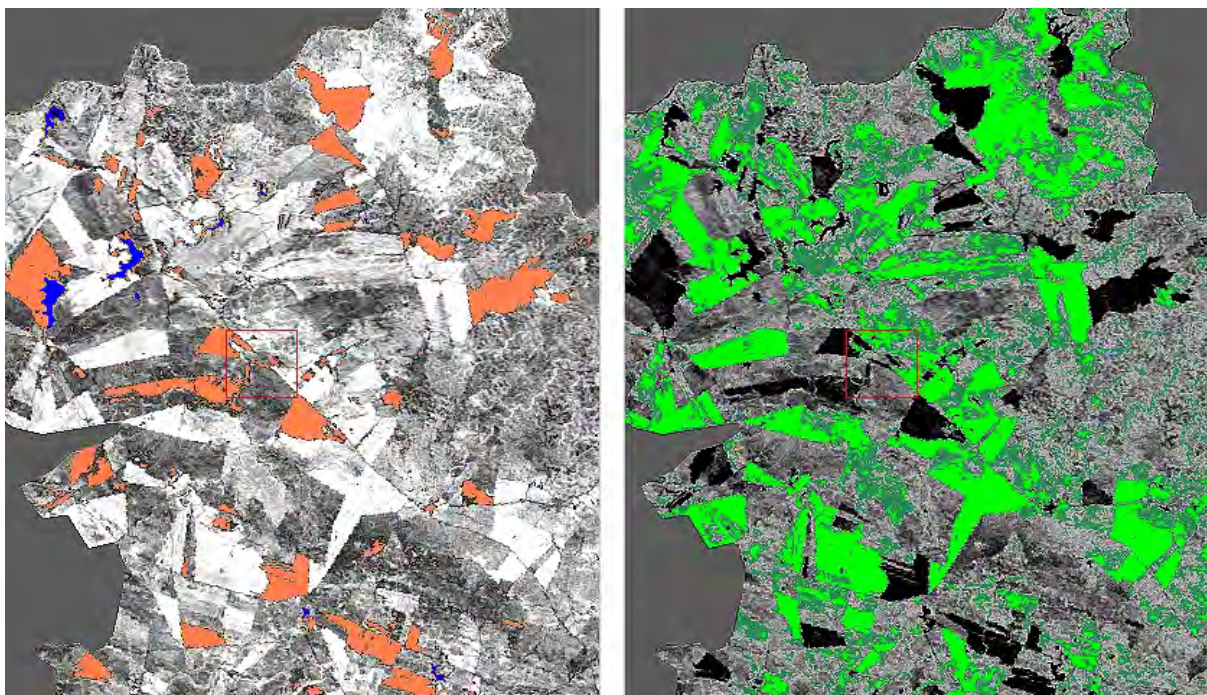


Figura 3.42 – “Density slice” da imagem do NDVI para Abril de 2001, à esquerda valores mínimos a azul (água), seguidos dos campos lavrados (ocre). À direita, valores máximos de NDVI, divididos em duas classes, correspondentes a campos de cereal.

5.7 Análise de Componentes Principais

Até aqui foi abordada a identificação de objectos – temas, visualmente, nas imagens com o apoio de métodos e técnicas de extracção de informação e realce de imagem. Mas, no contexto do processamento digital de imagem de satélite, existe outro tipo de identificação e extracção de objectos, não geográficos, mas sim estatísticos. Esta extracção é feita a partir das características multi-espectrais das imagens, que possuem informação acerca da variação sistemática nas imagens. Como existe uma grande similaridade entre algumas bandas das imagens, como foi visto na matriz de correlações para optimização da selecção de combinações coloridas (Quadro 3.15), existem processos de sistematizar e sintetizar esta informação, diminuindo a redundância dos dados.

O processo mais sofisticado e complexo, mas mais eficaz, para se proceder a esta sintetização é a Análise de Componentes Principais (ACP). A parte teórica sobre ACP é adaptada e sintetizada de CAMPBELL, J.B. (1996, pp. 287-290), SABINS, F.F. (1996, pp. 280-283), CHUVIECO, E. (1996, pp. 348-356), MATHER, P.M. (1994, pp. 206-218) e RICHARDS, J.A. (1993, pp. 133-144).

Será feita somente uma descrição superficial deste método, pois o nível de detalhe exigido para a total descrição e discussão da ACP está completamente fora do contexto deste trabalho, além de ser de uma complexidade extrema (para uma descrição e análise completa e profunda ver DAVIS, J.C. (1986)).

Tentar-se-á exemplificar com dados de uma das imagens, neste caso a de Abril de 2001, até agora a que tem sido mais utilizada para exemplificação. Essencialmente, a ACP identifica a combinação linear óptima dos canais (bandas) originais que podem consubstanciar a variação dos pixels na imagem.

$$A = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4 \dots + C_n X_n$$

$X_1, X_2 \dots X_n$ – valores de pixels em (n) Bandas Espectrais

$C_1, C_2 \dots C_n$ – coeficientes aplicados individualmente aos valores dos respectivos canais

A – representa o valor transformado de um pixel

Os valores óptimos para os coeficientes são calculados por um procedimento que assegura que os valores que produz consubstanciam a variação máxima dentro do conjunto de dados. Logo, este conjunto de coeficientes garante a máxima informação reproduzida por uma única banda, formada pela combinação linear das bandas originais.

Esta combinação define um eixo de auto-semelhança máxima entre os dados, num espaço com tantas dimensões quantas as bandas (variáveis) analisadas. Representando graficamente (Figura 3.43), para uma situação de duas bandas (variáveis), ao longo de (A) existe uma forte correlação positiva entre os dados, havendo uma outra correlação no sentido dos residuais (B). Assume-se que uma rotação dos eixos (X, Y) para as direcções A e B melhorará a disposição original dos dados e, provavelmente, também a separação entre os grupos homogéneos de valores. Os coeficientes referidos acima, ao serem aplicados aos valores originais, produzem uma rotação dos eixos originais, passando a “direcção” (A) a ser a primeira componente principal (num novo eixo A, B) e a “direcção” (B) a segunda componente principal (num novo eixo B, A).

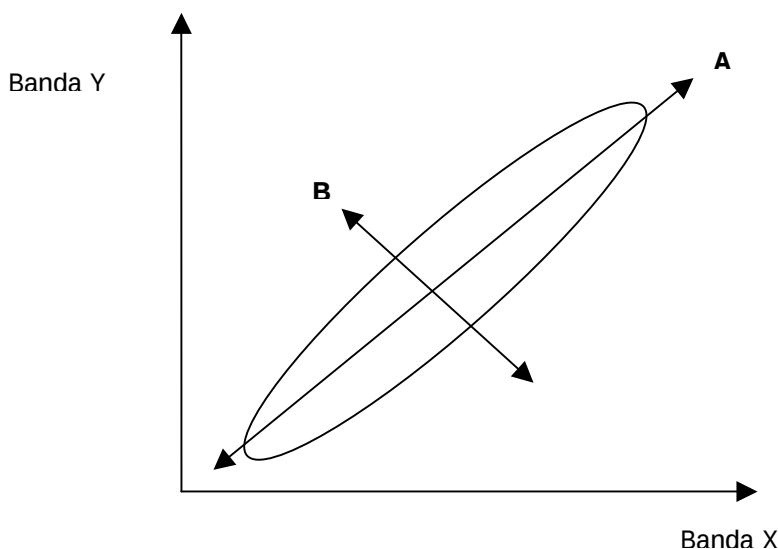


Figura 3.43 – Representação gráfica dos valores da Banda X contra a Banda Y, correlação entre ambas no sentido (A), correlação entre os residuais no sentido (B).

Difícilmente se consegue imaginar, ou visualizar, um sistema de sete eixos de coordenadas (as sete bandas de cada imagem), mas o resultado da aplicação de uma ACP a uma imagem produz sete componentes principais, que são o máximo iguais a si próprias (em termos de correlação) e o máximo diferentes de todas as restantes (perpendiculares). Tudo isto se passa num espaço a sete dimensões para uma imagem, a catorze dimensões para uma ACP de duas imagens ou, no limite, a quarenta e duas dimensões se se fizer uma ACP das seis imagens.

Em termos gerais, as componentes principais de uma imagem obtêm-se da seguinte forma:

$$CP_j = \sum_{i=1}^p C_{i,j} X_i + R_j$$

- CP_j – número digital do pixel correspondente à componente principal j
 $C_{i,j}$ – coeficiente aplicado ao número digital da banda i (X_i), para gerar a componente j
 R_j – constante introduzida para evitar valores negativos

Passando à descrição, exemplificada, dos passos necessários para obter as componentes principais. O primeiro passo é extrair os autovalores (Quadro 3.19) ³⁴ para cada uma das componentes, a partir da matriz de covariância – correlação (Quadro 3.18). Os autovalores exprimem a “longitude” de cada uma das novas componentes e a proporção de informação original que contêm, com base nestes valores pode decidir-se quais são as componentes principais mais interessantes, em termos de informação sintetizada. Como o objectivo é maximizar a variância extraída com a ACP, os autovalores das componentes principais vão sendo sucessivamente menores. A variação que cada componente principal explica calcula-se como a proporção do seu autovalor, em relação à soma de todos os autovalores (Quadro 3.19):

$$V_j = \frac{AV_j}{\sum_{j=1}^p AV_j}$$

- V_j – variação explicada da componente principal j
 AV_j – autovalor da componente principal j
 P – número total de componentes

A interpretação do Quadro 3.19 é a seguinte: cada componente principal tem os respectivos autovalores, decrescentes, sendo que a primeira componente principal explica 73.0180 por cento da variância total dos números digitais de toda a imagem. A segunda componente, que é o mais auto-semelhante possível e o mais diferente possível de todas as outras (perpendicular num espaço de sete dimensões), explica 19.1337 por cento da variância total dos números digitais de toda a imagem e

³⁴ É esta “passagem”, a mais complexa, que será omitida.

assim sucessivamente para as outras componentes principais. A última explica somente 0.1534 por cento da variância total da imagem. Em termos cumulativos, as três primeiras componentes explicam 98.2627 por cento de toda a variância da imagem.

Matriz de Covariância

Banda	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7
1	25.575	33.696	63.129	-8.860	65.867	5.134	66.982
2	33.696	55.183	94.990	15.585	102.070	4.715	95.955
3	63.129	94.990	189.075	-14.934	193.722	12.095	193.693
4	-8.860	15.585	-14.934	195.029	59.548	-7.569	-1.204
5	65.867	102.070	193.722	59.548	364.847	20.981	297.151
6	5.134	4.715	12.095	-7.569	20.981	7.204	19.760
7	66.982	95.955	193.693	-1.204	297.151	19.760	274.084

Matriz de Correlação

Banda	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7
1	1.000	0.897	0.908	-0.125	0.682	0.378	0.800
2	0.897	1.000	0.930	0.150	0.719	0.236	0.780
3	0.908	0.930	1.000	-0.078	0.738	0.328	0.851
4	-0.125	0.150	-0.078	1.000	0.223	-0.202	-0.005
5	0.682	0.719	0.738	0.223	1.000	0.409	0.940
6	0.378	0.236	0.328	-0.202	0.409	1.000	0.445
7	0.800	0.780	0.851	-0.005	0.940	0.445	1.000

Quadro 3.18 – Matrizes de covariância e de correlação, imagem de Abril de 2001.

Componente Principal	Autovalor	% Variância	% Variância - Cumulativa
1	811.2280	73.0180	73.0180
2	212.5752	19.1337	92.1517
3	67.8927	6.1110	98.2627
4	7.2225	0.6501	98.9128
5	5.6843	0.5116	99.4244
6	4.6894	0.4221	99.8465
7	1.7048	0.1534	100.000

Quadro 3.19 – Autovalores e percentagem da sua variância, imagem de Abril de 2001.

Mas falta ainda um passo. Além da “longitude” de cada eixo interessa conhecer a sua direcção, pois para se poder interpretar o sentido das novas variáveis é necessário conhecer a sua relação com as originais. Pela mesma razão, para calcular as equações que servirão para obter as novas imagens, é necessário contar com os coeficientes de transformação ($C_1, C_2 \dots C_n$ na primeira fórmula). As duas questões podem abordar-se a partir dos autovectores, que indicam a ponderação que deve aplicar-se a cada uma das bandas originais para obter a nova componente principal. No fundo, equivale aos coeficientes de regressão numa transformação linear ($A = C_1 + C_2 + C_3 \dots + C_n$), as bandas da imagem são as variáveis independentes e as componentes principais as dependentes.

A partir dos autovectores, calcula-se a matriz de correlação entre as componentes principais e as bandas da imagem, o que permite conhecer o peso que cada uma das bandas tem nas várias componentes e, logo, o significado espectral das componentes. A fórmula para cálculo da matriz é a seguinte:

$$r_{i,j} = \frac{a_{i,j} \sqrt{AV_j}}{S_i}$$

- $r_{i,j}$ – coeficiente de correlação entre a componente j e a Banda i
- $a_{i,j}$ – autovector dessa componente na mesma Banda
- AV_j – autovalor da componente j
- S_i – desvio padrão da Banda i

Os resultados finais podem ser analisados no Quadro 3.20: cada componente correlaciona, positiva ou negativamente, com cada banda original da imagem. Neste caso a primeira componente principal valoriza sobretudo a banda 1 do espectro visível e um pouco a banda 4, infravermelho próximo, a segunda valoriza bastante o infravermelho médio (banda 7), o próximo (banda 4) e o visível. A terceira valoriza bastante a banda 1, a banda 6 (térmica), bandas 5 e 1. Além deste aspecto, o contributo de cada banda, há também a ter em conta que as componentes principais realçam contrastes, no caso da primeira componente, além da contribuição da banda 1 (azul) do visível, o contraste é máximo com o domínio vegetal.

Porque a ACP e as diversas componentes não só revelam a contribuição sintetizada de cada banda, mas também os contraste entre bandas, conseguem visualizar-se nas componentes principais objectos – temas que quase não se vêem, ou identificam, nas bandas originais. Também por essa razão, a ACP é um método extraordinariamente potente de maximizar as possibilidades de visualização das imagens e capacidade de interpretação, permitindo “encontrar” no caos gigantesco de dados alguns aspectos que uma análise visual pura não revelaria. Outra vantagem é o facto de se “comprimir” o essencial de toda a imagem em poucas componentes – as três primeiras explicam 98.3 % da variância da imagem – o que permite com uma só composição colorida visualizar quase a totalidade da variância das sete bandas originais.

Autovalores	811.2280	212.5752	67.8927	7.2225	5.6843	4.6894	1.7048
% Variância	73.0180	19.1337	6.1110	0.6501	0.5116	0.4221	0.1534

Autovectores

Componente Principal	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7
1	0.146	-0.094	-0.214	0.087	-0.484	-0.470	-0.679
2	0.221	-0.006	-0.441	0.174	-0.198	-0.475	0.679
3	0.427	-0.224	-0.653	0.100	0.277	0.471	-0.181
4	0.054	0.940	-0.253	-0.178	-0.051	0.084	-0.084
5	0.646	0.201	0.474	0.551	0.110	-0.026	-0.028
6	0.039	-0.041	0.077	0.097	-0.794	0.566	0.176
7	0.570	-0.119	0.196	-0.779	-0.072	-0.065	0.074

Quadro 3.20 – Autovalores e autovectores, imagem de Abril de 2001.

Como se pode observar na Figura 3.44, cada componente realça um conjunto de aspectos: na primeira as áreas construídas, caminhos e diferentes manchas agrícolas são visíveis; na segunda há um enorme contraste entre áreas agrícolas e de vegetação natural; na terceira a água é o aspecto que melhor se destaca.

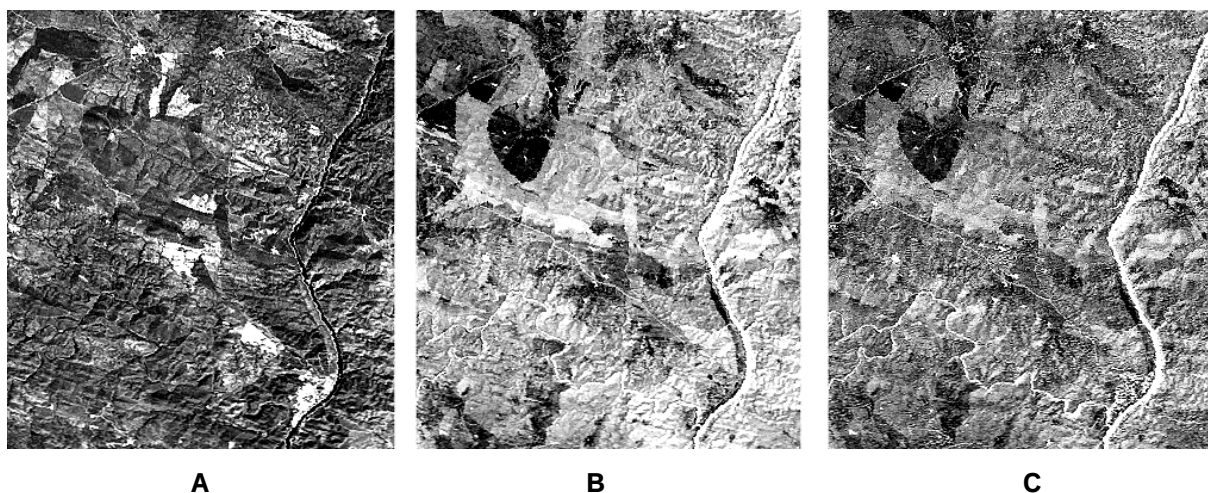


Figura 3.44 – Componentes principais, Abril de 2001, primeira (A), segunda (B) e terceira (C).

Representando estas três primeiras componentes como uma composição colorida, os resultados são excepcionais, pois numa só composição consegue-se visualizar a quase totalidade da informação da imagem. Como se pode ver na Figura 3.45, a riqueza de informação é extrema, permitindo distinguir, inclusive, manchas que somente através das bandas normais não era possível, como por exemplo a gradação nos campos de cereais, as diferenças entre vários estados de pousio, a gradação do domínio mineral, as estradas e caminhos que aparecem muito mais nítidas, bem como a água, etc.

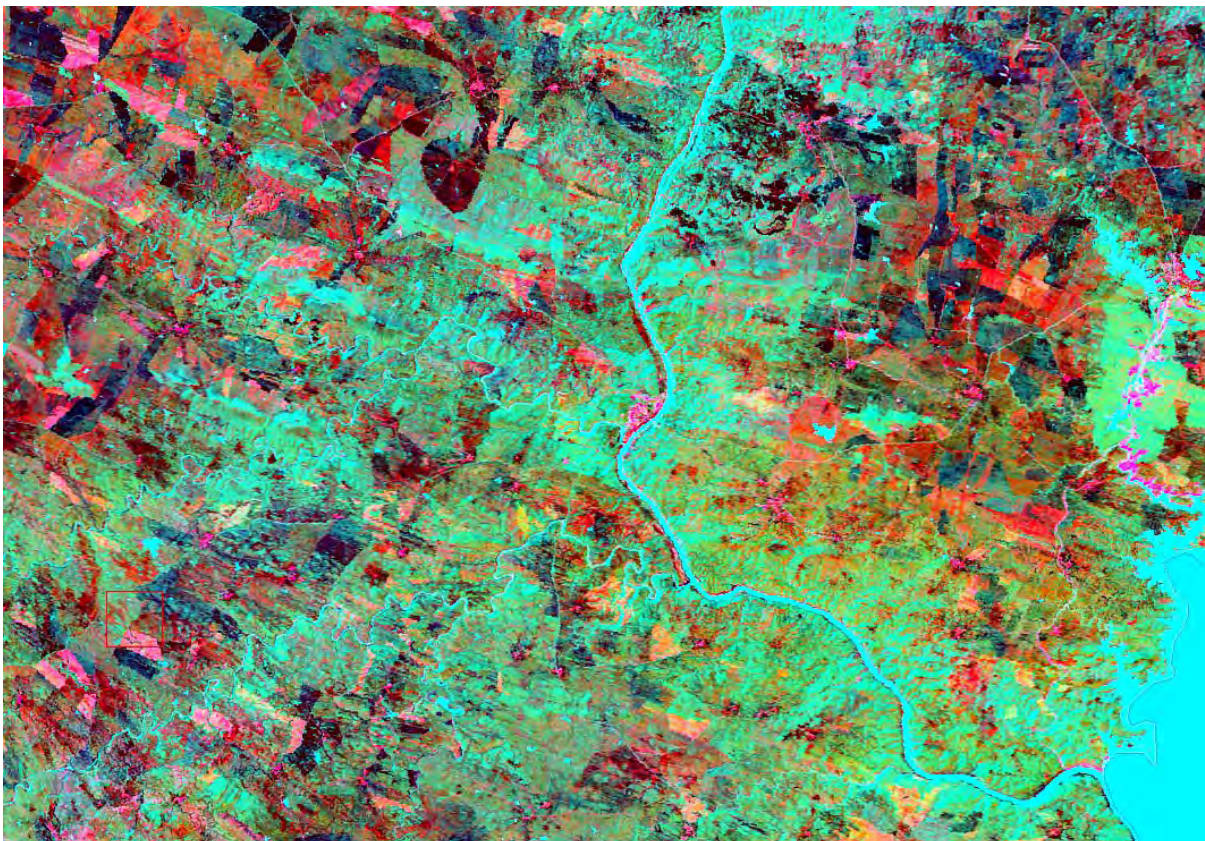


Figura 3.45 – Componentes principais, 123 – RGB, porção centro – Este do Concelho de Mértola.

Em termos gerais, na imagem, o lilás corresponde a mineral máximo (Mina de São Domingos e Vila de Mértola), progredindo por uma gama de rosas até vermelho que indicam terrenos lavrados. Os pretos a áreas de pousio, azul escuro a áreas de cereal, verde muito claro a vegetação natural, verde claro com textura mais regular a povoamentos florestais, quase a branco as estradas e caminhos.

Claro está que esta informação é interpretativa, pressupõe também conhecimento do terreno e análise prévia, pois observando simplesmente as imagens é difícil identificar os cobertos – usos. Esta enorme riqueza de informação reforça as possibilidades de identificação, bem como a posterior verificação dos resultados da classificação, pois permite um novo paradigma em termos de capacidade de discriminação por visualização, após um processo totalmente objectivo de extracção de informação e objectos estatisticamente relevantes.

Procedeu-se também à ACP entre imagens do mesmo ano, onde uma ou várias das componentes acabam por representar a mudança entre datas, bem como à ACP de todas as imagens, quarenta e duas bandas. Seria impensável abordar, em total detalhe, cada uma dessas ACP bem como discutir e ilustrar os seus resultados. No cômputo geral pode-se afirmar que, entre as imagens de cada ano, a ACP permite identificar com uma clareza extrema as mudanças entre estações, sobretudo todas as modificações que se prendem com o ciclo agrícola, alternância cereal – pousio.

Nas componentes principais de todas as imagens, por seu turno, há componentes que permitem identificar os elementos mais estáveis da Paisagem, as grandes manchas de vegetação natural e semi – natural, o que se revela, também, de extrema importância para efeitos de identificação. Alguns dos “neo-canais” resultantes serão, declaradamente, utilizados para identificação de objectos – temas e verificação dos resultados da classificação. Embora as últimas componentes principais sejam consideradas como, maioritariamente, ruído, revelam por vezes objectos – temas que de outra forma seriam quase imperceptíveis. Apresentam-se alguns exemplos nas Figuras 3.46 e 3.47.

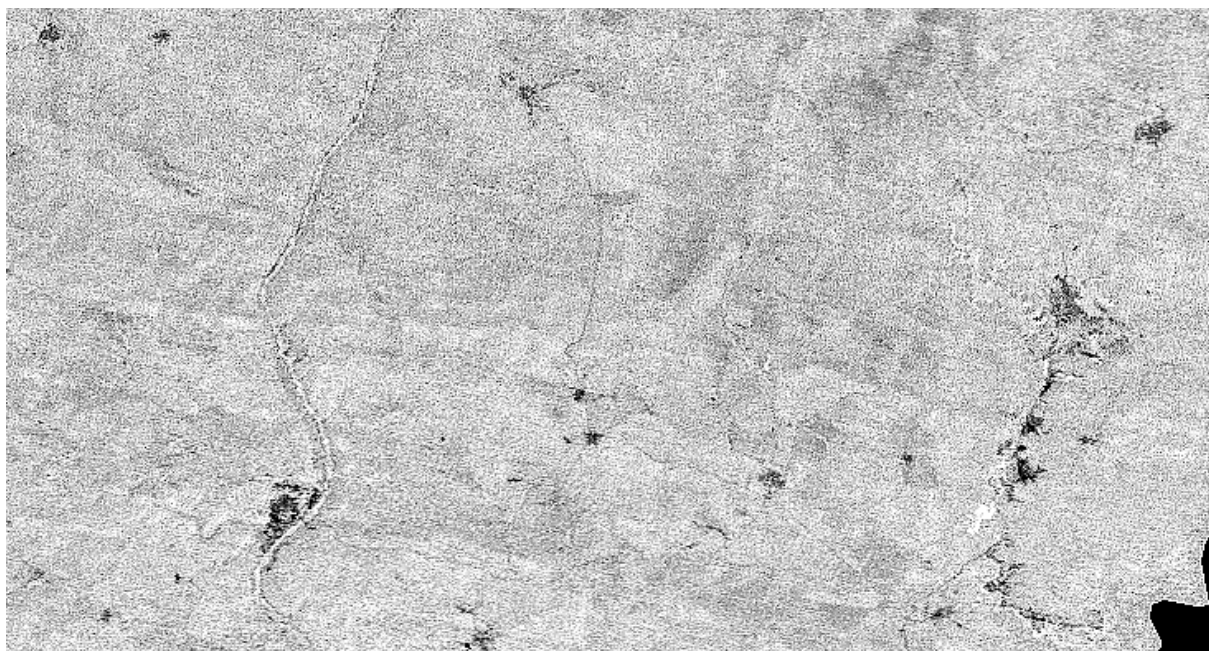


Figura 3.46 – Componente Principal 12 da ACP às imagens de 2000 e 2001. Tornam-se visíveis os núcleos urbanos e algumas vias de comunicação, Vila de Mértola à esquerda. Visto que são do domínio mineral, a confusão com solos e rocha é enorme visualizando com as bandas originais, sendo praticamente impossível “extrair” esta informação.

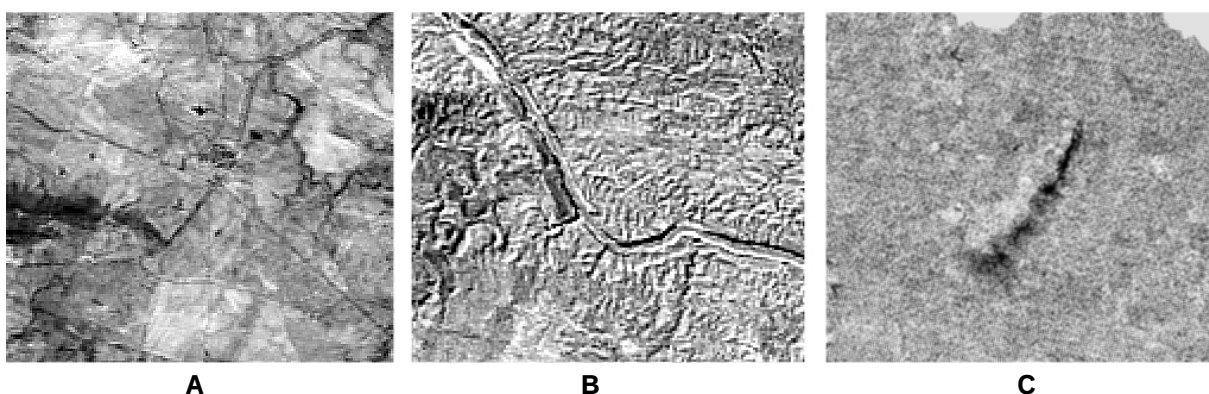


Figura 3.47 – (A) CP 2, ACP a todas as imagens, elementos mais estáveis da Paisagem: estradas, limites de propriedade. (B) CP 15, ACP a todas as imagens, sombra e topografia. (C) CP 13, ACP 2000-2001, pequeno incêndio em curso, sombra do fumo.

Depois desta breve abordagem à Análise de Componentes Principais, resulta clara a sua importância e potencialidades. Talvez depois desta exposição a definição sintética da ACP, referida em ENVI (1997, p. 316), faça mais sentido: “A Análise de Componentes Principais usa uma transformação linear de dados multi-banda, para traduzir e rodar os dados para um novo sistema de coordenadas, que maximize a variância dos dados”.

5.8 Análise da Textura

Até aqui, neste ponto acerca de análise visual, realces de imagem e “neo-canais”, trataram-se as imagens com base nos seus valores de “brilho”, procedendo a vários realces e transformações. No entanto, ainda não foi abordada a variação espacial desses valores, a textura. Alguns temas – objectos serão, eventualmente, melhor definidos e identificados procedendo à análise da variação espacial do brilho. Por outras palavras, para serem áreas texturalmente homogêneas devem apresentar variações homogêneas de brilho, passando os limites destas áreas a constituir “fronteiras” mais visualizáveis.

Para efeitos de identificação das áreas teste, amostras estatísticas radiométricamente significativas e posterior classificação, assume-se que estas áreas devem ser o mais homogêneas possível. Mas a heterogeneidade de alguns tipos de cobertos – usos, como as manchas de vegetação natural, são provavelmente muito melhor descritas pela heterogeneidade radiométrica no seu interior, o tema, aqui assumido como nome do objecto, pressupõe essa mesma heterogeneidade. Assim sendo, seria de extremo interesse identificar conjuntos de áreas texturalmente mais homogêneas e menos homogêneas, tanto para efeitos de interpretação visual da imagem, como também para melhorar a precisão da escolha das áreas teste.

Segundo CAMPBELL, J.B. (1996, p. 344), textura é constituída pelas: “relações espaciais e espectrais distintas entre pixels vizinhos”. Como refere JÄHNE, B. (1997, p. 383), “Um padrão arbitrário que se estende sobre uma grande área numa imagem não é certamente reconhecido como textura. Logo, a propriedade básica da textura é um pequeno padrão elementar que se repete periodicamente, ou quase periodicamente, no espaço como um padrão de um tecido”.

Partindo destas definições, se fosse possível medir a variância ou o desvio padrão de uma vizinhança determinada de pixels, percorrendo toda a imagem à semelhança dos filtros anteriormente descritos, poderia obter-se uma medida da variabilidade espectral à distância dessa vizinhança. Esse resultado constituiria uma medida da textura da imagem. No entanto, a execução desta medição deve ser cautelosa, pois não deve ter em conta as diferenças de tom na imagem mas sim o contraste espacial entre pixels.

Segundo WANG, F.; HE, D.C. (1990), (citado por CHUVIECO, E. (1996, pp. 457-458)), existe uma forma de executar esta medição, com uma janela de três por três pixels, denominada número de unidade de textura (NUT):

$$NUT = \sum_{j=1}^8 3^{j-1} E_j$$

NUT - Número de Unidade de Textura

E_j - medida da textura para cada pixel da janela

j - pixels de 1 a 8, o central não entra no cálculo

E_j - é igual a zero quando o número digital desse pixel é inferior ao do pixel central da janela, igual a 1 quando é igual e 2 quando é superior.

Exemplificando, para o pixel da segunda linha e segunda coluna, fazendo o cálculo no sentido dos ponteiros do relógio:

2	9		5	3
4	4	6	9	6
3	5	5	8	9
6	7	8	4	5
4	4	7	6	8

Valor de E_j

0	2	2
1		2
0	2	2

$$NUT = 3^0 \times 0 + 3^1 \times 2 + 3^2 \times 2 + 3^3 \times 2 + 3^4 \times 2 + 3^5 \times 2 + 3^6 \times 0 + 3^7 \times 1 = 2913$$

Quadro 3.21 – Exemplificação do cálculo da unidade de textura para uma janela 3X3.

Em termos de visualização posterior de uma imagem “tratada” desta forma, o que vai resultar é uma medida de contraste espacial entre valores radiométricos por cada pixel. Procedeu-se ao cálculo do número de unidade de textura para as imagens todas; como é natural são as imagens da Primavera que apresentam maiores contrastes, entre os valores dos campos agrícolas e os cobertos restantes. Optou-se por ilustrar esta técnica com a imagem de Abril de 2001, não só é mais fácil a interpretação, o trabalho de campo foi realizado nessa altura, como é a que apresenta maior variância radiométrica.

As unidades de textura são calculadas banda-a-banda, optámos assim por uma combinação colorida com as bandas que máxima discriminação proporcionam em Abril de 2001, conforme discutido no Ponto 5.4 deste Capítulo. A análise textural permite uma análise visual excepcionalmente interessante, os limites que aparecem com maior brilho nas imagens são, de facto, as fronteiras entre manchas texturalmente homogêneas e o “exterior” com o qual têm um grande contraste. Quanto maior o brilho maior o contraste entre o interior homogêneo e a envoltória.



Figura 3.48 – Unidades de textura das Bandas 453 em RGB, Abril de 2001, extremo Nordeste do Concelho de Mértola.



Figura 3.49 – Unidades de textura das Bandas 453 em RGB, Abril de 2001, extremo Noroeste do Concelho de Mértola.

Assim, texturalmente e como seria de esperar, os maiores contraste espaciais são entre os campos agrícolas: com cereal a fronteira aparece a vermelho, lavrados a fronteira aparece a azul e água, cujas fronteiras aparecem a amarelo ou branco nas albufeiras maiores. Há um enorme destaque, embora de pequenas dimensões espaciais, a um número imenso de pequenas charcas um pouco por todo o Concelho, cada ponto amarelo é um plano de água. A maioria da rede viária principal e caminhos de terra também aparecem, pois naturalmente apresentam um grande contraste espacial com os pixels da vizinhança. Os seus tons, tal como os dos aglomerados, são de um azul mais forte.

Em termos da textura global de várias áreas, há um contraste nítido entre a área do baldio, no extremo Nordeste, com pequena propriedade e uma textura fina e muito regular, e as áreas de maior propriedade no extremo Noroeste, textura mais grosseira e irregular com as fronteiras bem marcadas. Em termos gerais todas as áreas humanizadas, ou resultantes de actividades humanas, têm uma textura interior bastante homogénea, caso das áreas de rocha a nu da mina de São Domingos.

Em contraste total com o domínio humanizado estão as áreas de vegetação natural. Não há praticamente definição de fronteiras, implicando e resultando este facto de duas razões. Por um lado a heterogeneidade dentro das manchas é grande – o que faz todo o sentido em termos dos tipos de vegetação presentes na área – logo não se individualizam elementos texturais, claro está que isto é verdade a esta escala de análise, os três por três pixels e, sobretudo, com pixels de 30 metros. A textura é um elemento extremamente dependente da escala de análise.

O outro aspecto prende-se com o contraste textural com a envolência. Exceptuando algumas áreas de vegetação natural “cortadas” por campos ou caminhos, não havendo homogeneidade interna não pode haver contraste espacial com a envolência constituída por manchas homogéneas. Deste modo a textura das áreas de vegetação natural, que aparece a verde claro, é muito fina, não muito regular e não apresenta fronteiras nítidas. Passa-se o mesmo com os povoamentos florestais: a textura interna é regular, contínua quase, mas não há fronteiras bem marcadas com a envolência.

A análise textural apresenta, portanto, grande interesse e vantagens, não só em termos de identificação mas sobretudo de interpretação. O seu interesse primário, no contexto da classificação, será funcionar como instrumento de maximização da homogeneidade das áreas teste escolhidas, bem como rigor, tentando ao máximo evitar áreas de fronteira, radiometricamente mistas.

5.9 Transformação de Composições Coloridas Entre “Espaços de Cor” – RGB para HSI

Existe um outro tipo de realces de imagem, neste caso a partir de composições coloridas, que se vai abordar, pois constituem uma técnica com vantagens nítidas em termos de maximização da capacidade de discriminação de cobertos, além de permitirem a fusão de uma banda de maior resolução espacial, o que melhora em muito a qualidade visual da imagem. Até aqui, tem-se trabalhado com composições coloridas baseadas nas três cores primárias, mas existem alternativas.

Uma delas é a transformação dos tons primários (Vermelho, Verde e Azul – **RGB**) em Tom, Saturação e Intensidade (Hue, Saturation, Intensity – **HSI**), que tem demonstrado grandes potencialidades para aplicações de Teledetecção em geologia e geomorfologia, sobretudo em regiões áridas, bem como combinação de imagens com diferentes resoluções espaciais (como referem SABINS, F.F. (1996, pp. 274-277), CHUVIECO, E. (1996, pp. 304-305) e ENVI (1997, pp. 326-331)).

O tom resulta, segundo CHUVIECO, E. (1996, p. 304), da “longitude de onda onde se produz a máxima reflectividade do objecto: equivale à cor que os nossos olhos «vêem». A saturação refere a pureza da cor respectiva, o seu grau de mistura com as outras cores primárias. Por último, a intensidade pode identificar-se com brilho, em função da percentagem de reflectividade recebida”.

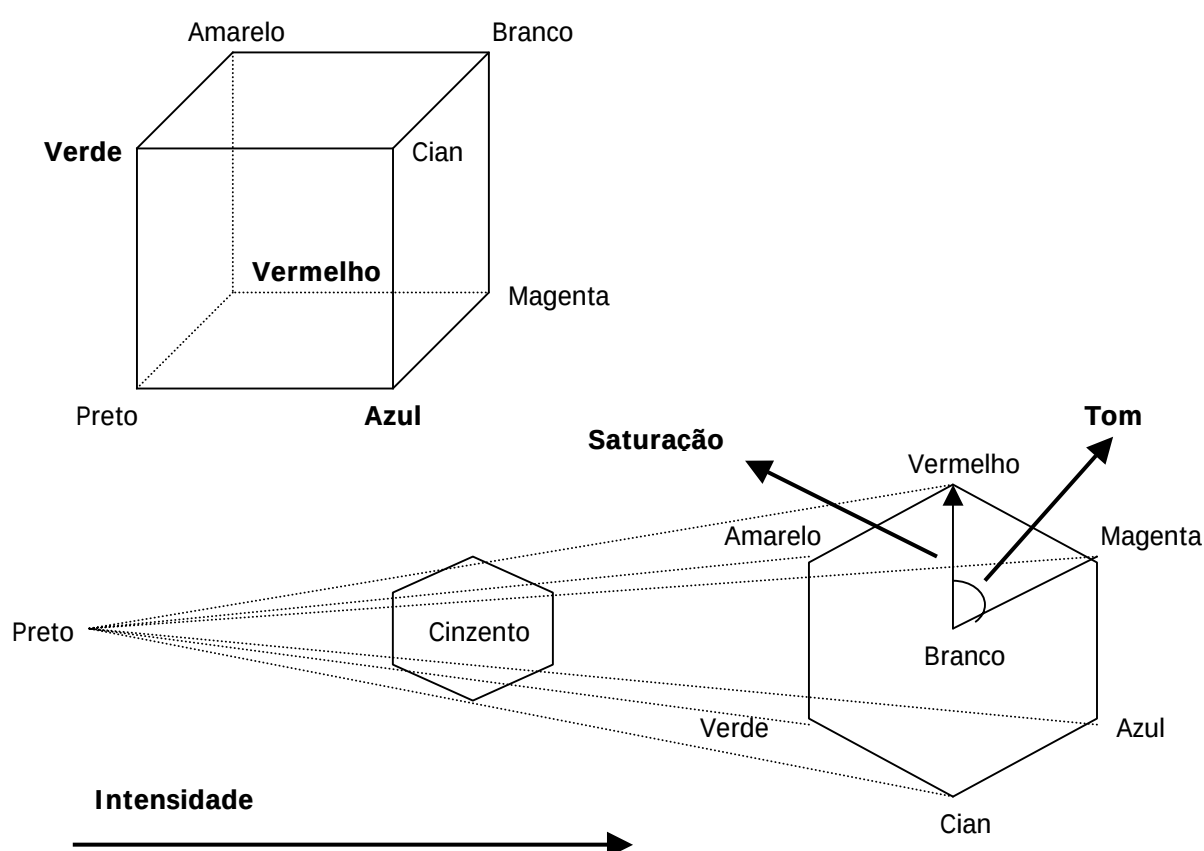


Figura 3.50 – Representação gráfica da cor a partir das coordenadas RGB e HSI (adaptado de CHUVIECO, E. (1996, p. 305) e SABINS, F.F. (1996, p. 275)).

É possível transformar as coordenadas de uma imagem com as cores primárias (uma composição colorida RGB) para as propriedades de cor (HSI). Cada pixel pode representar-se num diagrama tridimensional, correspondente às três cores primárias, (cubo das cores no canto superior esquerdo da Figura 3.50). No caso do “espaço” HSI, pode representar-se por uma pirâmide hexagonal, onde a face hexagonal, base, é o **Tom**, o eixo vertical, raio da base, a **Saturação** e a “altura” da pirâmide a **Intensidade**.

A transformação entre coordenadas RGB e HSI, pixel a pixel, pode aborda-se, segundo CHUVIECO, E. (1996, p. 305), da seguinte forma: partindo de uma combinação de bandas, composição colorida em RGB, que se vai converter em coordenadas HSI, sendo que ND Vermelho, ND Verde e ND Azul são os números digitais correspondentes às cores primárias:

$$Intensidade = \frac{ND_{Vermelho} + ND_{Verde} + ND_{Azul}}{3}$$

$$Tom = \arctan \left(\frac{2ND_{Azul} - ND_{Verde} - ND_{Vermelho}}{\sqrt{3} * (ND_{Verde} - ND_{Vermelho})} \right) + C$$

Onde	C = 0	se	ND Verde	>= ND Vermelho
	C = π	se	ND Verde	< ND Vermelho

$$Satura\tilde{c}\tilde{a}\tilde{o} = \frac{\sqrt{6}}{3} * \sqrt{ND_{Az}^2 + ND_{Vd}^2 + ND_{Vm}^2 - ND_{Az}ND_{Vd} - ND_{Az}ND_{Vm} - ND_{Vd}ND_{Vm}}$$

O resultado obtido para as imagens de Mértola permite uma nova “visão” das mesmas, embora a sua interpretação não seja óbvia, na medida em que as cores RGB são atribuídas não a bandas determinadas, cuja resolução espectral se conhece, mas sim aos três valores de HSI (Figura 3.51).

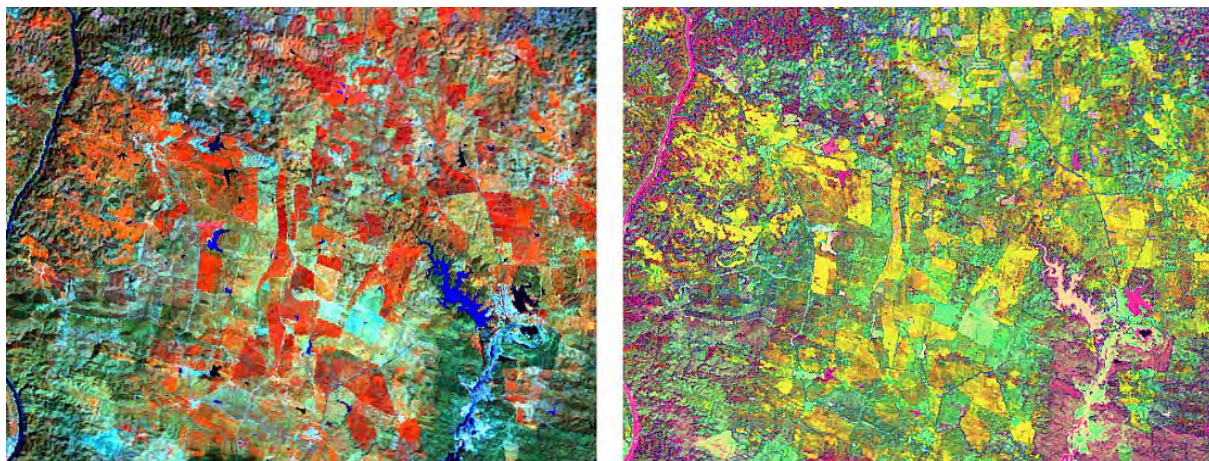


Figura 3.51 – Composição colorida 453 – RGB à esquerda, transformação RGB - HSI, à direita SIH representados como RGB, ou seja, composição colorida de HSI - Abril 2001.

Há uma série de nuances e gradações, em várias áreas aparentemente homogêneas em composições coloridas normais, que se tornam mais visíveis, nomeadamente nas áreas de pousio e campos agrícolas. Pela primeira vez, neste conjunto de técnicas de realce de imagem, parecem tornar-se vagamente visíveis algumas manchas de montado, sob a forma de uma “poeira” mais escura nalgumas parcelas agrícolas.

Mas a razão principal porque se menciona e aborda esta técnica, no contexto de um ponto do trabalho acerca de Análise Visual e Realces de Imagem, é porque a partir desta transformação do “espaço de cor” se torna possível integrar, fundir, imagens com diferentes resoluções, o que teria um interesse extremo em termos de análise visual e, sobretudo, de marcação de áreas teste. O objectivo é complementar a informação multi-espectral das sete bandas do sensor com informação de maior resolução espacial – Spot XS ou ETM Pancromático. Justifica-se, portanto, a sua apresentação, pois é uma técnica que permite a junção de quaisquer imagens de diferentes resoluções, como fotografia aérea digitalizada, permitindo aumentar exponencialmente a resolução das imagens.

No caso do Spot XS, como o pixel é de 10 metros, cada pixel Landsat TM passa a ser “fundido” com nove pixels Spot, ou, no caso da banda pancromática do Landsat ETM, cada pixel passa a ser “fundido” com quatro pixels (Figura 3.52). O processo é muito simples, teoricamente, depois de feita a transformação RGB – HSI, a Intensidade é substituída pela banda pancromática de maior resolução espacial. Aprofundando um pouco esta técnica, exequível para imagens que devem ser, claro está, do mesmo dia ou não muito díspares temporalmente.

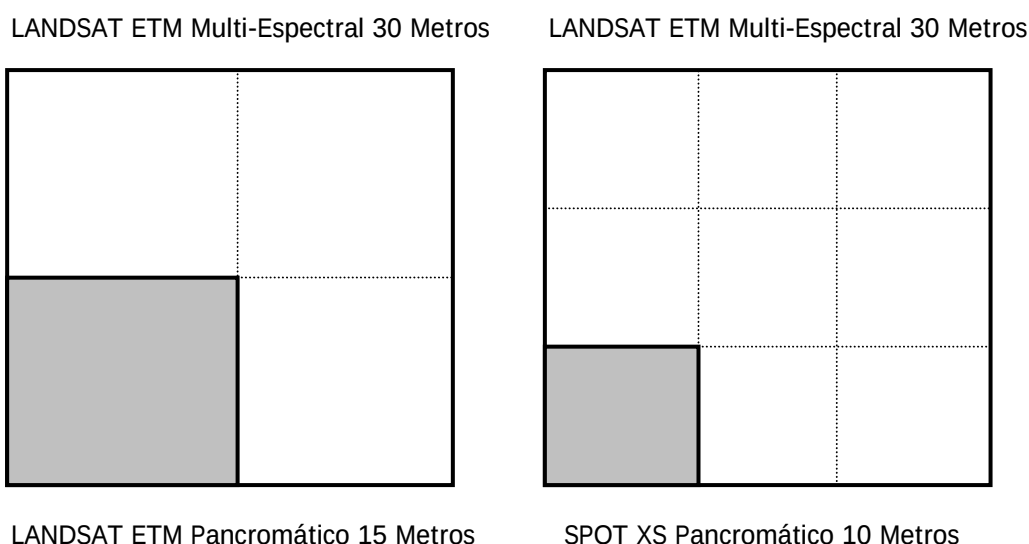


Figura 3.52 – Cada pixel TM multi-espectral passará a ter 4 e 9 “sub-pixels”, respectivamente, que aumentam assim exponencialmente a resolução espacial da imagem, embora o valor multi-espectral seja comum a todos os pixels pancromáticos.

Para se proceder a esta junção – fusão é necessário que as imagens multi-espectrais e a imagem pancromática estejam geo-referenciadas e se possam sobrepor com absoluta precisão. Ora este facto constitui o primeiro problema, pois é difícil registar duas imagens de resoluções diferentes imagem a imagem. Embora se tenha justificado anteriormente a não utilização da banda pancromática das imagens ETM de 2000 e 2001, por o sensor TM não a possuir, o que inviabiliza a classificação das imagens de 1985 e 1995 com base em áreas teste de 2000-2001, vai-se utilizar a banda pancromática para exemplificar e aplicar esta técnica de transformação RGB – HSI e fusão pancromático – multi-espectral. Está implícito, na escolha de sensor efectuada, que não se possui imagens Spot XS.

O primeiro passo foi a geo-referenciação das bandas pancromáticas, o que é difícil, pois cada pixel multi-espectral contém quatro pixels pancromáticos, dificultando a decisão quanto à localização exacta de qualquer ponto da imagem de maior resolução na de menor resolução. Por uma questão de facilidade visual de identificação procedeu-se a um “resample” da imagem inteira de 2001, passando os pixels de 30 metros para 15, tendo-se utilizado o método de RST (Rotation, Scaling and Translation), que garante uma alteração praticamente nula dos valores dos números digitais. Desta forma, ambas as imagens podiam ser visualizadas, em duas janelas lado a lado, para a mesma resolução de ecrã, tornando mais intuitiva a identificação de pontos comuns.

A decisão seguinte a tomar foi a de visualizar a imagem já geo-referenciada, imagem de base, como composição colorida ou somente uma banda em pancromático. A escolha foi pela visualização de somente uma banda, pois a “compatibilidade” visual entre as imagens é, obviamente, maior, tendo-se optado pela visualização da banda 4, infravermelho próximo, por ser a que apresenta maior semelhança de tons com a banda pancromática. A partir daqui procedeu-se à identificação de pontos comuns, que neste caso exigem um grau de rigor e precisão ainda maior do que anteriormente referido e efectuado.

Não aprofundando o “registo” imagem a imagem, pois já foi descrito e analisado anteriormente, mas deve-se referir que, como ambas as imagens são visualizadas em pancromático, a escolha de pontos comuns deve incidir sobretudo em pixels de brilho máximo ou mínimo, bem como em áreas de contraste extremo entre pixels e a sua vizinhança. Uma vez que a imagem base e a imagem a rectificar são da mesma data, optou-se sobretudo por margens de planos de águas, caminhos e todo o tipo de áreas de grande contraste. O processo de correspondência das coordenadas entre imagens foi bastante mais moroso, implicando a marcação de cerca de 150 pixels, depois de muitos serem rejeitados após duas tentativas iniciais de rectificação.

O resultado final, contudo, foi muito satisfatório, tendo atingido um RMS de 0.63, para uma resolução espacial de 15 metros. Depois de verificado o grau de ajuste do limite do Concelho à imagem, através de um ficheiro vector, procedeu-se à construção de uma máscara e “corte” da imagem, conforme descrito no ponto sobre pré-processamento. A verificação foi feita somente sobre a imagem de base completa, com pixels de 15 metros, pois é impossível sobrepor num monitor imagens de diferentes resoluções (cada pixel da imagem é atribuído a uma “pixel” do monitor).

As diferenças eram mínimas, embora isso possa ter sido “facilitado” pelo facto de a imagem de base ter sido “resampled”. Por essa razão, o ideal deverá ser uma rectificação e geo-referenciação das imagens de maior resolução a partir das cartas de base, coordenada a coordenada, pois o resultado terá provavelmente um rigor ainda maior. No entanto, como o grau de precisão da sobreposição era muitíssimo elevado considerou-se, neste caso, como válido o registo imagem a imagem.

Segue-se a transformação de uma composição colorida RGB em HSI, tendo-se escolhido a composição 453 de Abril, pelas razões de discriminação máxima já apresentadas e o resultado pode ser parcialmente observado na Figura 3.51. O passo seguinte é a substituição da componente intensidade pela imagem de maior resolução, desta forma a composição colorida passa a ter o seu conteúdo espectral descrito pelo tom e saturação, enquanto a intensidade passa a estar relacionada com a componente predominantemente espacial, proporcionada pela imagem pancromática de maior resolução. Todos os pixels são “resampled” para a resolução espacial máxima, 15 metros neste caso.

Os resultados são impressionantes, pois embora se perca poder interpretativo em termos espectrais, já não é claro que cor RGB representa que banda, os objectos e cobertos tornam-se perceptíveis e discrimináveis a uma resolução quatro vezes maior, (Figura 3.53). A qualidade da imagem para interpretação é muito maior, a topografia, toda a estrutura cadastral, os limites das manchas, as estradas e caminhos e muitos outros pormenores não observáveis com pixels de 30 metros tornam-se visíveis, o que facilitará muito a marcação e identificação de áreas teste, aumentando sobremaneira o rigor e precisão dessa mesma marcação. A melhoria é substancial sobretudo nas áreas de vegetação semi-natural, as que mais problemas põem em termos de limites.

Neste “produto visual” muito melhorado, torna-se possível evitar as áreas de fronteira, alguns pixels mistos e parte dos problemas relacionados estritamente com os limites físicos, espaciais dos objectos e temas a identificar. A fase de identificação e interpretação, referida no ponto acerca da Problemática da Teledetecção e posteriormente enquadrada na Sequência de Procedimentos para o Tratamento Digital das Imagens e posterior classificação, tem nesta técnica de transformação RGB – HSI e posterior fusão de imagens de maior resolução por substituição da Intensidade, uma poderosa mais valia e melhoramento qualitativo e quantitativo.

A visualização da composição resultante desta técnica não pode ser interpretada espectralmente, mas a componente mais importante que comporta, a componente predominantemente espacial da banda pancromática, é uma vantagem extrema. Dado que se pode, com praticamente todos os pacotes de Software de tratamento de imagem, visualizar simultaneamente várias bandas e composições coloridas, estas várias técnicas de realce, bem como os neo-canais criados e a análise textural, essa visualização simultânea constitui uma eficaz e poderosa ferramenta de melhor identificação de objectos – temas, interpretação da imagem e marcação das áreas teste.

Na Figura 3.53 podem observar-se os seguintes pormenores: em cima, à esquerda, arborização, com valas ao longo das curvas de nível; em baixo à esquerda, pormenor do relevo, caminho pela cumeada para a Capela de São Barão, na Serra do mesmo nome. À direita, em cima, “poeira” correspondente a azinheiras; ao centro arrifes (afloramentos rochosos alongados, parcialmente ocupados com vegetação natural) e em baixo, reflorestação, onde são visíveis os alinhamentos de árvores. A melhoria visual e de resolução é significativa e de grande interesse para a interpretação.

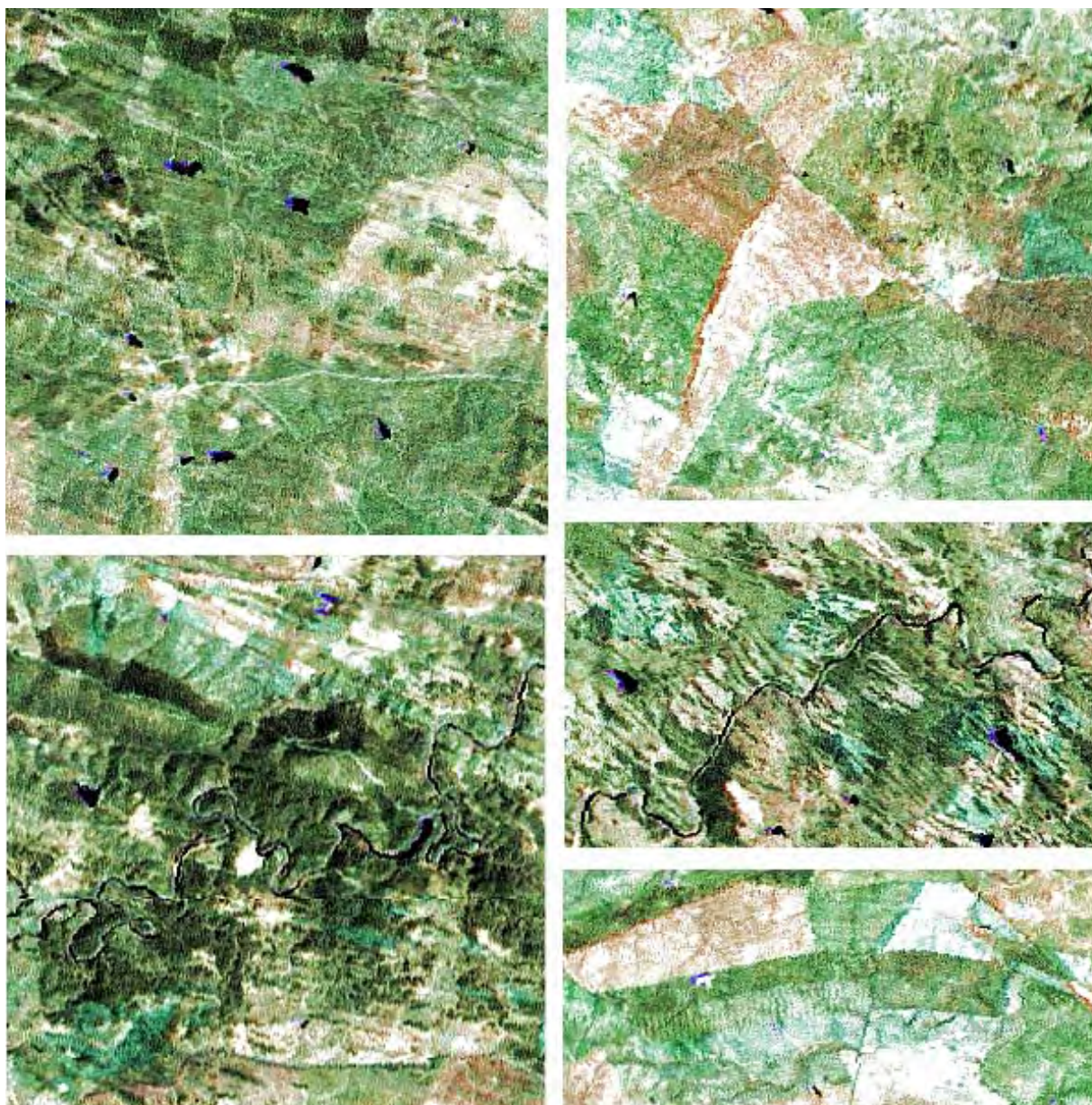


Figura 3.53 – Pormenores da fusão da banda pancromática do Sensor ETM à composição colorida 453 – RGB de Abril de 2001, depois da conversão RGB – HSI.

Neste ponto do trabalho, estão reunidas as técnicas, métodos e escolhas necessárias para se passar à definição da pré-legenda. Existe uma panóplia imensa de métodos e técnicas que não foram abordadas, filtragens, transformações de imagem, índices e rácios de bandas, transformações de cor, entre outros. A opção clara foi seleccionar os mais adequados ao tipo de estudo, aos seus objectivos e à realidade da Paisagem e vegetação da área, mencionando e aprofundando um pouco os escolhidos, por forma a justificar e consubstanciar essas mesmas escolhas, embora se tenham testado outras.

As opções obedeceram a uma escolha dicotómica. Por um lado identificação e interpretação subjectivas, pois só assim se pode incorporar e valorizar o conhecimento do terreno, embora seja evidente e insofismável que os objectos e temas identificados são de facto entidades, fisicamente existentes, caso contrário não existiriam radiometricamente ou não se distinguiriam da envoltória.

Por outro lado optou-se por métodos tão objectivos quanto possível, como a análise de componentes principais e a análise textural, em que os objectos são identificados por processos totalmente objectivos, pois a relevância dos objectos é eminentemente estatística e numérica. O processo aqui é inverso, deve-se interpretar estes objectos que existem numérica e estatisticamente, procurando um sentido temático.

Para efeitos de classificação e identificação das áreas teste a escolha recai sobre as imagens de 2000 e 2001. As razões são várias: não só há conhecimento de terreno e trabalho de campo no dia anterior, no próprio dia e nos três dias seguintes à passagem do sensor, como a qualidade das imagens é excelente, pois o sensor ETM representa um progresso nítido face ao TM. Como foi analisado e debatido, a imagem de Abril de 2001 representa um máximo de diversidade vegetal, permitindo potencialmente uma discriminação máxima em termos de situação de Primavera.

Em síntese, os instrumentos, métodos e técnicas que serão utilizados para definição das áreas teste e, posteriormente, para validação dos resultados, são os seguintes:

- Imagens de Abril de 2001 e Outubro de 2000;
- Expansão linear de contraste com saturação de 2%, para as imagens e “neo-canaís”;
- Combinações coloridas 453 – RGB para Abril, 457 – RGB para Setembro - Outubro;
- Composições com fusão da banda pancromática, depois da transformação RGB-HSI;
- Utilização de “neo-canaís”;
 - o Índice de vegetação para as duas imagens;
 - o Componentes principais 123 – RGB, imagem de Abril;
 - o Componentes principais 213 – RGB, imagem de Setembro - Outubro;
 - o Componentes principais várias, da análise conjunta das duas imagens;
 - o Unidades de textura, Abril de 2001, visualização 453 – RGB;

Capitulo IV

Classificação das

Imagens de Satélite

1. Definição da Pré-Legenda

A definição da pré-legenda é baseada no conhecimento do terreno, na análise visual das imagens, nas características e resoluções do sensor e, sobretudo, nos objectivos do estudo a realizar. A pré-legenda consubstancia-se num conjunto de designações temáticas, que vão ser atribuídas a conjuntos de dados numéricos (as classes de objectos – temas).

1.1 Problemas - Limitações

A definição e designação temática dos objectos identificados é, contudo, um processo delicado, na medida em que vários factores influenciam e limitam a precisão com essas podem ser efectuadas. Estes factores resultam das próprias características das imagens de satélite mas, também, das características dos ecossistemas da área a estudar, da sua organização espacial – mosaico. Importa, portanto, analisar quais os factores que “dificultam” a identificação física e temática dos temas. Os principais problemas prendem-se com três aspectos distintos: geometria, fronteiras e contraste entre valores radiométricos dos cobertos.

1.1.1 Pixels Mistos – Resolução Espacial

As características implícitas das imagens, o seu carácter matricial com uma resolução espacial específica (30 metros neste caso), pressupõem uma simplificação da realidade do terreno. Somente em condições determinadas um pixel corresponde espacialmente a um só coberto, conforme apresentado no Capítulo II, Ponto 7 (Escala e Teledetecção). Todos os objectos com menos de 30 metros, no caso das imagens do sensor escolhido para este trabalho, deixam de ser teoricamente “visíveis”, o que o sensor regista, de facto, é um valor radiométrico médio para cada pixel.

Se o coberto e objectos que existem, no terreno e na área correspondente a cada pixel, forem radiometricamente homogéneos, a medição efectuada pelo sensor resulta numa representação homogénea do conteúdo do pixel. Ou seja, o valor médio do pixel não difere muito dos valores que contribuíram para a sua média. Isto acontece em porções de território grandes e com o mesmo coberto: água, campos de cereal, terrenos lavrados ou floresta.

Na realidade existem muitos elementos que podem variar dentro de um espaço ocupado por um mesmo objecto ou coberto, num terreno agrícola há diferenças a nível do teor de humidade do solo, tipos de solos, propriedades físicas e químicas do próprio solo, diferentes desenvolvimentos vegetativos, etc. Não obstante, essas diferenças são teoricamente menos relevantes do que o valor espectral do próprio cereal, dependendo da época do ano. Desta forma, porque a área do pixel é homogénea, o pixel pode considerar-se puro, pois tematicamente toda a sua extensão espacial está “coberta” por um só tipo de objecto – tema.

Basicamente o que se pressupõe é que cada tema seja o mais auto-semelhante possível e o mais diferente possível dos outros, radiometricamente falando. Na maioria esmagadora dos casos, a variabilidade dentro da classe “cereais”, por exemplo, é mínima quando comparada com a diferença entre este tema e os outros. Se se pretender estudar, por exemplo, pragas nos campos de cereais, seriam precisamente as diferenças ténues dentro desse tema que interessariam.

Dado que é necessário definir conjuntos de pixels representativos de cada tema, que passam a constituir a amostra estatística que os define, há certamente classes onde impera a homogeneidade radiométrica, quer pela dimensão das parcelas, que permite ter a certeza que determinado pixel corresponde a determinado objecto, quer pela extensão espacial desse tipo de cobertos. A utilização de filtros de baixa frequência e a análise textural ajuda, na medida em que ambos facilitam a identificação visual de áreas homogêneas.

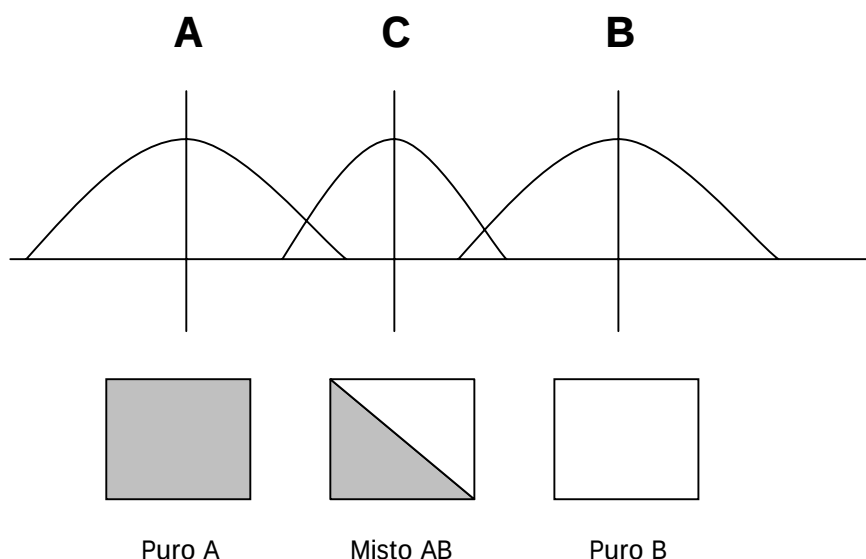


Figura 4.1 – A classe C parece ser uma terceira categoria, mas na realidade é uma mistura de AB.

Quando os objectos são menores do que a resolução espacial, caso das árvores isoladas de um montado de azinho, ou quando existe uma grande heterogeneidade radiométrica dentro do mesmo pixel, caso do mato, os pixels passam a ser claramente mistos. O valor médio do pixel pode não ser representativo, *per se*, de nenhum dos objectos específicos dentro desse pixel, há uma “resposta média” de respostas espectrais puras de vários objectos (Figura 4.1). Dada a resolução espacial do sensor, certos temas só podem, consequentemente, possuir uma assinatura espectral compósita. Como a área tem características eminentemente Mediterrâneas, as características intrínsecas do ecossistema apontam para a existência de uma grande diversidade espacial, o tipo e dimensão de espécies semi-naturais presentes aumenta e reforça a heterogeneidade dentro de um mesmo pixel.

Põe-se então uma questão muito importante: grande parte das “assinaturas espectrais” para efeitos de classificação vão ser compósitas, o que levanta a questão do cuidado na sua delimitação e identificação. Assume-se, assim, que o que define dado tema é um conjunto de objectos diferentes, radiometricamente heterogéneos, que estão espacialmente associados, embora eventualmente nunca se consiga identificar uma assinatura espectral pura para cada objecto. O caso mais paradigmático do que se acaba de expor é o montado de azinho. Nenhuma copa tem, obviamente, 30 metros de extensão e mesmo que o tivesse seria quase impossível ter a certeza que um dado pixel correspondia, exclusivamente, a essa copa.

Por outro lado, as próprias características do montado implicam uma baixa densidade de árvores e como tal, as azinheiras não constituirão jamais, com quase toda a certeza, um coberto suficientemente contínuo para se poder identificar um pixel, dentro de uma determinada mancha de montado, como pixel puro de azinheira. Assim sendo, o tema montado é constituído por vários objectos: as azinheiras propriamente ditas e mato, cereal, pousio ou terreno lavrado (Figura 4.2). Visto que há um conjunto vastíssimo de combinações possíveis destes objectos, seja a densidade das árvores, seja o coberto sob as árvores, torna-se essencial dar particular atenção à escolha das áreas teste, o que só é possível com o auxílio de fotografia aérea, pois na imagem não se podem identificar as próprias árvores.

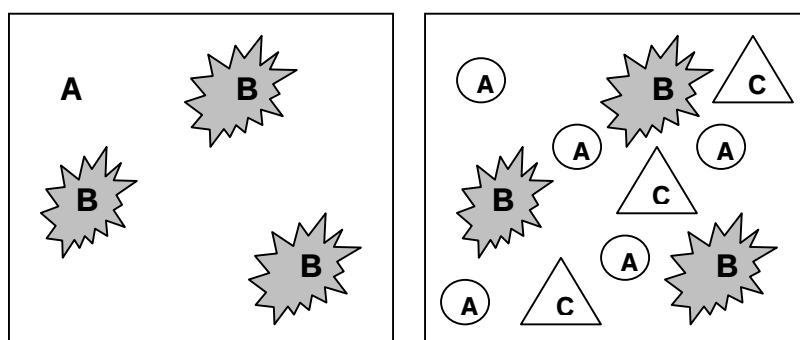


Figura 4.2 – Ao contrário da Figura anterior, em que existiam pixels puros, neste caso é impossível saber qual a assinatura espectral de cada objecto, logo cada tema é descrito por uma assinatura compósita para cada pixel, representado pelos quadrados. Esquemáticamente, situação de montado à esquerda, (B – Azinheiras, A – “fundo”) e de montado abandonado à direita (A – estevas, B – Azinheiras, C – Zambujeiros).

Ao invés das áreas com cobertos agrícolas, cereal, terreno lavrado, bem delimitadas especialmente e radiometricamente bastante homogéneas, todas as áreas de vegetação natural são, por natureza, extremamente heterogéneas nos objectos que as compõem. Como se pode ver, muito simplificada e esquematicamente na Figura anterior, é praticamente impossível identificar num pixel os vários elementos, à semelhança do que foi dito antes para as azinheiras. Somente se, por exemplo, uma área de estevas fosse extremamente densa e homogénea é que se poderia identificar a assinatura espectral pura do objecto estevas.

Mas, mais uma vez, a diversidade é enorme quando se analisa a outra escala, pois observando mais de perto, uma esteva tem várias densidades diferentes, diversos tipos de “sub-bosque” (espécies e densidade), etc. Como tal, em Teledeteção, tem que existir sempre um compromisso entre a auto-similaridade interna das classes temáticas e a maximização da diferença entre as várias classes. O ideal será definir um conjunto grande e variado de situações para cada tema, tentando, nos casos da vegetação natural, abarcar diferentes densidades e conjuntos de objectos em cada classe por forma a definir tanto quanto possível a diversidade dentro dessa classe.

No entanto, torna-se claro que existirá “confusão” radiométrica entre classes que possuem elementos comuns. Exemplificando: uma área de montado em exploração com o “fundo” em pousio será facilmente confundida com uma área pura de pousio, se a densidade de árvores e/ou das copas for mínima. Também poderá ser confundida com uma área de pousio abandonado, onde existem já alguns tufo de vegetação arbustiva de pequeno porte, ou com um montado abandonado em que o “fundo” está na mesma situação.

Este é um dos “pesadelos” das classificações de imagem de satélite, escolha de áreas teste e validação dos resultados. Não obstante, esta limitação pode de facto ser uma vantagem em determinado contexto, pois o que está aqui em questão, como em quase todos os estudos de fenómenos naturais vários, é a noção de escala. Nesse contexto, abordado no Capítulo II, Ponto 7, as imagens e a sua resolução espacial devem ser vistas não como uma limitação mas sim como um importante e essencial elemento integrador, pois cada pixel é um valor médio para uma resolução fixa. Há somente que acautelar, a todo o custo, a análise das “confusões” possíveis entre classes, tanto física como tematicamente, e enquadrar a análise e verificação dos resultados devidamente.

Se à escala de um pixel mais do que um terço da área é ocupada por um tipo de objecto, então o número digital desse pixel corresponde de facto ao objecto dominante, e a essa escala de análise é impossível “ver” mais. Deve, sim, procurar-se constituir classes estatísticas em que a diversidade dos objectos seja o mais controlada possível, caso contrário o valor médio desse pixel poderá só se repetir em poucas áreas da imagem. Claro está que, se for possível identificar a assinatura pura de um dos objectos, como no caso de um extenso e regular esteval, se poderá depois tentar compreender de que forma uma grande proporção de estevas nos pixels mistos pode afectar o seu valor médio.

Existe um caso paradigmático da importância e relevância extrema do objecto dominante no pixel, as áreas de povoamentos florestais (Figura 4.3). Na situação (A) toda a área foi lavrada, foram plantadas fiadas de árvores ao longo de um só “rasgo”, mas são tão pequenas que se tornam totalmente impossíveis de identificar nas imagens; como tal o pixel vai ser classificado como solo a nu, embora a porção minúscula das árvores possa modificar um pouco o valor médio. Na prática, tematicamente e em termos desta escala de análise, os 30 metros do pixel, o que é mais relevante é a área ser de facto um terreno lavrado.

No caso (B) passa-se o mesmo: o sistema de vala e combro (vala acima das árvores para acumular água e humidade) implica uma pequena porção de terreno lavrado que, tal como as árvores, não é identificável. No pixel e na prática predomina o pousio, objecto dominante, embora o valor final do pixel seja diferente de uma área pura de pousio.

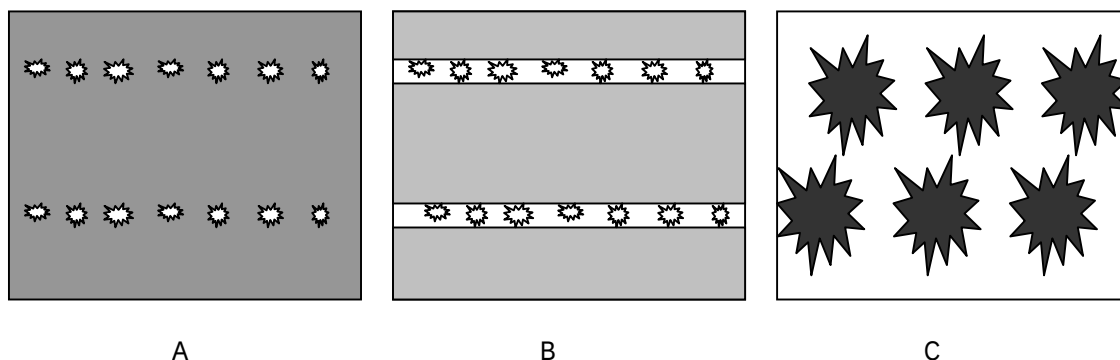


Figura 4.3 – Proporção de objectos num pixel, povoamento florestal de pinheiros ou azinheiras: tudo lavrado (A), vala e combro com o resto em pousio (B) e árvores já desenvolvidas (C).

Somente na situação (C) o pixel poderá ser identificado como árvores, pois a dimensão das copas ocupa uma área suficientemente importante para “contagiar” o pixel. Mas isso pressupõe que se definiu uma classe pura deste tipo de árvore, com uma cobertura contínua, que provavelmente se aproximará mais desta situação do que todas as outras ou, em alternativa ou simultaneamente, se definiu uma classe de povoamento com aquela densidade específica de árvores. Não obstante, poderá sempre haver confusão entre a situação média deste pixel (C) e o objecto do “fundo” (solo a nu ou pousio), sobretudo se o sinal do “fundo” for radiometricamente muito mais forte (a questão do sinal do “fundo” será abordada separadamente).

Resulta claro que, numa classificação final, somente parte dos pixels classificados são puros, existindo uma enorme porção de pixels mistos que são atribuídos a cada uma das situações puras mais próximas dos objectos que constituem o tema, como se pode observar na Figura 4.3. Este caso acontece com outros temas, por exemplo: um montado abandonado com densidade alta de azinheiras, tendo um fundo com muitas estevas poderá ser classificado como esteval. Este facto inerente à escala de análise pressupõe, para uma classificação tão correcta quanto possível, que se tente identificar pixels puros dos objectos que poderão estar presentes nos pixels mistos, sobretudo como fundo, e que no caso desta área são sobretudo solo a nu, pousio, cereal e esteval, pois são os objectos que se encontram com áreas homogéneas suficientemente extensas para poderem ser identificados.

Até aqui a questão foi abordada á escala de cada pixel, mas a definição de áreas teste pressupõe a identificação de conjuntos grandes de pixels, pois só assim as medidas de tendência central e dispersão de cada classe podem fazer sentido. Passa-se a outra escala, a do conjunto de pixels de um mesmo tema ou objecto. Dentro de cada mancha de pixels de um determinado tema esta questão da não pureza do sinal repete-se. Dentro de uma parcela de cereal podem existir pixels mais próximos do solo a nu – o cereal não vingou – ou azinheiras dispersas. Como tal, a amostra representativa do tema campo de cereal terá no seu interior pixels eventualmente mais semelhantes a outras classes. Os procedimentos de rigor e tentativa de determinação de conjuntos o mais homogêneos possível devem, também, ser aqui aplicados e, mais uma vez, a análise textural constitui importante ferramenta para uma escolha correcta.

Uma hipótese limite, praticamente impossível de se registar, tanto pela extensão espacial que as imagens representam como pela dimensão dos objectos presentes no terreno, seria todos os temas serem constituídos por pixels mistos, não existindo qualquer pixel puro, consequência de um desajustamento geométrico total entre os pixels “lidos” pelo sensor e a realidade do terreno, o que pode ocorrer nalguns casos mas muito dificilmente em toda a imagem (Figura 4.4).

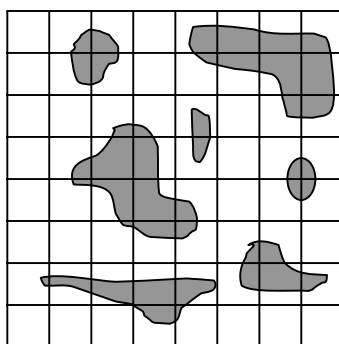


Figura 4.4 – Pixels mistos e geometria.

O que importa reter e acautelar de tudo o que foi descrito e exemplificado resume-se basicamente a garantir, com base no conhecimento do terreno, que se identificam tanto quanto possível os pixels e classes puras e se mantém controlada a heterogeneidade dentro dos pixels e classes heterogêneas por natureza. Existem ainda outros dois aspectos relativos aos pixels mistos: as áreas de fronteira e a relação entre a dimensão das manchas e a resolução, ligeiramente diversos dos problemas relativos à dimensão estrita dos objectos e da resolução espacial do sensor.

Em áreas de contacto entre parcelas grandes podem existir pixels mistos, visto que o limite, espacialmente falando, é praticamente imaterial e nunca poderá ter a dimensão dum pixel, excepção feita a áreas com sebes de grande dimensão ou às árvores de grande porte ao longo das estradas, que são de facto um tema – objecto diferente. Também ao longo de elementos lineares, como estradas e linhas de água, é provável existirem descontinuidades na classificação por existirem pixels mistos, que assumem o valor de objectos adjacentes predominantes, como se pode ver na Figura 4.5.

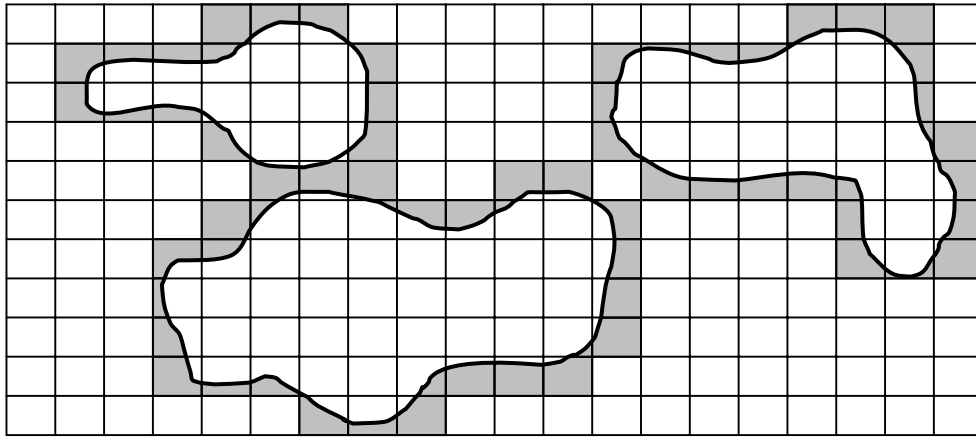


Figura 4.5 – Pixels mistos em áreas de fronteira entre objectos – temas.

Um aspecto intrínseco aos pixels mistos nas áreas de fronteira prende-se com a escala de análise. Se para uma área com manchas de uma determinada dimensão espacial, a análise for feita a uma escala maior, o número de pixels mistos vai diminuindo (Figura 4.6). Quanto maior a resolução (maior escala de análise) maior o número de pixels mistos, mas essa vantagem modifica a forma como se deve analisar e identificar os objectos – temas, pois os pixels mistos têm que ser analisados à luz da relação entre a dimensão espacial das manchas e a resolução espacial do sensor, o que pressupõe conhecimento de terreno e uso de fotografia aérea a uma escala maior, por forma a possibilitar a avaliação da dimensão espacial dos objectos a uma dimensão inferior à dos pixels.

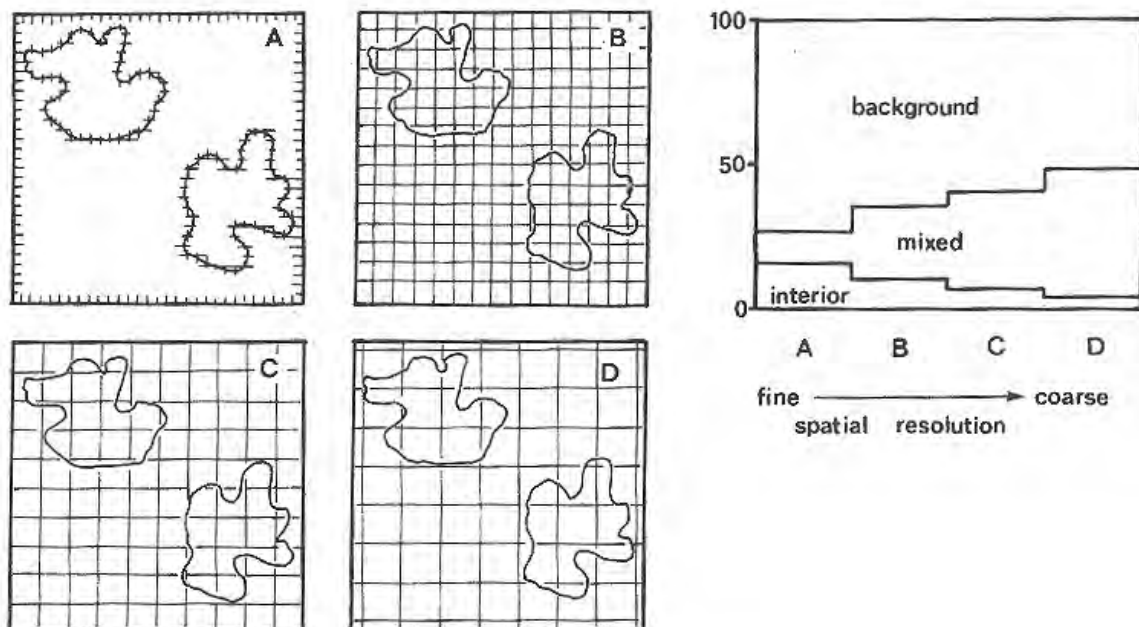


Figura 4.6 – Influência da resolução espacial na proporção de pixels mistos: quanto maior a resolução menor o número de pixels mistos (CAMPBELL, J.B. (1996, p. 276)).

A ideia de que resoluções extremas são ideais tem um reverso da medalha, pois para determinados tipos de temas demasiada resolução não faz grande sentido e degradaria, até, a qualidade final da classificação, além de aumentar exponencialmente o volume de informação a tratar e a armazenar. Existem estudos que demonstram que, em certos casos, o rigor da classificação pode diminuir com resoluções espaciais muito grandes, sobretudo quando se desce abaixo da dimensão efectiva das manchas e temas a classificar (SADOWSKI, F.; SARNO, J. (1976), citado por CAMPBELL, J.B. (1996, p. 276)), criando-se um tipo de “scene noise”.

Depois da discussão e apresentação dos “problemas” inerentes aos pixels mistos, resultado da escala de análise e resolução espacial bem como das características da Paisagem e tipologia das manchas existentes, sobressai a importância de se terem em especial atenção estes factores de “confusão”. Essa importância é extrema para a identificação e definição das áreas teste, mas também para os procedimentos de verificação da qualidade da classificação.

1.1.2 Contraste Elevado Entre o Sinal Radiométrico do “Fundo” e os Restantes Objectos

Um problema – limitação distinto, embora também ligado ao cariz misto dos pixels, diz respeito a situações de contraste radiométrico extremo entre os objectos presentes no pixel. Neste caso o que está em questão não é a proporção, disposição ou dimensão dos vários objectos diferentes dentro de um pixel mas sim o facto de haver uma diferença enorme entre reflectâncias desses objectos, que resulta num “ofuscar” do valor do pixel pelos objectos com maior reflectância. Utilizou-se o termo ofuscar porque, na realidade, o que se passa pode ser considerado como semelhante a um efeito de contra-luz, *mutatis mutandis*.

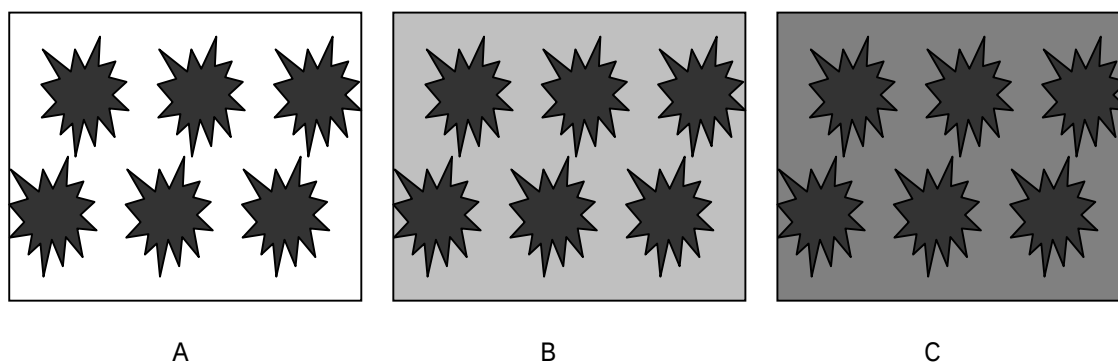


Figura 4.7 – Influência do sinal de “fundo”, mais forte, que por contraste se torna predominante.

A título exemplificativo, como se pode ver na Figura 4.7, os objectos existentes no pixel, neste caso árvores, possuem uma distribuição e proporção igual, ocupando uma área significativa do pixel. No entanto, se o valor radiométrico reflectância do “fundo” for muito grande numa ou várias bandas, o “sinal” das árvores vai ser “ofuscado” pelo “sinal” do fundo, sendo o número digital do pixel muito mais próximo da situação do fundo do que do resto dos objectos.

A situação (A) poderia ter como fundo terreno lavrado, solo a nu, que apresenta uma reflectância máxima do espectro visível; (B) poderia ser cereal num estado máximo de desenvolvimento, em que a reflectância nas bandas do infravermelho seria extrema, bem como na situação (C), que poderia ser pousio, coberto herbáceo no máximo da actividade fotossintética. Na realidade, são exactamente estas três situações do fundo que vão provocar mais “confusão” na classificação dos pixels, sobretudo porque o contraste com o coberto arbóreo ou arbustivo é máximo. As densidades são baixas, as suas dimensões físicas são reduzidas, têm uma pequena proporção de biomassa verde e uma baixa densidade foliar, que pouco “cobrem” o solo.

Esta situação também pode ocorrer num esteval pouco denso, povoamento florestal, ou pastagem com muito solo a nu. A *nuance* deste caso, ao contrário dos outros pixels mistos, é que o problema reside estritamente no contraste radiométrico entre objectos, não há tanto uma tendência para valores médios mas sim uma perda quase total de importância do sinal mais fraco. Por esta razão muitos pixels serão classificados como o “fundo” que apresentam, embora possam ter uma proporção espacial de objectos de outra natureza. Mas em termos de números digitais (Figura 4.8), o contraste pode ser tanto com valores altos como baixos, dependendo da magnitude desses valores baixos ou altos de reflectância.

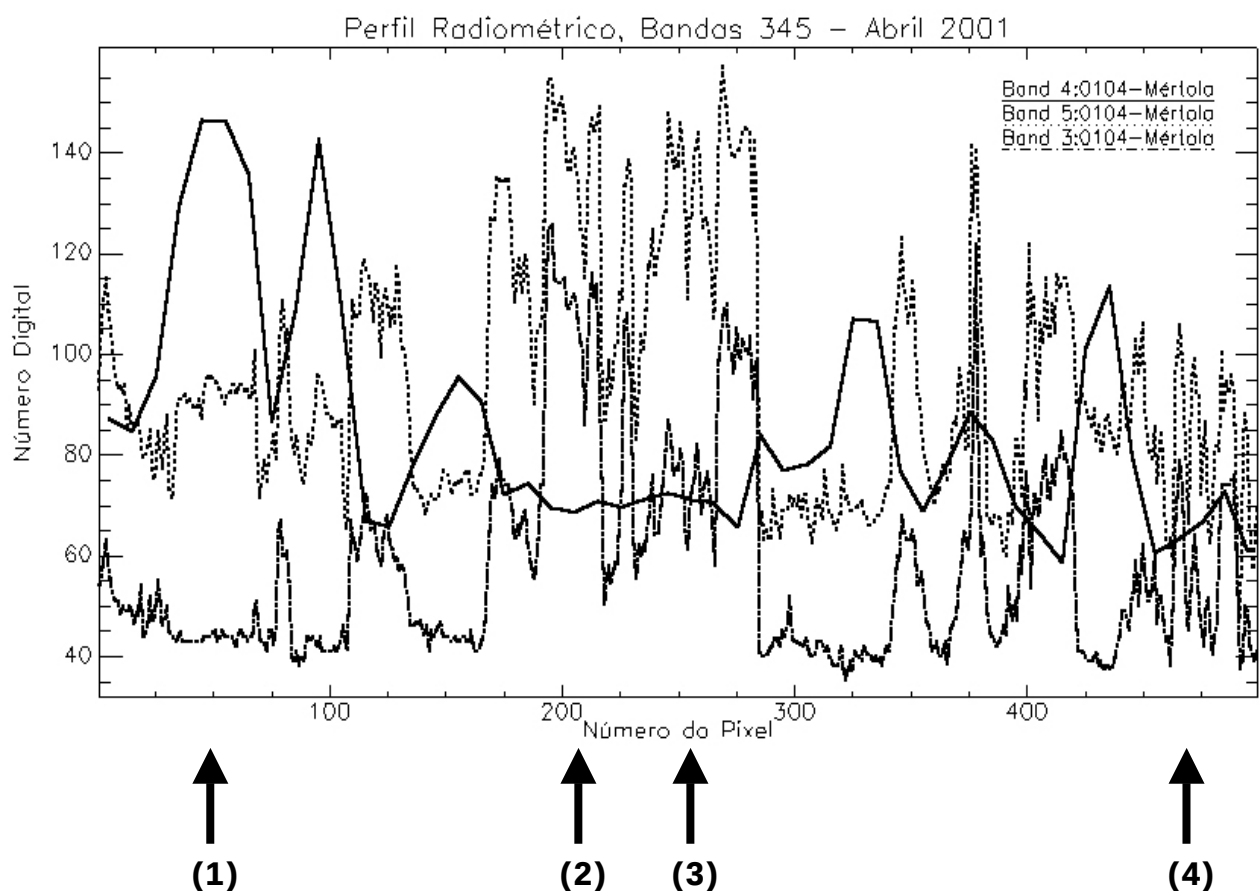


Figura 4.8 – Perfil radiométrico arbitrário, imagem de Abril de 2001, bandas 3, 4 e 5.

A análise deste gráfico é muito interessante. Existem vários aspectos relevantes que se enunciam:

- Os mínimos na banda 3 (vermelho) correspondem a um máximo de absorção – plantas verdes – e estão associados a máximos na banda 4 (Infravermelho próximo). É o efeito explorado pelo NDVI, quanto maior a diferença entre o vermelho e o IV maior o vigor da vegetação (situação (1));
- Os máximos da Banda 5 correspondem a solo a nu, a banda 3 (vermelho) tem também valores muito altos, dada a cor solo, os valores da banda 4 são mínimos (situação (2));
- Quando os valores da banda 5 se mantêm altos, os da banda 4 mínimos (como na situação anterior), mas os valores da banda três (vermelho visível) diminuem, está-se na presença de uma área de pousio (situação (3));
- Em situações de vegetação semi-natural, embora pouco discerníveis à direita no gráfico (situação (4)), pois são áreas pequenas, os valores aproximam-se bastante.

Uma vez que as áreas de solo a nu, cereal e pousio apresentam maior probabilidade de serem pixels puros, correspondendo a uma “assinatura espectral” mais próxima do objecto em si, resulta claro que os valores desses três cobertos são extremos, por apresentarem máximos e mínimos de reflectância. Como tal, quando constituem um “fundo” sobre o qual existem árvores ou coberto arbustivo pouco denso, podem potencialmente “abafar” por completo o seu sinal.

1.1.3 Limites Físicos e Temáticos dos Objectos – Temas

Um aspecto mais delicado do que o levantado pelos pixels mistos é o dos limites físicos dos objectos, bem como e sobretudo do “valor” temático que lhes é atribuído. No caso de quase todas as actividades humanas os limites espaciais são claros e nítidos: o uso do solo é delimitado, na maioria esmagadora dos casos, pelos limites da propriedade e estrutura cadastral ou contraste com a envolvente. Da análise textural das imagens esse facto resulta explícito, os limites de propriedade, estradas, albufeiras e áreas urbanas têm uma fronteira nítida e clara.

Com os povoamentos vegetais naturais e semi-naturais passa-se o oposto: a fronteira física é ténue, complexa e gradual. A lógica binária verdadeiro ou falso, quanto ao tema – objecto a que determinada área pertence passa a ser uma variável contínua, probabilística, por oposição a discreta. A excepção são as manchas de mato ou campos abandonados que confinam com parcelas em uso agrícola, terminando abruptamente na estrutura da propriedade. No caso de manchas de vegetação natural “livres” o problema é muito mais delicado, a fronteira é complexa e descontínua.

A escala de análise inerente às imagens de satélite ajuda a resolver este problema, sem todavia o resolver completamente, pois o pixel passará a ter o valor de determinado coberto quando este for suficientemente representativo no pixel, em termos espaciais e radiométricos. É um critério de certa forma automático, objectivo, que se mantém absolutamente regular pois é intrínseco ao processo de obtenção das imagens. Mas pode implicar, por exemplo, que a ser possível identificar pixels de montado, apareçam somente como montado os pixels com uma determinada proporção de azinheiras e não, como seria desejável, toda a parcela correspondente ao uso do solo montado.

Eventualmente, a complexidade e forma da fronteira, em espécies naturais, é muito melhor descrita pela sua heterogeneidade e complexidade do que pelas suas características euclidianas, comprimento largura espessura. A fronteira de um esteval, em recuperação e regeneração livre de obstáculos ou limites de propriedade, tem uma complexidade intrínseca à escala a que é observada. Então existe uma quarta dimensão nesta geometria natural, que depende da escala de análise, “a noção de que um resultado numérico depende necessariamente da relação entre o objecto e o observador participa do espírito da física deste século e é mesmo uma ilustração exemplar” (GLEICK, J. (1989, p. 135)).

Nesta linha de pensamento, Mandelbrot ³⁵ criou a noção de fractalidade, como quarta dimensão dos objectos. Trabalhando com dimensões espaciais fraccionárias concluiu que havia um padrão de auto-similaridade entre objectos extremamente complexos, quando observados a diferentes escalas. Sem querer aprofundar as questões matemáticas por trás da dimensão fractal dos objectos naturais, é essencial referir que todos os aspectos ligados à teoria do caos, incerteza, não linearidade dos sistemas e dependência extrema das condições iniciais, criaram uma profunda rotura em todas as ciências exactas e naturais. No caso que interessa, no contexto deste trabalho e em termos de geometria das fronteiras, a dimensão fractal permite “medir” o grau de irregularidade e auto-similaridade a todas as escalas de observação de qualquer objecto.

A dimensão fractal de um limite de campo agrícola será, conseqüentemente, menor do que a diversidade e complexidade enorme, eventualmente crescente, de uma frente de regeneração natural quando observada a escalas cada vez maiores. Além disso, há um grau de regularidade na própria irregularidade, quando se muda de escala de observação: é a ordem no caos. Na parte do trabalho sobre aplicação de Índices da Paisagem a dimensão fractal do “mosaico” da Paisagem como um todo será devidamente analisada e aprofundada.

É essencial referir este aspecto, ainda que menos do que ao de leve, pois o que basicamente está em questão é a noção de fronteira, forma e geometria dos fenómenos naturais (neste caso manchas de cobertos) que, quanto mais naturais mais complexas se revelam e, como tal, se tornam mais difíceis de descrever matematicamente e topologicamente. A teoria do caos, não linearidade e fractalidade das formas, introduz uma nova dimensão e forma de medir e caracterizar objectos complexos.

³⁵ Sobre fractais é indispensável MANDELBROT, B.B. (1983), “pilar” e início conceptual desta nova abordagem

Voltando à questão dos limites físicos dos objectos, as fronteiras não são claras, uma parcela de mato ou conjunto de árvores, classificados como mato ou vegetação natural, podem fazer parte de parcelas agrícolas complementares em exploração, ou serem parcelas adjacentes com os seus usos específicos. É um pouco a questão de ser difícil definir, numa área com estas características, onde começa e acaba o mundo natural e humanizado, pois os objectos fisicamente identificáveis pertencem a ambos, fruto da evolução e adaptação milenar pela actividade humana.

Como referido, a propósito da composição e dinâmica dos ecossistemas Mediterrâneos, os limites físicos entre diferentes usos são por vezes difíceis de traçar. O mato pode ser explorado pelas actividades humanas, para lenha, mel e cera, pastoreio, embora sendo um coberto semi-natural, não humanizado. Aqui aparece então uma outra dimensão em termos de problema, a relação entre os objectos e os temas. Onde passam então as fronteiras temáticas entre diferentes cobertos ? O problema é também difícil: quando é que tematicamente um montado está abandonado, ou quando é que uma parcela não está em pousio mas sim abandonada ?

Em termos físicos é possível criar, identificar e validar critérios, seja em termos de proporções de objectos no pixel, extensão ou densidade, pois os pixels assumem o valor médio desses objectos. Mas na prática, há inúmeros casos de possível indefinição de fronteira temática, sobretudo a nível de abandono ou não abandono, uso agrícola ou não agrícola. Por essa razão, até aqui tem-se utilizado a nomenclatura objectos – temas, pois na realidade haverá na classificação esta dicotomia de designações. Os pixels classificados como montado resultam da identificação de objectos específicos, os classificados como pousio, coberto herbáceo contínuo com vigor, podem na realidade ser campos abandonados ou pastagens. Torna-se muito difícil, delicado até, definir tematicamente o tipo de uso, que pode ser múltiplo para o mesmo tipo de objectos. É a questão já focada, a propósito do uso do solo, de um mesmo uso poder estar relacionado com vários objectos, por exemplo agricultura de regadio e as várias culturas, ou um mesmo coberto, como no caso da cobertura herbácea continua, poder de facto ter usos diversos.

No caso do mato, por exemplo, o problema passa para uma questão de percepção. Enquanto um habitante da cidade dirá que é um espaço improdutivo, para um agricultor pode ser uma “folha” de mato para pastagem, lenha, ou onde existem colmeias. Neste caso, embora seja uma questão de indefinição temática, resulta das diferentes percepções do observador, utilizador, etc. As unidades temáticas, visualmente diferenciadas e estatisticamente individualizadas na imagem, podem apresentar muito mais subgrupos ou integrar outros, de nível mais geral.

A questão tem que ver com a realidade. Mas que realidade ? A do agricultor da área ? A do observador ? A do investigador ? No fundo, a definição de classes temáticas de classificação deve encontrar um mínimo denominador comum, em termos de designação e significado, que aproxime as várias percepções possíveis, que à partida são virtualmente ilimitadas porque individuais. Este aspecto entra já no campo da psicologia ambiental, onde segundo WALMSLEY, D.J.; LEWIS, G.J. (1992, p. 22) se deve partir de certas premissas:

1. O Ambiente é vivido como um campo unitário;
2. As pessoas são uma parte integrante do Ambiente, não objectos no seu seio;
3. Todos os ambientes físicos estão inevitavelmente ligados a sistemas sociais;
4. A influência do Ambiente nos indivíduos varia com o seu comportamento;
5. O Ambiente opera habitualmente abaixo do nível consciente;
6. Podem existir diferenças significativas entre ambientes “reais” e “observados”;
7. O Ambiente pode ser percebido como um conjunto de imagens mentais;
8. Os ambientes têm valor simbólico.

A pertinência de focar este aspecto prende-se com a crítica necessária, ou chamada de atenção, para a escolha das classes da legenda que se irá efectuar, pois correspondem a um património cognitivo próprio e que, por isso, podem estar muito longe da realidade “perceptiva” local. Nesse sentido procurou-se privilegiar a percepção local, fruto de uma realidade socio-económica diferente e onde parece haver uma muito maior homogeneidade, pois o uso do espaço que orienta a percepção na área está intrinsecamente ligada à agricultura, nada tendo a ver com o produto de uma sociedade urbana, cujo padrão cognitivo é muito mais variado e difuso. Também o grau de conhecimento do terreno, a compreensão do funcionamento do ecossistema e carácter funcional das suas unidades permitem, *a priori*, minimizar avaliações demasiado subjectivas e encontrar um equilíbrio entre a objectividade das imagens de satélite, o uso e percepção local e a experiência cognitiva do observador – investigador.

Para se poderem compreender melhor os factores que influenciam a experiência e avaliação de cada indivíduo, seguindo um modelo mental da percepção (parcial), teria que se ter em conta um conjunto de variáveis e factores (WALMSLEY, D.J.; LEWIS, G.J. (1992, p. 10)):

. Variáveis da personalidade	- Personalidade propriamente dita
	- Motivação
	- Emoção
. Processos cognitivos	- Sensações
	- Percepções
	- Aprendizagem
. Factores culturais e de grupo	

O resultado deste exercício, mencionar os factores e variáveis da percepção, é questionar a validade de um processo como a identificação de classes, na medida em que essas unidades são produzidas tanto internamente como externamente. Claro está que espacialmente e numericamente essas unidades existem, mas podem ter diferentes significados para diferentes observadores. Ou seja, além da dificuldade objectiva, radiométrica, ecológica, ambiental e agrícola em encontrar os limites temáticos de vários objectos ou associações espaciais de objectos, há também a dificuldade “interior”, a nível cognitivo individual, de garantir uma total validade dos objectos – temas identificados. Tudo depende do objectivo do estudo, de quem o realiza e a quem o trabalho se dirige.

Além das dificuldades de definição dos limites físicos, temáticos e cognitivos dos objectos e conjuntos de objectos, há ainda a questão da linguagem. A percepção que produz um modelo cognitivo, conceptual, pode também implicar que um mesmo objecto ou tema possua diferentes denominações em termos linguísticos. Um caso extremo são as dezenas de diferentes denominações que os esquimós utilizam para estados e conceitos de neve (FERRARI, G. (1996, pp. 100-101)), completamente imperceptíveis para quem não tenha o mesmo modelo mental de percepção e conceptualização.

Diferentes observadores e utilizadores de um espaço podem ter, têm certamente, um léxico próprio fruto dos seus modelos cognitivos. “O espaço é uma área cognitiva complexa, seja o espaço físico em que operamos, como quartos, casas, cidades, ou o espaço geográfico com o qual estamos familiarizados. É portanto óbvio que a análise do espaço desempenha um papel importante no mundo cognitivo dos humanos, e a linguagem reflecte esta complexidade cognitiva. Se tomarmos a realidade como sendo o espaço geográfico, então as palavras pelas quais os objectos geográficos são designados não estão directamente relacionados com eles, são sim significados (conceitos) que estão relacionados com «referentes» relacionados com a realidade” (FERRARI, G. (1996, p.99)).

As expressões linguísticas várias, utilizadas por diferentes grupos, revelam portanto a forma como o seu espaço geográfico é analisado e conceptualizado ³⁶. O objectivo claro deste ponto, acerca das indefinições de limite – fronteira entre diferentes objectos – temas, que ocorrem a vários níveis, com os mesmos efeitos mas origens diversas, é identificar a “localização” das possíveis fontes de indefinição – confusão. Paradigmaticamente existem vários domínios que condicionam e guiam a definição das classes escolhidas numa classificação de uso do solo, os conceitos inerentes e designação linguística podem ter significados diferentes para diferentes indivíduos, por isso é essencial tentar compreender quais os possíveis factores de diferenciação. Tendo-se noção deste facto pode-se, não quantitativamente mas pragmaticamente, definir as classes de uma forma o mais abrangente possível, minorando as “confusões” de léxico ou temáticas, procedendo-se a uma definição tão completa, funcional e “larga” quanto possível das classes de cobertos – usos do solo na classificação final.

³⁶ Acerca dos laços, percepção e relação entre as comunidades humanas e o seu meio é essencial TUAN, Yi-Fu (1980) e (1983)

1.1.4 “Fuzzy logic” – Abordagem Conceptual

Dado que existe um grau significativo de indefinição quanto aos limites e fronteiras – físicos, conceptuais e temáticos – dos objectos ou conjuntos de objectos a classificar, pode adoptar-se uma abordagem conceptual diferente, pois nalguns casos não há limites nítidos, marcados, mas sim difusos. Conceptualmente, a escolha da classe a que um pixel vai pertencer e, sobretudo, a forma como a classificação deve ser interpretada, é feita não binariamente (sim – não, verdadeiro – falso, 0 – 1) mas sim de uma forma contínua, difusa, confusa. É a “fuzzy logic”, lógica confusa, abordagem recente a todos os campos da Ciência e que deriva e resulta, tal como os fractais, dos princípios da teoria do Caos.

O problema de lidar com objectos complexos e fronteiras complexas, não exactos, diz não só respeito a fenómenos ambientais e naturais, mas também à própria experiência humana. O conceito de “fuzzy sets”, conjuntos confusos, foi introduzido por ZADEH, L.A. (1965) para lidar com este tipo de objectos. A “fuzziness” (confusão, falta de nitidez) é, segundo BURROUGH, P.A (1996, p. 18), “um tipo de imprecisão que caracteriza classes que, por várias razões, não podem ter ou não têm fronteiras definidas de uma forma nítida. Estas classes definidas de uma forma inexacta são «fuzzy sets». «Fuzziness» é amiúde concomitante com complexidade. É apropriado utilizar «fuzzy sets» sempre que se tem de lidar com ambiguidade e ambivalência em modelos conceptuais ou matemáticos de fenómenos empíricos. [...]

A «fuzziness» não é um atributo probabilístico, no qual o grau de pertença a uma determinada classe, num «fuzzy set», esteja ligado a uma determinada função de probabilidade estatística. Ao invés, é uma admissão da possibilidade de um indivíduo ser um membro de uma classe, ou de que determinada afirmação é verdadeira. A avaliação dessa possibilidade pode ser baseada no conhecimento ou preferências, subjectivas e intuitivas, mas pode também ser relacionado com um grau de incerteza claramente definido, que tenha uma base na teoria de probabilidades”.

Em termos práticos, em linguagem comum, dá-se o seguinte exemplo, do mesmo autor. Como distinguir um homem calvo de um hirsuto: “A princípio, podemos considerar que uma pessoa que tenha cabelo a crescer normalmente na cabeça é hirsuta e que uma que não tenha cabelo é calva. Mas um skinhead com a cabeça rapada é calvo ? Certamente que não. Será que um homem de meia idade, com grandes entradas ou menos cabelo no toutiço, é calvo ? Ele não quer admitir isso. Alguns homens até deixam crescer o cabelo acima das orelhas até um tal comprimento que o podem levantar e «pentear» sobre a cabeça para a cobrir. Sem critérios gerais definidos e definíveis, decidir quem é calvo ou não constitui uma tarefa complicada, embora todos tenhamos uma clara noção do conceito calvície” (BURROUGH, P.A (1996, p. 17)).

Qual é, então, a relevância desta abordagem conceptual “confusa” no contexto da classificação e tratamento digital das imagens de satélite ? Como se discutiu no ponto anterior, existem múltiplos factores que dificultam e condicionam a definição dos limites entre classes de coberto – uso do solo, bem como a atribuição dos pixels a determinada classe. Tal como no exemplo supracitado, os conceitos inerentes aos temas são conhecidos, mas a classificação levanta problemas de definição. Assim sendo, os dados numéricos que constituem as imagens podem ser considerados um conjunto confuso, a sua interpretação pode ser abordada conceptualmente no contexto da “fuzzy logic” e, sobretudo, a análise e teste da qualidade dos resultados deve obedecer a esta lógica de indefinição.

Em termos mais práticos, e a título exemplificativo, a decisão de atribuir um pixel a determinada classe é puramente discreta, formalmente a classificação é definida da seguinte forma:

$$US_{ij} = \int (ND_1, ND_2, \dots, ND_n)_{ij}$$

Onde US_{ij} é a classe de uso do solo do pixel da linha i e coluna j, que é uma função dos números digitais (ND) desse pixel nas várias (n) bandas. Essa função implica que um determinado indivíduo da série de dados pertença, ou não pertença, a uma classe ou grupo, segundo uma função de associação que assume os valores binários verdadeiro ou falso (0 – 1). Formalmente, segundo (BURROUGH, P.A (1996, p. 10)):

$$FA^d(z) = 1 \quad \text{se} \quad b_1 \leq Z \leq b_2$$

$$FA^d(z) = 0 \quad \text{se} \quad Z < b_1 \text{ ou } Z > b_2$$

Z - Indivíduo da série de dados
 FA^d - Função de associação discreta
 b_1 e b_2 - Fronteiras exactas da classe A

Já no caso de um “fuzzy set”, matematicamente, se $Z=\{z\}$ denota um espaço de objectos, então o “fuzzy set” A em Z é um conjunto de pares ordenados:

$$A = \{z, FA_A^F(z)\} \quad z \in Z$$

Onde a Função de Associação “fuzzy” FA é conhecida como o grau de associação de z em A, z pertence a Z significa que z está contido em Z. O resultado numérico costuma ser um valor contínuo entre zero e um, em que 1 representa associação total a um conjunto (classe) e 0 representa a não associação.

Em termos práticos, qual é a aplicabilidade desta abordagem conceptual à classificação de imagens de satélite ? Existe software (o Idrisi 2.0 para Windows, por exemplo) que permite classificar uma imagem a partir das áreas teste previamente definidas, “escolhendo” as classes a que os pixels vão pertencer segundo esta “lógica confusa”, tendo para isso que se definir e conceptualizar as condições a utilizar na função de associação. Visto que pode haver indefinições claras nos limites das classes, entre vários objectos e temas, esta abordagem seria metodologicamente válida.

Já a definição das condições e limites a utilizar na função de associação seria extremamente difícil, para não dizer dúbia, devendo constituir, em si e por si, um exercício de investigação, bem como de comparação dos resultados com outros métodos de classificação. Como tal, a “fuzzy logic” não será utilizada, especificamente, como método de classificação das imagens. No entanto, o classificador que se utilizará – método do vizinho mais próximo – incorpora a probabilidade na sua definição das classes, sendo por isso o classificador que parece mais adequado pois introduz um grau de incerteza, mistura e “confusão”. A análise, apresentação e justificação de escolha do método de classificação serão atempadamente abordadas.

A questão da “fuzzy logic” foi analisada porque se adequa plenamente ao tipo de indefinições e “confusões”, em termos temáticos e físicos, que são inerentes à identificação e classificação dos cobertos e usos do solo na área de estudo. Esta abordagem está longe de ser “gratuita”, pois a assunção da própria “confusão” e indefinição devem orientar a identificação, interpretação e classificação dos objectos constituintes do mosaico da Paisagem na área de estudo. O facto de se assumir essa abordagem, em termos práticos, resultou na escolha de um método de classificação específico, mais adequado à “confusão” temática, bem como e sobretudo à forma como se fará a análise e validação dos resultados.

No caso presente, a “fuzziness” não é uma propriedade de um simples aspecto ou conceito, é sobretudo uma “propriedade da relação entre os conceitos e os objectos” (BARKOWSKY, T.; FRESKA, C. (1996, p.115)). Os objectos estão identificados, são espécies vegetais, associações de espécies vegetais, solo, rocha e água. O sensor do satélite permite o registo da resposta espectral dos pixels, o utilizador – classificador pode identificar estes objectos, para a escala fixa determinada pela resolução espacial. No entanto, como já foi referido, a interpretação pressupõe a atribuição de um valor temático a essas realidades físicas.

É precisamente nas fronteiras temáticas que existe “confusão” e negar ou escamotear este facto é comprometer a validade do processo de interpretação, bem como, consequentemente, a classificação final das imagens. A questão está em assumir como abordagem a existência real dessa “confusão” e indefinição, não em termos de conceitos mas de definição de “limites de classes”, proceder de acordo com essa abordagem na fase de interpretação e classificação e testar e validar o resultado final também à luz desta “confusão”.

Sendo este trabalho declaradamente um exercício metodológico, onde se pretende identificar métodos e abordagens, justificar escolhas e identificar factores e variáveis de erro e imprecisão, seria impensável não problematizar acerca das relações paradigmáticas entre objecto – conceito – tema e linguagem. Não assumir a “confusão” e complexidade dos sistemas naturais, sobretudo do ecossistema Mediterrâneo, da Paisagem enquanto mosaico, numa área com as características do Concelho de Mértola, constituiria uma falha grave. Tentar-se-á, na medida do possível, ao longo do processo de interpretação, classificação e verificação demonstrar que a abordagem adoptada e assumida, “fuzzy logic”, se consubstancia de facto metodologicamente.

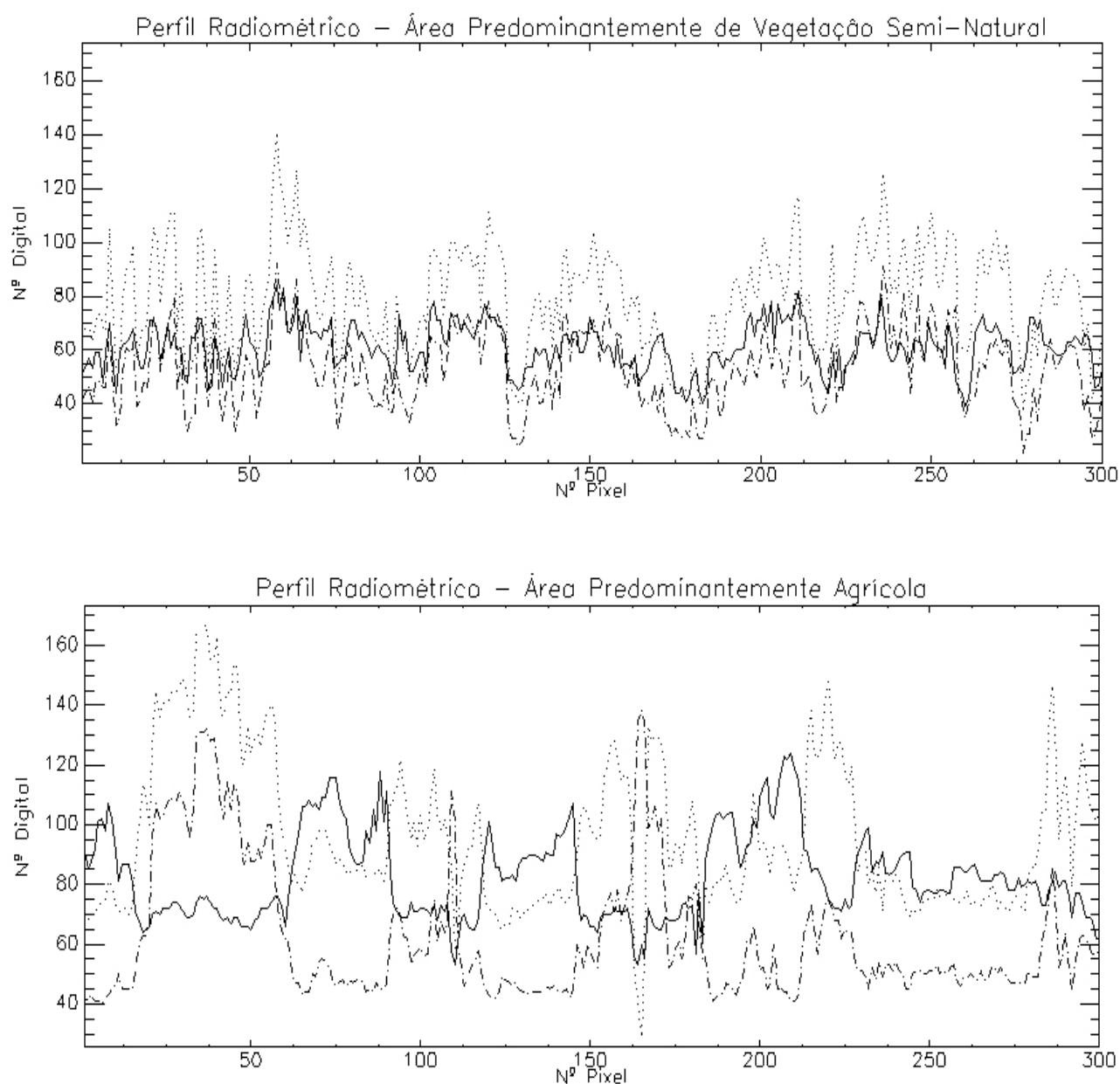


Figura 4.9 – Perfis radiométricos numa área predominantemente agrícola e numa área predominantemente de vegetação semi-natural, imagem de Abril de 2001, bandas 3, 4 e 5.

Como se pode observar na Figura 4.9, as “linhas” verticais são em número reduzido, o que significa que não há limites abruptos mas sim transições, embora no caso das áreas agrícolas os limites e mudanças de parcelas sejam mais nítidos. Nas áreas semi-naturais a “confusão” é muito maior, os limites são muito menos nítidos e as transições mais significativas, em termos de extensão e complexidade. O que está representado são os números digitais dos pixels, a maioria dos quais acabam por ser um pouco mistos; a não verticalidade das linhas implica graus maiores ou menores de transição.

Assim sendo, o carácter “confuso” dos dados, dos objectos e cobertos torna-se uma evidência, visto que os números digitais são absolutamente objectivos, reflectindo a realidade radiométrica do terreno à escala do pixel. Como tal, a abordagem conceptual que assume uma importante “fuzziness” nos dados e na própria realidade da Paisagem é válida, podendo vir a assumir um maior significado na fase de classificação. Há ainda um elemento a apontar em relação aos gráficos: a “confusão” dos limites é avaliável através da análise textural, mencionada e efectuada anteriormente. Nas áreas de vegetação semi-natural há poucos limites, nas áreas agrícolas há mais, é tudo uma questão de complexidade e “fuzziness” das fronteiras.

Resumindo, acerca dos problemas e limitações inerentes à definição da pré-legenda, importa reter e interiorizar os seguintes aspectos:

- Pixels mistos, por questões de proporção espacial, distribuição e densidade dos objectos presentes no pixel, implicam uma simplificação estatística da realidade pelo sensor à escala de análise fixa constituída pela resolução espacial do mesmo;
- Pixels mistos, por razões eminentemente de contraste entre o sinal radiométrico do fundo e os objectos presentes no pixel, implicam que o pixel assume o “valor” dos objectos com valores extremos, mesmo que os objectos restantes (árvores, arbustos) ocupem uma porção espacial significativa do pixel;
- Os limites físicos reais dos objectos ou temas não são nítidos, a sua complexidade aumenta quando se afasta dos usos mais ligados às actividades humanas, o que implica a existência duma dificuldade palpável de determinação, no terreno, das fronteiras de determinados objectos – temas;
- O uso do solo, enquanto atributo de um determinado objecto, conjunto de objectos ou coberto, não é absolutamente claro neste tipo de ecossistema agro-silvo-pastoril Mediterrâneo, a sua identificação é condicionada por variáveis de percepção e psicologia ambiental: objectos iguais podem ter usos diferentes, objectos diferentes podem ter usos iguais. É uma questão de uso - função;

- A atribuição de um “valor” temático a determinado objecto, conjunto de objectos ou associações espaciais específicas de objectos, é um processo complexo pois pressupõe um processo de percepção e conceptualização, interior e subjectivo por natureza, (diferentes indivíduos podem atribuir valores temáticos diferentes aos mesmos objectos);
- O léxico utilizado para denominar os objectos e temas é, também, resultado de vivências, percepção e conceptualização (diferentes indivíduos podem atribuir “nomes” diferentes a objectos ou temas iguais;
- Estes vários tipos de “confusão” e incerteza são cumulativos em termos de imprecisão da identificação, interpretação e classificação das imagens, embora funcionem em domínios e níveis diferentes. Minimizando todos, minimiza-se o erro geral;
- Se tudo isto é verdade, então a “fuzzy logic” faz sentido como conceito, e a sua adopção para abordagem da complexidade, diversidade e falta de nitidez dos vários limites e fronteiras é válido no contexto deste trabalho, da metodologia escolhida e das características geográficas da área de estudo.

Na Figura 4.10, fotografia de cima, à esquerda, é difícil identificar claramente a margem da área de vegetação natural na colina à esquerda (onde também existem azinheiras), pois há uma continuidade difusa para outra área de mato, misturada com uma azinheira. Na fotografia de cima, à direita, há uma enorme heterogeneidade na densidade dos “tufos” arbustivos, misturados com um fundo herbáceo semi-natural e arbustivo baixo. Onde é que se pode traçar a fronteira da área de mato arbustivo mais importante ? O mesmo se passa na fotografia seguinte, do meio: existe uma enorme heterogeneidade textural, as manchas mais contínuas a partir das quais se faz a “reconquista” regenerativa das clareiras herbáceas possuem limites heterogéneos, confusos e difusos. Na fotografia mais abaixo é bem patente a excepcional diversidade de porte, espécies e associações das mesmas, a textura é extremamente irregular e complexa.

É necessário imaginar estes vários exemplos, lidos pelo sensor, e convertidos a pixels com um número digital para cada. Depois de todos os aspectos referidos antes acerca dos pixels mistos, fronteiras físicas e temáticas, resulta claro que há sempre uma margem de “confusão” e indefinição, entre o valor do pixel e o coberto e objectos que existem efectivamente no terreno. Pela observação das imagens talvez faça, agora, mais sentido afirmar que a resolução espacial não é uma limitação mas sim um elemento integrador, implicando uma determinada escala de análise, a do pixel. A atribuição dos números digitais é absolutamente objectiva, a essa escala, baseando-se na relevância de um fenómeno físico, a reflectância espectral dos vários objectos no terreno. Tendo presente tudo o que foi dito, a observação da Figura 4.11 ilustra bem aquilo que, de facto, o sensor produz: uma imagem com valores “médios” por pixel para uma determinada resolução – escala de análise. Neste caso, procedeu-se a uma “pixelização” de valor 10 por 10 sobre a imagem original.



Figura 4.10 – Exemplos de dificuldade de definição de fronteiras, heterogeneidade e “confusão”.



Figura 4.11 – “Pixelização”, 10 X 10, de duas das fotografias anteriores.

A imagem deixa de ser uma “fotografia” da realidade, os limites que originalmente já não eram claros, bem como as densidades e textura, dão origem a cambiantes confusas, transições graduais e difusas, mantendo-se no entanto a riqueza de informação. No fundo, a riqueza aumenta, pois a escala de análise foi objectivamente homogeneizada. Há elementos que se perdem ou passam a apresentar descontinuidades, como a estrada, em função das características de área de fronteira, também outros pixels mistos passam a ter uma importância diminuída – é o caso das áreas de flores avermelhadas no coberto herbáceo.

Recordando todos os limites e problemas referidos, quando se observa a Figura 4.11, pode-se ter uma ideia muito clara das dificuldades intrínsecas à identificação dos objectos e cobertos. O seu valor temático é, todavia, uma questão à parte. Observando ambas as imagens, a fotografia e a imagem “pixelizada” a uma distância de alguns metros (3-5), elas parecem em tudo semelhantes. Escala é a distância a que se observa algo.

1.2 Levantamento de Campo

Além do conhecimento de campo e várias campanhas de trabalho de campo, sobretudo para realização de estudos, recolha de amostras, realização de experiências e medições várias, no contexto dos Projectos de Investigação, realizaram-se também vários períodos de trabalho de campo para validação da foto-interpretação das várias coberturas de fotografia área que estão a ser utilizadas neste trabalho, 1985 pancromático, 1990 Infravermelho e 1995 pancromático.

A campanha de trabalho de campo que será especificamente referida neste ponto, teve lugar antes, durante e depois da passagem do satélite Landsat 7 no dia 1 de Abril de 2001: um dia antes, no próprio dia e nos três dias seguintes. O objectivo foi recolher “amostras” do coberto – uso do solo durante esse período para posterior identificação na imagem e escolha de áreas teste, as quais vão

constituir os padrões estatísticos a serem utilizados na classificação. Por isso se fala em recolha de “amostras”, embora o que de facto se fez foi identificar em fotografias aéreas e/ou cartografia de base as parcelas identificadas no terreno.

1.2.1 Identificação, Validação, Verificação

O trabalho de campo é de extrema importância pois não só permite extrapolar na imagem de Abril, a partir das áreas teste, outras parcelas com o mesmo coberto, como permite dois graus distintos de retro-validação. Como a cobertura fotográfica da área utilizada no trabalho de campo foi a de 1995 (que serviu para a actualização da Carta Militar 1:25.000), pode-se também validar nas fotografias as áreas que se mantiveram estáveis, facilitando a verificação posterior da classificação das imagens de 1995. Do mesmo modo, por foto-interpretação comparada entre as fotografias aéreas de 1995 e 1985 pôde-se validar, para áreas de iguais características, várias parcelas, permitindo a validação dos resultados da classificação das imagens de 1985 com base nas fotografias aéreas da mesma data. Neste caso as fotografias aéreas e a imagem da Primavera são até do mesmo mês.

O outro grau de retro-validação diz respeito exclusivamente às imagens de satélite, embora a escolha das áreas teste seja feita nas imagens de 2000-2001, graças à verdade do terreno verificada em Abril, é possível identificar objectos – temas nas imagens. Assim sendo, podem identificar-se áreas com iguais características nas imagens de 1995 e 1985 embora para essas datas não exista uma “verdade de terreno” directa, presencial, existindo somente as fotografias aéreas que têm que ser foto-interpretadas. Cria-se assim um esquema extremamente sólido de identificação, validação e verificação dos resultados, em que existe uma clara sinergia nos documentos e métodos utilizados, para todas as datas das imagens e para a análise multi-temporal como um todo.

Esquemáticamente a metodologia é a seguinte:

Identificação de Áreas Agrícolas e de Vegetação semi-natural

- No campo, na data de obtenção da imagem;
- Marcação nas fotografias aéreas de 1995
 - o Somente por uma questão de posição e se a parcela estiver claramente identificada na estrutura cadastral visível na fotografia, no caso das parcelas agrícolas;
 - o Quando o coberto é o mesmo, em termos de densidade, tom, textura e forma da mancha no caso da vegetação semi-natural;
- Determinação das coordenadas da parcela no campo, com GPS, para minimizar erros posicionais;
- Na imagem de satélite respectiva, por extrapolação das áreas identificadas no terreno, identificação de outras áreas com as mesmas características espectrais;
- Apoio dos “neo-canais” na identificação na imagem: NDVI, ACP, análise textural;

- Marcação das áreas teste, polígonos, nas imagens 2000-2001, 14 Bandas, conforme foi descrito e justificado anteriormente, também com o auxílio dos realces de imagem e “neo-canais”.

Verificação da classificação

1. Áreas Agrícolas

- Nas imagens de 2000-2001;
- Nas parcelas escolhidas como área teste;
- Auxílio das fotografias tiradas durante o trabalho de campo;
- **Imagens de 1995-1985**
 - o Comparação com as imagens brutas de 2000-2001;
 - o Apoio nas coberturas de fotografia aérea foto-interpretadas.

2. Áreas de Vegetação semi-natural

- Nas imagens de 2000-2001;
- Nas parcelas escolhidas como área teste;
- Auxílio das fotografias tiradas durante o trabalho de campo;
- **Imagens de 1995-1985**
 - o Comparação com as imagens brutas de 2000-2001;
 - o Nas fotografias aéreas de 1995, porque foi feita foto-interpretação com base no trabalho de campo, exclusivamente para as áreas com as mesmas características das identificadas no terreno;
 - o Nas fotografias aéreas de 1985, nas mesmas condições, porque foram foto-interpretadas de uma forma comparada com as de 1995.

Identificação e verificação das Áreas Urbanas

- Nas imagens, graças à ACP;
- Na cartografia de base;
- Layer vectorial do Instituto Geográfico do Exército.

Tudo indica que existe “confusão” entre as áreas urbanas, as áreas de solo a nu e os afloramentos rochosos, pois na realidade as áreas urbanas são do domínio mineral, as coberturas, pavimentos e ruas que as constituem não têm nada de vegetal, excepto os jardins que, apresentando dimensões reduzidas, vêem o seu sinal “abafado”. Este aspecto, a “mineralidade” global das áreas urbanas, levanta uma questão interessante em termos de epistemologia da Teledeteção.

Quando se tenta classificar usos urbanos é extremamente difícil (não impossível) atribuir valor temático aos objectos, pois eles são todos basicamente iguais, cimento, telha, alcatrão, chapa de zinco, calçadas, etc. O que caracteriza o uso do solo em áreas urbanas é o seu carácter funcional, pois áreas de habitação, comércio e serviços ou indústria consubstanciam-se em “objectos construídos” com respostas espectrais semelhantes, sendo que a função não pode ser distinguida radiometricamente. Na prática, não é assim tão linear; através de análise morfológica e topológica das imagens podem-se distinguir usos, destrinchando, por exemplo, grandes edifícios com espaços vazios à volta (que podem ser fábricas, armazéns, hipermercados...) áreas com edifícios altos (presença de sombra como descritor, mas podem ser de habitação ou serviços...) ou áreas residenciais com moradias (porque existe uma porção vegetal nos pixels mistos). As classificações são muito mais conceptuais e em função dos objectos vizinhos do que resultantes dos valores radiométricos dos cobertos.

É um assunto muito interessante e de resolução delicada, mas fora do contexto deste trabalho, pois o seu domínio de estudo em Teledeteccção são assumidamente os espaços não construídos, naturais, agrícolas.

1.2.2 Critérios de Amostragem das Áreas Teste

Qualquer esforço para proceder à amostragem de uma imagem, qualquer outro padrão ou fenómeno espacial, tem que ter obrigatoriamente em conta três decisões separadas. Segundo CAMPBELL, J.B. (1996, p. 367) essas decisões são:

1. A determinação do número de observações a utilizar;
2. A escolha do padrão de amostragem para posicionar as observações na imagem;
3. A selecção do padrão de amostragem em termos de espaçamento das observações.

Estas decisões condicionam a escolha das áreas teste, que terão de ser cuidadosamente marcadas na imagem a classificar, passando a constituir polígonos, amostras de conjuntos de pixels, em que cada coberto – uso que se pretende classificar deve possuir várias amostras para o caracterizar.

Em relação ao número de observações, que é importantíssimo, existem várias estratégias para a determinação de um número adequado, mas segundo CAMPBELL, J.B. (1996, p. 367) existem dois aspectos distintos a ter em questão:

1. O número de observações determina o intervalo de confiança duma estimativa do rigor da classificação. Logo, estatisticamente, quanto maior for a dimensão da amostra mais estreito é o intervalo de confiança, pode-se ter mais confiança de que a estimativa se aproxima do valor efectivo quando se utilizam mais amostras;

2. Em todo o caso, devem-se considerar não só as observações para uma imagem inteira mas também as alocadas a cada amostra, pois é necessário ter um número mínimo de observações em cada classe.

Ou seja, há duas escalas de critérios: quanto mais amostras maior o grau de confiança, quanto mais observações em cada amostra melhor. Posto doutra forma, quanto mais amostras para cada coberto – uso melhor, quanto mais pixels tiver cada uma das amostras melhor. Isto acontece como alternativa à determinação de pixels puros como amostra, pois como referido é muitíssimo difícil encontrar um pixel que se possa categoricamente garantir que é puro. É difícil determinar um número mínimo de amostras e pixels por amostra, pois cada caso é um caso, em termos da dimensão e tipo de imagem, estrutura da Paisagem, heterogeneidade, etc.

No trabalho de campo foram identificadas e marcadas na fotografia aérea cerca de 200 áreas teste, de dimensões muito variadas, que passaram a constituir o núcleo mais “puro” de áreas teste. Em função dessas áreas, como foi descrito antes em termos de metodologia, serão extrapoladas outras áreas teste, passando esse grupo a constituir um conjunto de áreas teste de “segunda categoria”, potencialmente menos puras.

Quanto ao número de pixels por amostra, diversos autores recomendam um número mínimo entre 10 e 100 (JENSEN, J.R. (1996), MATHER, P.M. (1994)), mas é necessário um certo cuidado na escolha desta dimensão, pois varia de coberto para coberto em função do tipo de Paisagem. No caso da área de Mértola há duas situações distintas e opostas. Por um lado importa incluir na amostra a diversidade e heterogeneidade dentro de uma mesma classe temática – o caso dos cereais – implicando isto que cada amostra pode e deve ser suficientemente grande que garanta, em princípio, abarcar a heterogeneidade desse tema. Noutros casos, como para alguma vegetação natural, a heterogeneidade é extrema, logo a opção deverá ser por um número muito maior de amostras mas mais pequenas, caso contrário estariam potencialmente a englobar-se numa classe vários tipos de objectos que importa tentar diferenciar, sobretudo estevas, azinheiras e porte arbóreo.

Se assim não fosse, este exercício não faria sentido, nem necessitaria de ser tão minucioso e cuidado, podendo-se classificar “tudo” o que não é cereal ou pousio como “espaço agro-silvo-pastoril”, um pouco à semelhança da legenda do Corine e de vários trabalhos científicos sobre áreas com o mesmo tipo de Paisagem. O grau de insatisfação com essa aparente falta de rigor, ou agregação excessiva das classes, está claramente na base e origem da escolha do tema desta tese, da escolha dos métodos e técnicas adoptados e, sobretudo, da tentativa de aprofundar os tipos de escolhas e sua justificação. Se o objecto de análise é a cartografia temática do uso do solo, então é essencial produzir classificações o mais correctas possível, com os grau de “confusão” e indefinição plenamente identificados, analisados, justificados e explicados.

Quanto ao padrão de amostragem, para posicionar as observações na imagem, tentou-se na medida do possível maximizar a distribuição espacial das amostras, tanto no grupo de áreas teste de “primeira categoria”, identificadas no campo na data de passagem do satélite, como no grupo de “segunda categoria”. No segundo caso optou-se por extrapolar em áreas que colmatassem as falhas na distribuição espacial, tornando-a tão homogénea quanto possível. Existem vários métodos de amostragem espacial: aleatório, estratificado e sistemático. Pode-se dizer que o utilizado foi o aleatório – sistemático, na medida em que a escolha foi aleatória em primeira instância, mas se tentou obter uma distribuição o mais regular possível no espaço, embora os intervalos entre observações não sejam absolutamente regulares.

O espaçamento das observações foi também tido em conta. Sobretudo à luz de tudo o que já foi referido acerca da heterogeneidade, fronteiras difusas e “confusão” de limites, procurou-se nunca determinar amostras da mesma classe a menos de uma determinada distância, cerca de 100 metros correspondentes a pouco mais de três pixels. Evita-se assim um efeito de replicação de amostras, em virtude da sua excessiva proximidade, embora o padrão espacial da Paisagem, o seu mosaico, varie em função da estrutura da propriedade. Nos casos de parcelas muito grandes, a distância pode ser muito grande entre amostras, mas no caso de texturas mais finas, como na área do baldio da Serra de Mértola, as amostras terão que estar mais próximas entre si.

É difícil determinar uma estratégia de amostragem padrão, mesmo para a totalidade de uma imagem, pois há grandes diferenças de estrutura da Paisagem no seu interior. O ideal será encontrar um compromisso entre os três tipos de decisões a ter: quantidade, distribuição espacial e proximidade das áreas teste. A definição dessa estratégia de amostragem *a priori*, sem conhecimento do terreno e sem ter procedido à análise visual das imagens e algum grau de interpretação, torna-se pouco correcta em termos metodológicos e de validação.

1.2.3 GPS – Global Positioning System

Uma das fontes de erro mais importantes nas classificações resulta de não se terem posicionado correctamente na imagem as áreas teste identificadas no terreno. É um problema estritamente de rigor de posição: como a “imagem” é uma simplificação matricial da realidade, por vezes não se torna fácil garantir que determinado pixel ou conjunto de pixels correspondem à área marcada numa fotografia aérea ou mapa, que foi identificada no terreno. Este problema é mais grave quando se trata de áreas que parecem homogéneas quando se visualizam as imagens para marcação dos polígonos das áreas teste, mas que podem ser até bastante diferentes, não só mas também porque cada composição colorida só inclui três bandas.

Na maior parte dos casos o posicionamento é um pouco interpretativo, pois os limites da propriedade, a estrutura cadastral e as fronteiras “efectivas” das manchas de vegetação não são directamente visíveis na imagem. Pode-se estar a incluir numa classe pixels “muito mistos”, por estarem numa área

de fronteira, mas que portanto já não correspondem, com tanta “pureza”, ao que foi identificado no terreno. Dado que as imagens são, neste caso, geo-referenciadas e que a qualidade dessa referenciação foi avaliada como muito boa, seria ideal poder conhecer as coordenadas tão exactas quanto possível de determinada amostra no terreno, por forma a assegurar a sua localização, tão precisa quanto possível, na imagem.

Existe actualmente um meio que permite esse posicionamento exacto, válido para a localização de pontos na imagem quando a geo-referenciação tem muito rigor, recente e de que muito se fala mas que apresenta os seus segredos e tem sérios “espinhos” na sua utilização, se não for devidamente “configurado”, é o GPS. Como este trabalho é, como se tem vindo a referir, eminentemente sobre aplicação de métodos e técnicas, parece francamente necessário apresentar uma breve descrição do sistema GPS, do seu modo de funcionamento e dos cuidados a ter na sua utilização por forma a evitar erros, bem como das recentes modificações que aumentaram dramaticamente a sua precisão.

O sistema GPS, propriedade do governo dos Estados Unidos da América, denomina-se NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging) ³⁷. Os receptores GPS, que se podem utilizar no campo, são um dos três componentes deste sistema que utiliza as diferenças de tempo dos sinais rádio, no trajecto entre o receptor e o satélite, para medir distância, velocidade e tempo. O sistema completo consiste num Segmento de Controlo (as estações terrestres de recepção – controlo dos satélites), um Segmento Espacial (os satélites em órbita) e um Segmento do Utilizador (o receptor de GPS).

O **Segmento de Controlo** é o alicerce do sistema NAVSTAR e consiste num conjunto de estações terrestres que funcionam como o sistema nervoso central, fornecendo continuamente informação de controlo aos vários satélites do sistema. As responsabilidades do Segmento de Controlo incluem o rastreio das posições dos satélites, a manutenção dos satélites nas suas órbitas correctas e a comunicação aos satélites da sua posição e tempo exactos.

O **Segmento Espacial** do sistema NAVSTAR consiste em 24 satélites (mais dois sobresselentes) em órbita alta em torno da Terra (cerca de 17.600 quilómetros), com órbitas realizadas em cerca de 12 horas, distribuídos em seis planos orbitais para permitir uma cobertura completa da superfície terrestre. Cada satélite contém quatro relógios atómicos, emitindo continuamente sinais rádio, que são utilizados pelos receptores para determinar a sua posição. Estes sinais rádio, unidireccionais, são emitidos em duas frequências da banda L do espectro das microondas.

O **Segmento do Utilizador** do Sistema NAVSTAR é o receptor, que consiste numa antena, alimentação de energia, relógio electrónico, memória e um CPU que permitem traduzir os sinais recebidos dos satélites em informação posicional.

³⁷ As informações acerca do sistema GPS são adaptadas de FERGUSON, M. (1997), CAMPBELL, J.B. (1996) e de vários sites oficiais do sistema e pessoais, disponíveis na Internet (consultar a lista de Sites GPS antes da Bibliografia).

O sistema GPS NAVSTAR teve origem em 1973, como DNSS (Defense Navigation Satellite System), tendo os satélites NAVSTAR 1 a 4 sido lançados e ficado operacionais em 1978. Em Dezembro de 1993, existia já uma constelação de 24 satélites em órbita, tendo o sistema NAVSTAR alcançado IOC (Initial Operational Capability), deixando de ser considerado um sistema experimental. Os satélites utilizados para GPS são de três categorias: satélites Block I, os iniciais e que foram entretanto substituídos, Block II e IIR os mais recentes e mais avançados. Os satélites Block II acrescentaram meios para restringir os sinais fornecidos a utilizadores civis de GPS e os Block IIR acrescentaram relógios atômicos de maior precisão, bem como capacidades orbitais melhoradas. Quando a constelação consistia de 24 satélites, exclusivamente Block II e Block IIR, o sistema foi declarado como tendo atingido FOC (Full Operational Capability), o que aconteceu em Julho de 1995.

O sistema NAVSTAR foi concebido por forma a que qualquer localização na Terra tenha acesso, na sua linha de visão, a um mínimo de seis satélites em qualquer momento, desde que haja uma visão desobstruída do céu, de horizonte a horizonte. O processo pelo qual são determinadas a posição, a velocidade do receptor e a hora UTC (Universal Time Coordinated , na prática equivalente a GMT – Greenwich Mean Time) são proporcionados directamente pelos satélites; tudo o resto (direcção de movimento, distância e direcção a pontos específicos, hora estimada de chegada, etc.) são cálculos realizados pelo receptor de GPS usando uma combinação de posições fixas obtidas utilizando os satélites, software permanente no GPS e dados de posição de pontos (Waypoints), carregados previamente na memória do receptor.

O receptor GPS determina a sua posição medindo o tempo que os sinais rádio levam, deslocando-se à velocidade da luz, para viajar entre os satélites que o receptor fixou e o receptor. Estes dados permitem ao receptor GPS determinar a sua distância a cada um dos satélites, como se pode ver simplifadamente na Figura 4.12. Simplifadamente porque não é um processo em duas dimensões, com círculos, mas sim em três dimensões, com esferas.

Na situação (1) o receptor fixou o satélite (a), encontrando-se algures na área do seu alcance, a seta representa a distância ao limite dessa área. Na situação (2), o receptor fixa também o satélite (b), portanto também está algures no seu campo de alcance e na situação (3) passa-se o mesmo: o receptor encontra-se numa área de intercepção do alcance dos três satélites. Em (4) está representada a área de coincidência comum, logo o receptor está perto do ponto (x). Algures porque o sistema tem um “elemento” que cria “confusão” para uso civil, como se verá adiante.

Conhecendo a localização precisa de cada satélite, graças aos dados que este envia continuamente, o receptor pode calcular a sua localização numa esfera, em que está incluído. Essa esfera está centrada no satélite e tem um raio igual à distância a que o receptor se encontra do satélite. Com a adição de um segundo e terceiro satélite, e respectivas esferas, determina-se a esfera comum, onde o receptor se encontra. Embora o processo seja semelhante ao de uma triangulação com bússola existem diferenças, sobretudo a tridimensionalidade do processo.

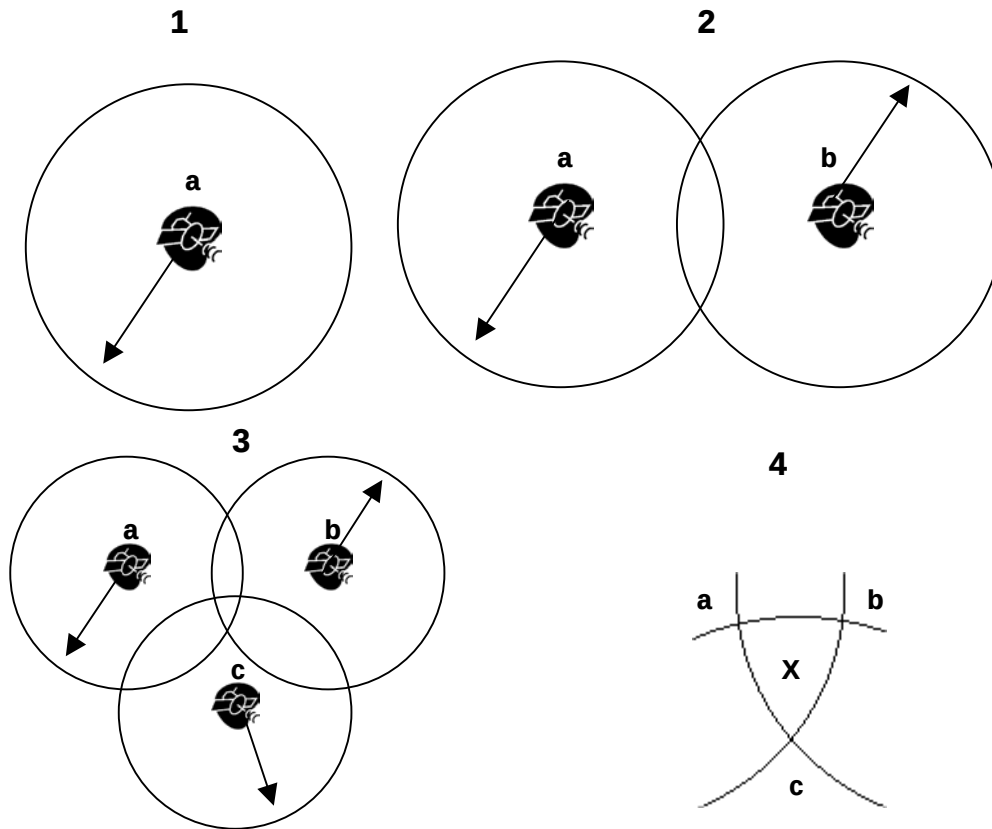


Figura 4.12 – Esquema simplificado do processo de determinação de posição por um receptor GPS.

É necessário um quarto satélite para atingir o nível de precisão oferecido pelo sistema de GPS NAVSTAR. Como o relógio do receptor não tem precisão suficiente para determinar a distância a cada satélite com um erro de metros, o quarto satélite fornece mais três pontos redundantes de triangulação e depois de feita a média a todos os valores, os erros do receptor relacionados com a medição de tempo são cancelados. Somente com quatro satélites se pode entrar em modo 3D, com indicação também da altitude, por isso nunca se deve trabalhar em modo 2D, pois o grau de erro é muito maior. Quando a trabalhar no terreno, com o GPS, é essencial trabalhar somente em modo 3D, pois permite um rigor de posicionamento maior, da ordem dos 30 metros, 95 por cento das vezes.

Então, o que faz variar o grau de precisão do receptor GPS ?

1. Erro do operador – O maior dos erros prende-se com a introdução no GPS de um Datum errado, zona UTM errada ou hemisfério errado. Uma vez que o GPS trabalha com o Datum WSG 84, o receptor converte a partir desse Datum para o escolhido pelo utilizador; se não for o Datum da cartografia que se está a utilizar os resultados são desastrosos. As coordenadas são exactas, são convertidas correctamente, mas não há qualquer relação entre as coordenadas obtidas pelo GPS e as coordenadas dos mapas. No trabalho de campo utilizou-se o Datum Europeu 1950, para tornar compatíveis as coordenadas GPS com a cartografia de

base e as imagens geo-referenciadas. Para evitar estes erros é necessário conhecer muito bem o funcionamento do receptor GPS e também, nunca é demais referi-lo, conhecer e dominar as temáticas relacionada com os sistemas de coordenadas e Datums;

2. “Disponibilidade Selectiva” (SA – Selective Availability) – Consiste num “erro” voluntariamente introduzido no sistema NAVSTAR pelos militares Americanos (Departamento de Defesa dos Estados Unidos), por forma a negar aos adversários militares o mesmo grau de precisão que o exército dos Estados Unidos e os seus aliados possuem. Este “erro” consiste no envio pelo satélite de informação que não é verdadeira, de uma forma aleatória mas regular, nomeadamente erro no tempo e/ou informação acerca da localização.

O impacto da Disponibilidade Selectiva (DS) faz-se de duas formas distintas: a primeira reduz a precisão da determinação de pontos no terreno, a outra é uma distorção na medição da velocidade de deslocação no terreno e direcção dessa deslocação ³⁸. Por exemplo, se a pessoa se desloca a 5 km/hora para Sul, a DS “diz” ao receptor que a velocidade é de 2 km/hora, se a DS se “desloca” para Sul a 4 km/hora, o receptor indica que nos deslocamos para Sul a 6 km/hora. Este facto implica que a resolução posicional máxima permitida pelo sistema, em virtude da introdução do erro, se fixa em torno dos 30-50 metros, podendo chegar aos 100 metros e dependendo do número de satélites que o receptor fixa. Como o “erro” é enviado aleatoriamente, pode-se fazer a média dos sinais enviados durante um determinado período de tempo, o que melhora muito a precisão horizontal da localização, até à ordem dos 15-20 metros.

Já a precisão na determinação de altitude é mais complicada, atingindo-se valores muito dispare e em constante variação, consoante o receptor recebe os sinais dos vários satélites. Existe uma forma de corrigir este erro, o sistema de GPS Diferencial, que graças a estações fixas no terreno, com as suas posições excepcionalmente bem definidas, e que enviam sinais rádio, calibram os sinais recebidos pelo receptor permitindo, no limite, precisão horizontal de menos de um metro. O uso de GPS Diferencial requer que se ligue uma antena especial ao GPS, por forma a receber os dados emitidos pela estação fixa, que são então “tratados” pelo receptor, junto com os dados dos satélites. Em Portugal Continental existem várias estações destas, a informação relativa à sua posição e frequências de emissão encontra-se disponível na Internet ³⁹, mas como se verá um pouco adiante, para o tipo de trabalho de campo efectuado e com a resolução requerida neste caso, não é actualmente necessário recorrer ao uso de GPS Diferencial.

³⁸ Neste trabalho utilizaram-se somente Waypoints, pontos fixos, mas o GPS permite e apoia a navegação aérea, marítima, movimento de viaturas, etc. Nesses casos os parâmetros de velocidade e direcção da deslocação são essenciais.

³⁹ <http://snig.cnig.pt/snig/gpsindex.html>

3. Número e Geometria dos satélites disponíveis – Quanto maior o número satélites e melhor distribuídos no “céu” melhor a precisão, sendo ideal um no Zénite.
4. Interferências – Ocorrem quando o sinal rádio emitido pelos satélites é reflectido por objectos – prédios, vertentes, etc. – percorrendo um trajecto maior até alcançar o receptor, o ideal é estar numa área alta e/ou numa área plana.
5. Condições Atmosféricas – Embora viagem à velocidade da luz, as ondas rádios “abrandam” ao passar a Atmosfera. Os receptores têm dados “nativos” dos modelos de redução de velocidade, no entanto o erro máximo introduzido pelo trajecto atmosférico dos sinais rádio é da ordem dos 5 metros. Quanto mais limpo o céu, melhor, o que é comum no Sul do País e aconteceu no período em que a imagem foi adquirida e o trabalho de campo efectuado. Um facto importante é que estes erros são cumulativos, concorrendo em conjunto para uma degradação global da precisão de fixação de pontos.

Existe também um Sistema de GPS Russo, GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), mas não tem uma precisão tão boa e existem pouquíssimos receptores que possam trabalhar com este sistema. A Europa planeia também um sistema similar, de alta precisão e uso completamente aberto, controlado por civis, o Sistema GalileoSat ⁴⁰, do European Geostationary Navigation Overlay Service ⁴¹, que deverá estar completamente operacional em 2008.

Para o sistema NAVSTAR existe um grande número de fabricantes de receptores, para aplicações marítimas, aeronáuticas, lazer, etc. Muitos receptores actuais possuem internamente mapas, que permitem, no visor do receptor, indicar a posição num mapa. Existem até auto-rádios com capacidade GPS e display da posição num mapa ⁴². A democratização é enorme e as aplicações crescem de dia para dia, sobretudo as que utilizando a capacidade extremamente precisa de localização podem enviar um sinal dessa mesma posição em caso de emergência, para facilitar ou permitir o resgate de quem enviou o pedido de ajuda. Nesse caso são receptores de GPS e emissores para determinado operador.

Em termos de software, o mais interessante para realização de trabalho de campo é a possibilidade de ligar o GPS a um computador portátil e visualizar a posição em mapas previamente digitalizados num scanner e devidamente geo-referenciados. A Kodak anunciou na primeira semana de Agosto de 2001 que iria comercializar uma máquina fotográfica digital com GPS, que regista também a posição quando se tira uma fotografia (?!). Ligando esta câmara digital a um portátil pode-se, também, geo-referenciar as fotografias que se tiram durante o trabalho de campo, bem como os trajectos, etc.

⁴⁰ <http://www.galileo-pgm.org/>

⁴¹ <http://www.esa.int/navigation/pages/indexGNS.htm>

⁴² Por exemplo da BLAUPUNKT - <http://www.bosch.co.uk/0150.html> e <http://www.teleautoradio.com/html/navigation.htm>

Há, portanto, um mundo de aplicações do sistema GPS, não só em virtude das capacidades de determinação de posição como de deslocação, sendo que provavelmente, em poucos anos, a sua utilização se banalize, até porque os preços já são acessíveis e as dimensões do receptor pouco ultrapassam as de um telemóvel normal.

O facto mais relevante e pouco conhecido é que a Disponibilidade Selectiva foi solenemente desligada no dia 1 de Maio de 2000, às 24.00 de Washington ⁴³, pois não só não faz muito sentido depois do fim da Guerra Fria, como se adivinha acesa concorrência pelo GalileoSat. Os Estados Unidos estão actualmente a desenvolver um sistema que permite, por assim dizer, aplicar um erro do tipo da DS localmente, em áreas ou regiões de conflito. O facto de a DS ter sido “desligada” tem um impacto tremendo na precisão do posicionamento horizontal e vertical que os receptores permitem, melhorando sobremaneira as suas potencialidades para trabalho de campo e navegação.

Segundo a IGEB (Interagency GPS Executive Board ⁴⁴) o aumento de precisão é extremo ⁴⁵, a Figura 4.13 diz respeito às medições efectuadas pelo Comando Espacial dos Estados Unidos ⁴⁶, que indicam um erro circular médio de somente 2.8 metros e um erro esférico médio de 4.6 metros, valores que se podem atingir com um receptor comum, com bastantes satélites fixados pelo receptor e procedendo a um período prolongado de calibragem (média). Várias outras agências, organismos, universidades e investigadores chegaram aos mesmos resultados ⁴⁷. Na Figura 4.13 é claramente visível o efeito da DS antes de ser desligada, emitindo informação errónea aleatoriamente, tanto a nível da posição vertical como da posição horizontal.

Assim sendo, desde Maio de 2000, os receptores GPS normais podem atingir, de facto, uma precisão horizontal da ordem dos 3 metros, o que constitui um valor excepcional para muito do trabalho de campo e geo-referenciação de todo o tipo de amostras “recolhidas” no terreno. No campo da definição das áreas teste, a precisão da ordem dos 3 metros garante, de uma forma quase esmagadora, o posicionamento dentro de um pixel de 30 por 30 metros, facto que não acontecia antes de a DS ter sido desligada.

Para aplicações de maior precisão, com GPS diferencial, a melhoria também existe, passando-se, potencialmente, a uma precisão da ordem dos centímetros. Em termos de uso quotidiano do GPS, em todo o tipo de transportes lazer e navegação, as melhorias são da mesma ordem de amplitude, funcionando 24 horas por dia, em qualquer ponto do globo, com qualquer tipo de condições atmosféricas.

⁴³ Anúncio oficial do Presidente Clinton em: http://www.ostp.gov/html/0053_2.html

⁴⁴ <http://www.igeb.gov/>

⁴⁵ Ver também DIVIS, D.A. (2000)

⁴⁶ http://www.peterson.af.mil/usspace/gps_support/

⁴⁷ Ver lista de Sites GPS antes da Bibliografia.



SA Transition -- 2 May 2000

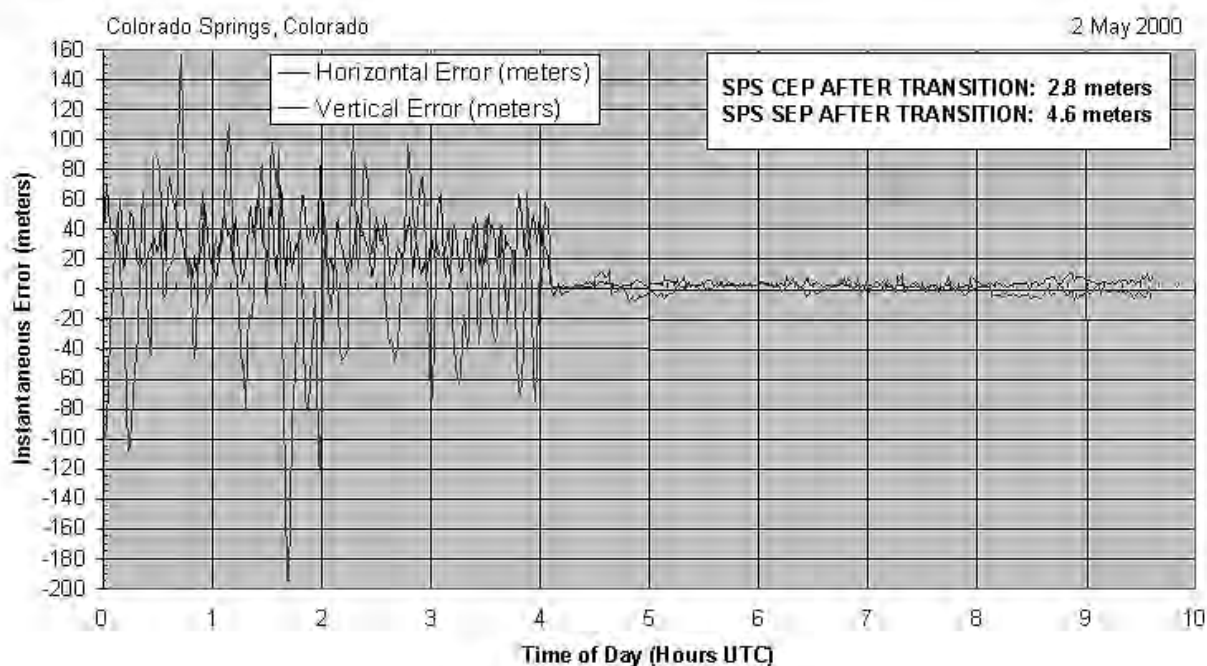


Figura 4.13 – Flutuações do sinal GPS: antes e depois de ter sido desligada a Disponibilidade Selectiva (<http://www.igeb.gov/sa/timeline.gif>).

Por último, uma referência ao receptor GPS utilizado, que foi um **Garmin 12**⁴⁸. Este receptor permite fixar e rastrear em modo paralelo um máximo de 12 satélites em simultâneo, pesa somente 269 gramas (com baterias) e é à prova de água, sendo um dos mais simples e menos dispendiosos desta marca⁴⁹. Durante o trabalho de campo atingiu-se sempre uma precisão horizontal de cerca de 3-4 metros, sendo comum fixar até 9 satélites em simultâneo. Quanto mais alto, como no topo da Serra da Alcária, melhor, pior no fundo de vales (precisão de 5-6 metros).

As coordenadas registadas no terreno, para as áreas teste, foram posteriormente descarregadas para o computador, com o auxílio de um cabo próprio, através de um programa de importação, exportação e gestão de pontos GPS, Waypoint +⁵⁰, exportados para ArcView através de um Script próprio (ArcView Garmin⁵¹), transformados em pontos num ficheiro vectorial, finalmente sobrepostos às imagens geo-refenciadas no programa de tratamento de imagem (ENVI), por forma a garantir o rigor e precisão da delimitação das áreas teste.

⁴⁸ Site do fabricante, informações, upgrades de software do receptor e muito mais... <http://www.garmin.com>

⁴⁹ Outros fabricantes principais, Trimble - <http://www.trimble.com/>, Magellan - <http://www.magellangps.com/>, Lowrance - <http://www.lowrance.com/>, Eagle - <http://www.eaglegps.com/>

⁵⁰ FREeware, disponível em - <http://www.tapr.org/~kh2z/Waypoint/>

⁵¹ Departamento de Caça e Pesca da Califórnia, disponível em - <http://maphost.dfg.ca.gov/adt/download.htm#avgarmin>

Determinaram-se as coordenadas somente para áreas teste de pequena dimensão, quando as parcelas em questão não eram “óbvias” na fotografia aérea em que estavam a ser marcadas, pois no caso de serem de dimensão média – grande não se justificava. Mesmo em casos de parcelas de cerca de 60 por 60 metros procedeu-se à determinação das coordenadas, como no caso das “courelas” do Baldio da Serra de Mértola, pois a não coincidência dos pixels com a estrutura cadastral no terreno poderia levar à escolha de pixels de fronteira. Determinando as coordenadas centrais é possível ter a certeza que se determina na imagem o ponto central da parcela.

Este facto torna-se mais importante porque, na prática, o Software utilizado permite marcar áreas teste com uma dimensão inferior ao pixel, podendo-se efectivamente escolher “um” determinado pixel, sem influência dos pixels vizinhos, ou ponderar a proporção dos pixels vizinhos a incorporar na área teste. Mais adiante será abordado o processo de delimitação das áreas teste na imagem. Para já o facto importante a reter é que os polígonos definidos, áreas teste, são identificados pelas suas coordenadas geográficas, podendo-se por isso proceder à sua marcação em várias imagens, composições coloridas ou neo-canais, visto que as imagens se encontram todas geo-referenciadas. Como o rigor e precisão da sobreposição das imagens está verificado, sendo quase total, aplica-se o conjunto das áreas teste a um conjunto de bandas – imagens determinado, que neste caso, como já foi justificado, serão as imagens de 2000 e 2001, 14 bandas.

1.3 Classes

Segundo a sequência ideal de procedimentos para o tratamento digital de imagens e classificação está-se, neste ponto, em condições de definir as classes da pré-legenda. As classes que se passarão a descrever resultam de vários aspectos distintos, mas concorrentes entre si:

- Conhecimento do ecossistema, sua composição e dinâmica;
- Conhecimento de eventuais classificações das unidades existentes, elaboradas por técnicos e/ou investigadores de temáticas específicas não dominadas na integra por quem faz a interpretação (e.g. fauna e flora, estudos de biologia);
- Critérios de classificação de unidades em áreas do mesmo tipo, produzidas por organismos nacionais ou internacionais, com responsabilidades em termos de “gestão” do território, planeamento, cartografia, conservação da natureza, etc. (e.g. Corine, Rede Natura 2000, EUNIS);
- Conhecimento do terreno, da Paisagem e suas unidades;
- Conhecimento funcional de cada classe e fenómenos ou características associadas;
- Conhecimento das relações funcionais entre unidades;
- Identificação dos objectos – temas nas imagens de satélite e interpretação;

- Recurso a várias técnicas de realce de imagem e análise dos dados, por forma a melhorar essa mesma identificação e interpretação;
- Identificação dos objectos – temas em fotografias áreas foto-interpretadas;
- Trabalho de campo na data de obtenção da imagem pelo sensor.

Cada classe deve ser validada, analisada e verificada por este conjunto de “instrumentos” por forma a maximizar e garantir:

1. O seu valor e significado temático;
2. O seu carácter objectivo, sobretudo em termos de relevância radiométrica;
3. O seu significado enquanto unidade da Paisagem;
4. O seu significado enquanto unidade com características funcionais, simultaneamente específicas e distintas das características das outras unidades;
5. O seu significado enquanto “objecto” geográfico e ecológico;
6. O seu sentido em termos de designação e léxico, tão abrangente quanto possível em termos de avaliação por indivíduos e/ou comunidades distintas, logo o menos subjectivo possível;
7. A homogeneidade máxima intra-unidade e heterogeneidade máxima inter-unidades.

Desta forma, a descrição das classes deve possuir uma definição do “conteúdo” de cada uma, em termos conceptuais, dos objectos ou conjuntos de objectos que a constituem e da forma como se associam espacialmente, ou seja, a definição operacional utilizada por quem fez a interpretação. Também deve constar, de forma clara, o grau de confusão com outras unidades, confusão em termos de limites físicos, da presença de objectos comuns a outras unidades e confusão temática.

Só assim será possível analisar e interpretar a classificação posterior, sabendo quais os critérios e conceitos de quem fez a interpretação, a qual está na base do processo consequente de classificação. Passa-se então a apresentar a matriz de descritores, quase uma “chave da foto-interpretação”, bem como os conceitos, objectos, características espaciais dos objectos e arranjo espacial das classes, que são consideradas unidades “nucleares”, da área de estudo. As várias unidades de coberto vegetal serão agrupadas em três grandes formações, segundo a classificação de PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985):

1. Floresta Esclerófila em Exploração;
2. Formações Sub-Xerofíticas;
3. Estepe Mediterrânea.

1.3.1 EUCALIPTAIS - EXÓTICAS

Definição – Conceito

Povoamentos de Eucaliptos já desenvolvidos, espécie exótica, mancha densa e cobertura quase contínua. Povoamentos antigos, como o da envolvência da Mina de São Domingos, recentes como no extremo Nordeste do Concelho, para fins industriais, ou ao longo das principais vias de comunicação. Eventual existência de pequenas manchas. Sub-bosque pobre e pouco denso, quase só estevas, tojo e rosmaninho.

Objecto

Indivíduos adultos, copas variando de muito grande e espesso a quase inexistente, densidades de plantação variadas, estados de desenvolvimento também muito variados. Nalguns casos, embora com dezenas de anos, somente 10 metros de altura e estrutura foliar pobre. As árvores não são directamente identificáveis nas imagens, as manchas sim, somente nas fotografias aéreas se podem identificar as árvores.

Percepção

Mono-específico-folhas-cheiro-sombra-artificial-industrial-seco-ácido-pouca diversidade e vida

Tamanho

Manchas grandes, uniformes.

Forma

Regular, ortogonal, acompanhando a estrutura da propriedade. Alongada e estreita no caso da envolvência de vias de comunicação.

Limites

Claros, bem marcados, contraste nítido com as áreas envolventes não florestais, características radiométricas muito diferentes das restantes espécies florestais. Limites físicos e temáticos bem marcados.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas escuro, nas imagens verde escuro (Abril), castanho avermelhado (Setembro - Outubro), NDVI elevado depois do Verão.

Textura

Na fotografia aérea, textura muito irregular, volume elevado mas irregular. Nas imagens, textura fina, regular, mais NDVI nos vales, “decalque” da disponibilidade de água em função da topografia.

Associação

Mina de São Domingos, áreas urbanas, estradas.

Sombra

Nas fotografias aéreas, por vezes bastante, dependendo do porte.

Posição

Não relacionada com a topografia, como é uma espécie exótica introduzida a posição é exclusivamente ditada pela estrutura da propriedade ou, no caso das estradas, ao longo delas.

Padrão

Alinhado, aleatório ou ao longo das curvas de nível, nas plantações mais recentes.

Função

No caso da Mina foram introduzidos por questões sanitárias e fixação do terreno, nas estradas para sombra, tal como em áreas urbanas, nas explorações agro-florestais para produção de pasta de papel.

Confusão

Quase nenhuma, excepto no caso da densidade ser baixa; nesse caso o sinal do fundo pode assumir maior importância, sobretudo estevas e mato baixo.

Subclasses

Não há, somente os alinhamentos ao longo das estradas podem ser considerados como um tipo à parte, mas na classificação não serão diferenciados.

Fauna – Flora⁵²

Estrato arbustivo pobre e pouco denso, frutos e folhas pouco apetecíveis para as espécies locais, somente para espécies generalistas e sobretudo nas margens dos povoamentos. Por falta de alternativa pode ser um meio de nidificação importante, Cegonha e Peneireiro.

Problemas

Povoamento florestal associado a perda de produtividade, erosão hídrica do solo durante a fase inicial de crescimento, perda de fertilidade e diminuição da disponibilidade de água no solo. Houve várias tentativas de reflorestação há alguns anos, como alternativa à produção agrícola; no entanto a produtividade é muito baixa, pois a disponibilidade de água é baixa, ao contrário das áreas litorais, como no Concelho de Odemira. Envolto em “polémicas” várias, como quando da publicação de um livro do Professor Mariano Feio (FEIO, M. (1989) “A reconversão da Agricultura e a Problemática do Eucalipto”), que apontava o eucalipto como alternativa à agricultura em áreas de solos pobres do interior. Esteve na base de um novo termo, a “eucaliptização”, tendo gerado muito debate, por vezes acesso e apaixonado, mas pouco ou nada consubstanciado ou baseado em estudos experimentais.

1.3.2 PINHAIS - RESINOSAS**Definição – Conceito**

Povoamentos de pinheiros, espécie resinosa, já desenvolvidos, constituindo uma mancha densa e cobertura contínua. Povoamentos vários, na envolvência da Vila de Mértola (Perímetro Florestal), além de duas ou três manchas pequenas. Existem muitos povoamentos recentes,

⁵² As referências a fauna e flora específica de cada unidade são extraídas e adaptadas, quase exclusivamente, de PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985)

mas não apresentam ainda um porte suficiente para serem considerados como pinhal, como tal serão classificados à parte. Sub-bosque pobre e pouco denso, não tanto como nos eucaliptais.

Objecto

Indivíduos adultos, volume e altura extremamente regular, copas densas formando um contínuo. As árvores não são directamente identificáveis nas imagens, as manchas sim embora pequenas, somente nas fotografias aéreas se pode identificar as árvores.

Percepção

Sombra-piquenique-Verão-férias-Sul-Mediterrâneo-pinhas-pinhões-caruma-verde

Tamanho

Manchas pequenas, no caso do perímetro florestal mancha grande.

Forma

Regular, ortogonal, sem ligação nítida à estrutura da propriedade.

Limites

Claros, bem marcados, contraste nítido com as áreas envolventes não florestais, características radiométricas diferentes das restantes espécies florestais. Limites físicos e temáticos muito bem marcados.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas escuro, nas imagens castanho avermelhado (Abril), vermelho escuro (Setembro - Outubro), NDVI elevado depois do Verão.

Textura

Na fotografia aérea textura muito regular, volume baixo. Nas imagens, embora as manchas sejam pequenas, textura fina, muito regular.

Associação

Mértola, envolvida pelo perímetro florestal.

Sombra

Nas fotografias aéreas, pouca.

Posição

Não há qualquer relação com a topografia.

Padrão

Mancha contínua.

Função

No caso dos povoamentos recentes reflorestação, subsídio, *set-aside*. No caso do perímetro florestal também reflorestação, mas não por particulares, função social. Nos outros casos não é muito clara.

Confusão

Mínima, o coberto é contínuo visto que as copas, quando se unem, constituem uma abobada.

Subclasses

Não há.

Fauna – Flora

Não possui comunidade faunística própria. As margens permitem certamente abrigo, também pode constituir local alternativo de nidificação.

Problemas

É uma espécie introduzida, embora Mediterrânea, mas não se adapta tão bem às condições edafo-climáticas como a azinheira ou sobreiro. As fases iniciais promovem pouca ou nenhuma protecção do solo, além de requererem alguma mobilização do solo. Há neste momento uma área gigantesca de pinhal a crescer no Concelho de Mértola, cuja área total nem a Câmara Municipal conhece, em função exclusivamente dos subsídios e que, no futuro, poderá constituir uma significativa parcela do coberto vegetal do Concelho. Os pinheiros podem ser cortados, ao fim de 20 anos, podendo vender-se a madeira, o que não acontece com a azinheira.

1.3.3 FLORESTA DE QUERCUS - MONTADO

Definição – Conceito

Árvores associadas a cultura de cereal – pousio, espécie dominante é a azinheira na maioria dos casos, usada para lenha e para carvão, rebanhos de ovelhas e varas de porcos em pastagem. Possui três “estratos” de vegetação (herbácea, arbustos e árvores), o gado doméstico e/ou selvagem está sempre presente como elemento unificador, constitui um sistema agro – silvo – pastoril de exploração agrícola. A densidade de árvores varia de poucas árvores, salpicadas nos campos, a povoamentos mais densos, por selecção das árvores e não por plantação. Consoante o regime de exploração, se utilizado somente para pastagem, existe já um estrato arbustivo pouco denso. No caso de abandono prolongado o estrato arbustivo desenvolve-se, confundindo-se com facilidade o conjunto com as áreas de mato denso. Os montados introduzem diversidade na Paisagem e são refúgio de espécies animais, o seu aproveitamento económico é nulo (ou quase), constituem um “motor” da recuperação fito-faunística pois encontram-se plenamente adaptados às condições edafo-climáticas.

Objecto

Árvores, copa de forma redonda e com textura irregular, individualizadas sobre um fundo mais claro, volumetria bem visível quando de porte já arbóreo. Nas imagens de satélite não são identificáveis visualmente, somente algumas áreas se tornam perceptíveis com a fusão da banda pancromática, depois da transformação RGB – HSI. Só serão consideradas as áreas com densidade elevada de árvores, independentemente do “fundo” presente: cereal, pousio ou em pastagem.

Percepção

Sombra-ilha-húmido-fresco-imutável-consistente-sempre-verde-vertical-ovelhas-bolota-equilíbrio-pastor-textura-irregular-natural-esforço ancestral-Alentejo.

Tamanho

É um povoamento disperso de árvores, existe somente uma grande mancha de montado (Azinhal, a Sul de Vale de Açor). Manchas de azinheiras identificáveis só na fotografia aérea.

Forma

Regular somente quando a cobertura de árvores termina abruptamente num limite de propriedade, não possui ligação nítida à a estrutura da propriedade.

Limites

Como é um coberto descontínuo, constituído por árvores, é quase impossível traçar um limite, sobretudo porque as transições se fazem por densidades muito baixas de árvores. Em algumas áreas há quase, por assim dizer, um continuo de azinheiras com densidade muito baixa. Como tal, somente uma grande proporção espacial de azinheiras num pixel poderá resultar na sua classificação como montado.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas tom escuro, grande contraste de tom e volume com a envolvência. Se for um montado com gestão intensiva, em que se verificam podas regulares, a copa pode aparecer como um coroa, vazia no seu interior, o que é feito para “forçar” a árvore a estender a sua copa.

Textura

Na fotografia aérea a textura consiste num salpicado, irregular, que varia de densidade, com um volume baixo em relação a outras espécies florestais. Se for um montado abandonado, mato denso, a textura é excepcionalmente irregular.

Associação

Cereal, pousio e pastagem. Por abandono constitui o porte arbóreo dominante do mato denso.

Sombra

Pouca, quanto mais regular mais intenso e frequente o regime de podas.

Posição

Não há qualquer relação com a topografia, excepto no caso do abandono, que ocorre predominantemente em áreas de maior declive. No entanto, pode estar em qualquer posição se for uma pequena parcela, courela, abandonada no contexto do baldio.

Padrão

Salpicado irregular, densidade variável.

Função

No caso dos povoamentos recentes reflorestação, subsídio, *set-aside*, embora apareça quase exclusivamente associada ao pinheiro. Base ancestral do sistema agro – silva – pastoril, complemento à agricultura de sequeiro e a produção pecuária, as bolotas para os porcos, nicho ecológico específico, promotor de biodiversidade. No contexto actual das práticas agrícolas sustentáveis, da protecção da natureza e equilíbrio ambiental, em que se espera que os agricultores sejam os guardiões do Ambiente, o montado constitui um coberto quase óptimo, equilibrado e diversificado. Também o seu valor paisagístico, enquanto património histórico, deve ser indissociável do desenvolvimento rural e protecção do Ambiente, mas tudo depende e dependerá da forma como os fundos comunitários e nacionais são enquadrados: perda de produtividade dos agricultores, compensações ou reconversão das áreas com cereais.

Confusão

Máxima, o coberto é totalmente descontínuo, os limites físicos são difíceis de traçar bem como os temáticos, pois é difícil traçar a fronteira entre um montado abandonado ou um montado com o “substrato” em pousio prolongado. A associação a várias densidades e tipos de mato também dificulta a delimitação de uma fronteira temática. A densidade e organização espacial das árvores em cada pixel varia de uma forma extrema, o sinal do fundo “abafa” o sinal radiométrico das copas, provavelmente só os povoamentos mais densos e com algum grau de continuidade serão classificados. Também pode ocorrer o oposto, uma densidade grande “abafar” o sinal do fundo, mas nesse caso o coberto arbóreo é, indiscutivelmente, o elemento mais importante a classificar. As transições entre povoamentos fazem-se de uma forma absolutamente difusa e descontínua, excepto quando um povoamento denso confina com parcelas sem qualquer árvore. A existência de algumas árvores, aqui e ali, pode não constituir tematicamente um montado, a uma escala de análise próxima, sendo somente um suplemento arbóreo a outros cobertos agrícolas, mas, também nesse caso, o mais relevante é a própria existência da árvore, caso um pixel seja classificado como tal.

Subclasses

Montado com cereal, com pousio e com solo a nu.

Fauna – Flora

Além das azinheiras aparecem também zambujeiros, alfarrobeiras, figueiras e amendoeiras, denunciando a proximidade da sua área de dominância no país, o Algarve. Quanto menos intensiva for a exploração do montado e/ou o grau de abandono, maior e mais diverso o tipo de espécies que aparecem, constituindo um processo natural de regeneração e recuperação do ecossistema e reaparecimento de espécies autóctones, sobretudo quando a área está próxima de porções de mato denso, que constituem bancos de sementes. Em termos de fauna, cada azinheira pode ser considerada como um “ecossistema em miniatura” (PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985, pp. 21-22)), suportando bastantes aves que se alimentam da enorme quantidade e variedade de insectos e suas larvas, na copa, no tronco e no solo sob as árvores. As bolotas alimentam várias espécies: o Pombo Torcaz, a Tordeia, o Gaio, a Pega Azul (Rabilongo). Já as aves de rapina, que possuem territórios mais vastos e diversificados, dependem sobretudo das áreas de montado abandonado para nidificarem, pois existe aí menos pressão e intervenção humana, o Milhafre Real é exclusivo do Azinhal, mas há também Águias de asa redonda. No substrato do montado há, também, uma fauna rica, em muito semelhante a outras áreas de mato.

Problemas

O montado é um coberto em equilíbrio com o Meio, tudo dependendo do regime de exploração e densidade dessa exploração. No caso de existirem cereais, os problemas de erosão e simplificação do ecossistema são, em tudo, equivalentes aos dos campos de cereal e terrenos lavrados, constituindo as azinheiras autênticas ilhas, que as lavouras prejudicam porque o lavar consecutivo, em redor das árvores, danifica a estrutura radicular superficial das árvores. Se o coberto for pousio, sobretudo prolongado, em termos de erosão de solo os valores são

muito menores, pois esse coberto representa uma extensificação da actividade agrícola. Claro que o abandono, de um ponto de vista estritamente ambiental, pode promover a recuperação e regeneração do ecossistema, aproximando-se com o tempo de um coberto mais próximo do primitivo. Mas há um problema: esse abandono constitui um abandono da actividade agrícola, o que vai reflectir-se no domínio sócio-económico, pois representa teoricamente despovoamento. Uma Paisagem com estas características patrimoniais, peso e cariz histórico, não faz grande sentido desprovida da presença humana que está no centro da sua génese e gestão, como tal, em termos sociais, históricos e, até paisagísticos, o abandono puro e simples a grande escala não deveria ser uma opção a tomar, mas será sempre uma opção pessoal.

Claro que a caça veio “baralhar” a equação, pois o abandono dos montados e consequente avanço do mato é propício às actividades venatórias, tendo sido apregoado como importante fonte de riqueza e rendimento endógeno para regiões com estas características. Infelizmente a “coisa” não é nada linear, pois as grandes áreas de caça turística pouco dinheiro têm deixado na região, não constituindo também um pólo de criação de emprego. Além disso, o direito ancestral à caça pela população local e os desajustes, incompreensão e mudanças constantes dos regimes de caça têm criado, inclusive, alguns problemas e atritos entre as populações locais e os caçadores “exógenos”. Isto para não falar do direito à não caça, cuja aplicação, respeito e fiscalização praticamente não existem. Esta matéria é polémica, confusa e está fora de contexto aprofundá-la, como tal ficar-se-á por aqui, porque a caça é em si um tema de análise, complexo e que deve ser enquadrado devidamente por uma série de outras áreas de conhecimento, das ciências sociais e humanas à biologia e ecologia passando pela psicologia.

Por último, a intensificação da exploração dos montados constitui um maior grau de degradação, sobretudo quando usado para pastagem de modo intensivo, com excesso de densidade do gado, ou por tempo demasiado. O sobrepastoreio no montado, ao resultar na remoção e consumo, por vezes total, do coberto herbáceo e no pisoteio e compactação do solo, sobretudo em áreas de maior declive, contribui claramente para um aumento da erosão do solo, perda de fertilidade e alteração do regime e teor de humidade no solo. Quanto mais coberto, mais denso e mais contínuo, melhor a gestão da água, em termos o mais abrangentes possíveis. Como tal, proteger o solo e gerir a sua utilização é também conservar água e os montados são um óptimo coberto para esse efeito, se devidamente geridos, com densidades de pastoreio correctas, em regime mais extensivo que intensivo. O equilíbrio é, contudo, difícil de determinar e mais ainda de implementar, sobretudo porque o montado é considerado um uso de baixo rendimento agrícola, sem rotação cereal – pousio. Para extensificar a sua exploração os agricultores têm que perder rendimento, como tal, para serem os “guardiões” da natureza e “jardineiros da Paisagem” exigem, com toda a justiça, apoios compensatórios, acabando a reflorestação por constituir uma séria alternativa em termos económicos, embora nem de perto nem de longe tão ambientalmente correcta, sobretudo pela selecção de espécies e características dos repovoamentos.

1.3.4 REFLORESTAÇÃO – REPOVOAMENTOS FLORESTAIS

Definição – Conceito

Plantações de árvores, pinheiros, azinheiras ou plantações mistas, por processos mecânicos, de uma forma organizada e alinhada espacialmente. Pressupondo que todo o mato é roçado, ou somente as faixas onde são plantadas as árvores, existem dois sistemas dominantes de plantação: vala e combro, covacho. Os repovoamentos acontecem ao longo das curvas de nível, tanto em áreas de declive elevado como em áreas praticamente planas. Várias densidades de plantação, ao longo das linhas e várias densidades de linhas ao longo das vertentes.

Objecto

Pequenas árvores, de 20 centímetros de altura a poucos metros, nunca constituem um coberto contínuo, alinhadas, por vezes com densidade extrema ao longo de uma mesma linha de plantação. Valas consecutivas, acompanhando as curvas de nível, faixas de solo a nu com pousio entre elas, ou áreas enormes totalmente lavradas com alinhamentos de pequenas árvores. As árvores só são visíveis na fotografia aérea, quando já desenvolvidas; o que é visível são as valas e/ou a estrutura alinhada das plantações. Nas imagens, só com a incorporação da banda pancromática alguns povoamentos são visíveis.

Percepção

Alinhado-artificial-fileiras-rasgado-monótono-exógeno-artificial-subsídio-incêndio

Tamanho

Manchas geralmente grandes.

Forma

Regular, ortogonal, decalca a estrutura cadastral, mesmo que por vezes só parcialmente e em pequenas parcelas. As valas e fiadas são alinhadas, paralelas, podendo ondular segundo as curvas de nível nas áreas de maior declive.

Limites

Claros, bem marcados, entre parcelas, dependendo do grau de desenvolvimento das árvores e da dimensão das valas e da sua forma. Como não se podem visualizar nas imagens, o pixel assume o valor dominante do fundo, solo a nu ou pousio. No caso de o mato se ter desenvolvido, quando tudo é lavrado ou quando são deixadas faixas em pousio, os pixels podem também ser classificados como mato.

Cor - Tom

Nas fotografias tom claro, igual ao solo a nu – terrenos lavrados, cinzento claro se o pousio dominar, mato se este tiver recuperado. Azulado nas imagens, NDVI mínimo quando com solo a nu e semelhante a pousio, quando plantado em faixas.

Textura

Na fotografia aérea, textura regular, nas imagens a textura depende do sinal do “fundo”, variando em função da disponibilidade de água comandada sobretudo pela topografia.

Associação

Nenhuma específica.

Sombra

Nenhuma.

Posição

Não há qualquer relação com a topografia, tanto há povoamentos em áreas grandes de grande declive, como em áreas planas, como próximo de povoações, no meio de campos agrícolas, na base de relevos ou em topos.

Padrão

Mancha contínua nas imagens, alinhamentos que se tornam cada vez mais ondulantes, em função do aumento do declive e complexidade da topografia. Linhas e valas paralelas.

Função

Reflorestação, subsídio, *set-aside*, alternativa aos cereais de sequeiro e ao montado de baixo rendimento. O financiamento inclui a plantação, 20 anos de compensação de perda de rendimento e possibilidade de subsídios futuros para manutenção, abertura de caminhos florestais, etc. A razão pela qual predomina esmagadoramente o pinheiro é, tão somente, o facto de ao fim dos 20 anos se poder vender a madeira. Planta-se com uma densidade quase absurda ao longo das linhas, pois nem todas as árvores vingam, efectuando-se depois cortes selectivos.

Confusão

Tematicamente não há, os limites das parcelas são visíveis, na maioria dos casos, na fotografia aérea. O problema são as imagens de satélite, pois o sinal do fundo é esmagador, como não poderia deixar de ser, sobretudo quando as árvores são pequenas, tendo menos de um metro de altura e nenhuma copa desenvolvida. Paradigmaticamente, o fundo é o “objecto” mais relevante em termos de coberto, mas o uso do solo já não coincide com o coberto. Claro está que, a partir de um certo desenvolvimento vegetativo, nestes pixels que são intrinsecamente mistos, o sinal das copas e folhas alterará o valor “médio” do pixel. O cuidado na marcação das áreas teste terá que ser consequentemente extremo, para se ter a certeza que é de facto em determinada parcela que estão a despontar as árvores, embora espacialmente pouco ou nenhum espaço ocupem ainda. A maioria dos pixels será provavelmente classificada como solo a nu, pousio ou mato, e nem mesmo uma muito maior resolução poderia resolver este problema para os povoamentos mais jovens. O ideal seria possuir cartografia temática com as parcelas sujeitas a reflorestação, através dos serviços que os aprovam, dados que não existem e, em todo o caso, fugiriam ao objectivo, classificar o coberto – uso do solo através do tratamento digital de imagem de satélite.

Subclasses

“Aparentemente” pousio, “aparentemente” solo a nu e “aparentemente” mato.

Fauna – Flora

Não possui comunidade faunística própria, ela aproximar-se-á ora das características das comunidades das áreas em pousio, ora das comunidades das áreas de mato aberto. De facto, quando a plantação é feita com valas, a acumulação de sedimentos finos e água nessas valas vai constituir um “micro-sistema”, que permite um desenvolvimento espantoso do mato e vegetação arbustiva natural. Em muitos casos, o mato é mais denso e até mais alto que os pinheiros plantados há anos, os quais estão nitidamente a competir de uma forma desigual, pois estão muito menos adaptados e são mais exigentes em termos de solo. O solo, em alguns casos, é praticamente inexistente, sendo mais um rególito criado pela abertura das valas. Também a densidade elevada de plantação, segundo os agricultores, pretende favorecer o enraizamento, ao promover mais pontos de enraizamento e abertura de fendas, o que parece difícil com solos tão delgados e uma rocha mãe tão dura, embora muito meteorizada.

Problemas

Degradação máxima nas áreas de declives elevados quando toda a vegetação é retirada, a existência de valas diminui a escorrência superficial e concentração de escoamento, promovendo a acumulação dos materiais “finos” nas valas. A situação menos má é a plantação por faixas, deixando o resto da vegetação geralmente em pousio já prolongado, pois a cobertura herbácea promove mais infiltração e as valas interrompem a escorrência superficial. A longo prazo esta diminuição da quantidade de sedimentos que atinge as linhas de água pode ser benéfica, bem como a melhoria das condições de humidade ao longo das valas, promovendo mais desenvolvimento vegetativo e cada vez mais retenção de água.

No entanto, há dúvidas quanto ao impacto em termos de fauna, flora e Paisagem, pois embora os povoamentos venham a ser manchas de árvores, com todas as vantagens inerentes, são um povoamento um pouco exógeno, menos adaptado que o montado e em claras dificuldades de crescimento. Outro aspecto, nada negligenciável, é o problema dos incêndios, pois se a taxa de arborização continuar a crescer ao ritmo actual haverá extensões enormes, contíguas, de resinosas altamente combustíveis, podendo o fogo grassar e deslocar-se facilmente, atingindo enormes proporções em termos espaciais. A prova disto é a praga que actualmente assola os povoamentos de pinheiros, a Processionária, que se tem espalhado de uma forma alarmante. Uma vez que serão sempre uma simplificação do ecossistema, ao contrário dos montados que integram vários elementos, as manchas extensas de pinhal serão mais uma “monocultura”, nesse caso arbórea.

Do outro lado da fronteira, em Espanha (na área de Paymogo), estes mesmos povoamentos são quase exclusivamente de azinheiras, com muito menor densidade e claro empenho em que vinguem, representando uma melhor aposta futura em termos ambientais, de desenvolvimento rural e de sustentabilidade, além de constituírem uma aplicação dos fundos comunitários mais fiel aos princípios que estiveram na sua origem.

1.3.5 MATO DENSO

Definição – Conceito

“...Matagal altamente diversificado e complexo, onde as árvores e arbustos esparsos se destacam da densa mancha vegetal. Sinais de intensa actividade animal são indicadores da presença de uma comunidade de vertebrados terrestres que, embora com as características gerais da fauna associada aos «matos», apresenta uma riqueza ecológica única no Concelho” (PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985, p. 34)). Ocorre sobretudo nas vertentes mais declivosas dos cursos de água principais e em relevos importantes, áreas onde a princípio nunca se procedeu a arroteias e onde a intervenção humana foi mínima, no contexto desta área, tendo existido quando muito pastoreio e recolha de lenha. Em ambos os casos, vales e relevos, a topografia criou condições dificultando a acção humana e as arroteias; é o tipo de coberto mais próximo do Matagal Mediterrâneo, residual portanto, bem estratificado em termos ecológicos (Capítulo III, Ponto 2.6 Coberto Vegetal do Concelho de Mértola). Incluíram-se nesta classe os Montados Abandonados, desde que a sua densidade e diversidade sejam extremas, pressupondo abandono há muito tempo e um processo muito significativo de regeneração quando em posição semelhante, vales e vertentes muito declivosas. A fauna e flora são muito semelhantes, nos Montados Abandonados e Mato Denso, em termos de densidade, diversidade, estratificação e evolução.

Objecto

Povoamentos muito heterogéneos, algo descontínuos, textura regular mas muito heterogénea, claramente discerníveis na fotografia aérea e parcialmente identificáveis nas imagens de satélite. Grau de diversidade, densidade, complexidade, estratificação e riqueza de flora e fauna máximos. Vários tipos de árvores e arbustos, cobertura do solo total.

Percepção

Selvagem-inacessível-declivoso-perigoso-misterioso-fechado-denso-estratificado-completo-natural-recheado de vida-residual-puro-testemunho-raro-a preservar

Tamanho

Manchas grandes, alongadas.

Forma

Irregular, complexa, ao longo dos vales e a partir de alguns topos, descendo a vertente.

Limites

Difusos, confusos, física e tematicamente. Fronteiras muito complexas, frentes de progressão e re-colonização de áreas vizinhas. Excepção na fronteira de áreas de pousio ou mato, para a qual é difícil definir fronteiras, quando é extremamente densa ou quando é um montado abandonado com muita densidade.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas escuro, nas imagens confunde-se com as áreas de mato um pouco mais denso, embora de cor mais escura e com NDVI mais elevado, pois deixa de haver um certo predomínio da fracção lenhosa.

Textura

Na fotografia aérea, textura muitíssimo irregular, algum volume das árvores e arbustos, que têm formas, densidades e organizações espaciais diversas. Nas imagens, textura fina, irregular, muito escura, sem fronteiras nítidas mas aparentemente homogénea.

Associação

Margem de áreas de mato.

Sombra

Bastante, em virtude da posição, podendo até constituir um óptimo descritor.

Posição

Vales mais profundos, vertentes mais declivosas, alguns topos dos relevos principais. Margina sobretudo com mato, mas pode ser “cortada” por um povoamento florestal.

Padrão

Muito irregular, muito heterogéneo, com alguma repetição.

Função

Reserva, refúgio, meio de biodiversidade máxima que urge proteger. A existência destas áreas no Concelho esteve, parcialmente, na origem e justificação da criação do Parque Natural do Vale do Guadiana, como Sítios de Interesse para a Conservação da Natureza, inventariados pelo Corine e Rede Natura 2000 ⁵³. Este interesse que também é paisagístico, geológico, geomorfológico e ecológico resulta da existência de espécies endémicas, espécies raras, ameaçadas ou em risco de extinção e espécies migratórias. Relíquia mais próxima da vegetação climax da área.

Confusão

Alguma, em termos físicos e temáticos, com algum tipo de mato já mais denso.

Subclasses

Não há.

Fauna – Flora

Interesse e diversidade extrema da área, até a nível regional – por essa razão a descrição será um pouco mais alongada. A vários tipos de mato associam-se e sucedem-se espécies com portes cada vez mais elevados, Zambujeiros, Lentisco Bastardo, Murteiro, Aroeira e Azinheira. Existem plantas bolbosas, algumas espécies de Orquídeas, leguminosas e uma variedade

⁵³ ADPM – Associação de Defesa do Património de Mértola (1996), o Parque Natural do Vale do Guadiana foi criado pelo Decreto Regulamentar Nº 28/95 de 18 de Novembro, Decreto Lei Nº 140/99 de 24 de Abril, (Sítio Natura 2000 do Guadiana e Zona de Protecção Especial do Guadiana), está incluído na Lista Nacional de Sítios ao abrigo da Directiva Habitats (92/43/CEE) aprovada em Conselho de Ministros (Resolução do Conselho de Ministros nº 142/97), e na Zona de Protecção Especial para Aves (Directiva 79/409/CEE). A Paisagem “humanizada”, sistema agro-silvo-pastoril e património cultural estão também incluídos, ver - <http://www.icn.pt/>

extrema de herbáceas, num meio muito estratificado e de diversidade extrema. No fundo dos vales existem Figueiras, Macieiras Bravas, Marmeleiros, Medronheiros, etc. A fauna de vertebrados é muito variada, a dos pássaros também, bem como a sua densidade. Nos mamíferos existem Gatos Bravos, Texugos, Raposas, Javalis. As paredes rochosas e afloramentos rochosos, que proporcionam óptimo abrigo graças às suas cavidades e dificuldade de acesso, além de serem bons pontos de observação, apresentam condições óptimas para a existência de uma avifauna ameaçada e rara: Cegonha Preta, Abutre do Egipto, Mocho Real, Abutre Preto, Grifo e outras aves de rapina. A existência dos cursos de água, nas áreas de vale, permite por sua vez uma riqueza extrema de insectos, anfíbios, aves aquáticas, mamíferos como a Lontra e, claro está, peixes, sobretudo nas linhas de água com mais caudal e maior regularidade de regime (Guadiana, Ribeira de Oeiras, Vascão, Cobres). “A coexistência do maquia, do meio aquático e de maciços rochosos permite a interpenetração de comunidades biológicas diferentes num todo equilibrado e dinâmico” (PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985, p. 47)).

Nas áreas de fronteira destas comunidades, em manchas arroteadas ou menos densas no seu interior, misturam-se vários meios, proporcionando um nicho de fronteira também extremamente rico, constituindo um meio preferencial para espécies que não ocorrem noutros locais. “É o caso, por exemplo, da Perdiz comum, do Alcarvão, do Chasco ruivo, do Picanço real, das Cotovias de poupa e do Ouriço caixeiro [...] Os micromamíferos parecem ser mais abundantes, ou possuírem aqui uma maior susceptibilidade à predação. Talvez por isso, nestas áreas, se concentram os territórios de caça da Águia de asa redonda, do Mocho galego e da Coruja das torres” (PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985, p. 48)). Há pequenos mamíferos, répteis e aves que se alimentam de ambos, está-se na presença de um máximo de níveis tróficos, diversidade e complexidade.

Problemas

Não há, teoricamente, na medida em que constitui um máximo, um “óptimo” em termos de vegetação e fauna, logo os processos geomorfológicos ocorrem a um ritmo e intensidade “natural”, pois o grau de intervenção humana é mínimo. São áreas a preservar a todo o custo, a sua não preservação é que constitui um problema .

1.3.6 MATO

Definição – Conceito

Espaço inculto, onde já não se pratica a agricultura, mato, muito diversificado em termos de espécies e densidades, semi-natural. Sem aproveitamento económico aparente, rico em fauna (caça também), ancestralmente usado para a apicultura e como área privilegiada de abrigo e criação de caça. Paisagística e ambientalmente relevante, pode constituir uma recuperação a partir de áreas de pousio ou montados abandonados de baixa densidade.

Objecto

Forma irregular, sem limites nítidos, diluindo-se nas margens das áreas mais densas (colonização), ou regular no caso de campos não cultivados há bastante tempo e “encaixados” em áreas agrícolas. Localização variada, áreas de maior declive, ao longo dos principais cursos de água. A heterogeneidade e a textura são o seu melhor descritor, bem como o facto de constituírem um máximo do NDVI depois do Verão, embora tenham uma porção lenhosa muito significativa. Tanto possuem coberto herbáceo como apresentam pouco grau de cobertura do solo, em áreas mais degradadas, mas apresentam uma diversidade relativa de espécies.

Percepção

Diversidade-desordenado-bravio-fresco-natural-vida-sons-perfumado-imprevisível

Tamanho

Manchas de todas as dimensões possíveis, dependendo da escala de análise, da imagem à fotografia aérea, passando pelas fotografias do terreno.

Forma

Irregular, complexa, ao longo das linhas de água, nas vertentes declivosas, por vezes com forma rectangular, quando constitui uma parcela abandonada no meio de campos agrícolas, como na área do baldio da Serra de Mértola. Dendrítica, como a rede hidrográfica, acompanhando os vales e os topos.

Limites

Pouco claros, difusos, confusos física e tematicamente. Pixels mistos por natureza, fronteiras muito complexas, frentes de progressão e re-colonização de áreas vizinhas. Contraste máximo com campos agrícolas, sobretudo cereal e solo a nu.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas escuro e muito escuro, nas imagens verde escuro (Abril), vermelho acastanhado (Setembro - Outubro), NDVI máximo depois do Verão.

Textura

Na fotografia aérea, textura muito irregular, algum volume. Nas imagens, textura fina, irregular, escura, sem fronteiras nítidas mas aparentemente homogénea.

Associação

Linhas de água, margens de áreas em pousio.

Sombra

Nas imagens de satélite, quando em vertentes muito declivosas ou relevos principais, sobretudo em vertentes viradas a Norte.

Posição

Sobretudo vales, vertentes dos vales principais e vertentes dos relevos principais.

Padrão

Irregular, heterogéneo, não repetitivo.

Função

Pastagem nalguns casos, para espécies menos exigentes, sobretudo cabras, área de passagem. Pasto do “gado do ar”, as abelhas, para produção de mel e cera, fonte de lenha de pouco porte e refúgio de caça. Fase de recuperação do ecossistema, maior diversidade, densidade e variedade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas. Bancos de sementes e frentes de regeneração, nas margens, ilhas de diversidade grande, áreas de abrigo, fuga e criação para a fauna.

Confusão

A vários níveis, dos limites físicos, dos limites temáticos e em função da heterogeneidade extrema das espécies presentes, sua densidade, arranjo espacial e associações. O facto de os pixels serem intrinsecamente mistos pode implicar, em casos de pouca densidade arbustiva, a prevalência do sinal do fundo, solo a nu ou pousio aparente.

Subclasses

Não há.

Fauna – Flora

Muitos insectos, em virtude da composição florística, em quantidade, qualidade e diversidade. Insectos predadores, Escorpiões, Lova-a-Deus, Libélulas, Aranhas que aproveitam a vantagem adicional das folhas terem uma cobertura “pegajosa”, funcionando como armadilha para outros insectos. Vertebrados que se alimentam de todos estes insectos, pequenos mamíferos (ratos, coelhos) e sobretudo répteis, que se alimentam desses mamíferos, cobras e lagartos. Pássaros que se alimentam de todos os outros animais. Meio que proporciona facilidade de deslocação, mimetismo, predação, refúgio e quantidade de alimento de base, insectos.

Problemas

A taxa de cobertura do solo proporcionada, infiltração, retenção de água, fixação do solo e incorporação de matéria orgânica promovem uma boa protecção contra a erosão. Toda a actividade biológica, insectos e pequenos mamíferos, promove por sua vez mais infiltração, retenção de humidade e incorporação de matéria orgânica. Se não for perturbado é um sistema claramente em regeneração, dum ponto de vista da vegetação, da fauna e do solo. A diversidade da vegetação e fauna estão interdependentes, crescem proporcionalmente e auto-alimentam-se, quanto mais denso for este mato menos intervenção humana pode acontecer, incluindo a passagem de rebanhos, passando então a poder constituir refúgio para mamíferos de maior porte como o Texugo, Raposas e Javalis.

1.3.7 ESTEVAL

Definição – Conceito

Povoamentos quase exclusivamente de estevas, resultantes do abandono e pousios prolongados, em áreas degradadas onde só a esteva conseguiu colonizar o espaço, manchas contínuas e homogéneas. Sub-bosque pouco significativo, associado predominantemente a Rosmaninho e Rosela (*Cistus Crispus*), apresentando algum estrato herbáceo, dependendo do

grau de degradação da área. Nalguns casos associação com alguns Carrascos e Aroeiras. As “estevas” podem ser *Cistus Ladanifer* L. (o mais comum), *Cistus Monspeliensis* L. (Sargaço, mais pequeno, flores mais “mimosas” e folhas mais estreitas), *Cistus Populifolius* L. (Estevão) ou *Cistus Salvifolius* (Sargaço). Por vezes coexistem várias espécies, mas com predominio de uma só, variando o tipo de *Cistus* em função do tipo de solo e do seu grau de degradação, bem como da proximidade de manchas próximas que funcionam como banco de sementes.

Objecto

Povoamentos homogéneos, contínuos, textura muito regular, dificilmente discerníveis na fotografia aérea e nada identificáveis nas imagens de satélite. Mais simples e menos diversificados que as áreas de mato, são por assim dizer um sub-tipo mono-específico. Só o trabalho de campo permite identificar com toda a certeza estas manchas nas fotografias e imagens.

Percepção

Odor-pegajoso-florido-branco-bravo-regularmente irregular-lenhoso-denso.

Tamanho

Manchas de várias dimensões, mas difíceis de identificar.

Forma

Irregular, complexa.

Limites

Pouco claros, difusos, confusos, física e tematicamente. Fronteiras muito complexas, frentes de progressão e re-colonização de áreas vizinhas.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas escuro, nas imagens confunde-se com as áreas de mato.

Textura

Na fotografia aérea, textura muito regular, homogénea, uniforme.

Associação

Margem de áreas de mato, manchas no seu interior, margem de áreas em pousio.

Sombra

Não tem.

Posição

Não é claro se existe uma posição preferencial, globalmente ocorre onde há mato.

Padrão

Irregular, heterogéneo, não repetitivo.

Função

Semelhante à do mato, mas com menos diversidade. Pode constituir pastagem para espécies menos exigentes, abelhas, fonte de lenha de pouco porte e refúgio de caça. Pode ser considerada como uma formação pioneira, podendo evoluir para uma situação de mato, mais rica. Bancos de sementes, áreas de abrigo.

Confusão

Em teoria, radiometricamente devem ser áreas mais puras que o mato, pois o coberto é mais homogêneo e predomina uma só espécie, embora na prática a complexidade e densidade sejam maiores. Os limites físicos não são claros, sobretudo por questões de densidade e diversidade das plantas. Em termos temáticos o limite é mais claro, é uma formação mono-específica, mas é difícil criar um critério objectivo, quantitativo, para definir onde acaba um esteval denso, com alguma diversidade e onde começa o mato, embora a existência de árvores seja um critério qualitativo possível. A pouca densidade de estevas pode permitir que o sinal do fundo se sobreponha, sobretudo solo a nu, pois os estevais apresentam um sub-bosque menos rico, diverso e denso que o mato.

Subclasses

Não há.

Fauna – Flora

Claramente menos rica que a do mato, mas do mesmo tipo.

Degradação

Constitui uma melhoria face a um pousio com pouco coberto herbáceo, pastagem degradada ou solo a nu, como se pode verificar pelos dados de erosão. A taxa de cobertura do solo proporcionada é menor que a do mato, constitui uma frente pioneira de regeneração, mais resistente e menos exigente; a sua resistência ao fogo dá-lhe grande vantagem.

1.3.8 VEGETAÇÃO RIPÍCOLA**Definição – Conceito**

Vegetação arbustiva, de vários portes, localizada exclusivamente nos leitos das linhas de água que secam quase totalmente durante o Verão. Comunidades “fixas” sobretudo no material sedimentar dos leitos, que mantêm humidade suficiente depois do Verão para suportar espécies arbustivas, por vezes de porte significativo. Espécie dominante Loendros, associada a outros pequenos arbustos, juncos e canas. Também pequenas faixas na margem de planos de água artificiais.

Objecto

Povoamentos relativamente homogêneos dominados por Loendros, actividade fotossintética muito elevada depois do Verão, graças à humidade dos leitos, NDVI máximo. Existência de pequenas poças, muito importantes para toda a fauna na envolvência destas áreas.

Percepção

Água-fresco-cor de rosa-fundo-branco-vale-fértil-recurso-contraste-oásis

Tamanho

Pequenas manchas, alongadas.

Forma

Manchas estreitas a muito estreitas, no fundo dos vales, por vezes não contínuas e formando núcleos. Manchas estreitas na margem de planos de água artificiais.

Limites

Muito claros, contraste máximo entre a vegetação verde - actividade fotossintética - e a envolverência mineral, mais seca ou com muito menor proporção de folhas verdes. Claramente circunscrita aos fundos de vale.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas cinzento escuro, sobre fundo mais claro, sedimentar ou rochoso. Nas imagens vermelho muito vivo e forte, após o Verão NDVI máximo.

Textura

Média, um pouco uniforme, mas descontínua, formando núcleos.

Associação

Outros arbustos, material sedimentar fino a grosseiro, pequenas poças de água nos leitos e água dos planos de água.

Sombra

Pouca, dado o carácter por vezes quase contínuo e por estarem no fundo de vales.

Posição

Leitos das linhas de água com regime estacional e margem de planos de água.

Padrão

Irregular.

Função

São autênticos oásis de verdura, humidade e água, sobretudo depois do Verão, mas desempenhando o mesmo papel ao longo do ano. Pontos de água, concentração e procura de água pela fauna. Comunidades dinâmicas, sujeitas a grandes flutuações de caudal que, no caso de enxurradas, deixam as suas marcas, mas que aprisionam os sedimentos finos e matéria orgânica transportada pelas linhas de água. A presença de água no material sedimentar garante um estado de desenvolvimento vegetativo e crescimento relativamente estáveis e contínuos ao longo do ano. Constituem importantes corredores ecológicos, pois permitem o movimento da fauna ao longo dos vales, proporcionando meios de subsistência e abrigo por terem “traçados” acidentados e por vezes muito sinuosos. A prova disso é a existência de uma Lontra na albufeira da Herdade de Vale Formoso, que só pode ter lá chegado a partir do Guadiana subindo 15 a 20 quilómetros de vale. Alguns planos de água, em áreas de povoamento florestal, foram criados precisamente com o objectivo de servirem de “apoio” à fauna, sobretudo nos povoamentos da responsabilidade da Câmara e no Perímetro Florestal da Vila.

Confusão

Possivelmente com mineral, rocha a nu e sedimentos do leito, bem como com água.

Subclasses

Não há.

Fauna – Flora

Muito rica, semelhante à descrita para o mato denso nos fundos de vale, mas potencialmente menos diversificada, pois a comunidade não é tão rica nem tão estratificada. Corredores

ecológicos, áreas de circulação e concentração de fauna em busca de alimento e água. No caso das margens dos planos de água são sobretudo canas e juncos que costumam albergar comunidades importantes de pássaros.

Problemas

A sua posição nos leitos expõe estas comunidades a grandes flutuações de caudal, desempenham até certo ponto um papel de intercepção de carga sólida de calibre variado ao longo das linhas de água. Como são naturais não se pode propriamente falar em degradação até porque a intervenção humana é mínima, excepto como ponto de água para rebanhos e para actividades de lazer.

Grupo Estepe Mediterrânea

1.3.9 CEREAIS

Definição – Conceito

Espaço cultivado, culturas arvenses de sequeiro, quase exclusivamente de múltiplas variedades de trigo, mas também alguma aveia. Terrenos agrícolas, searas.

Objecto

Coberto mais ou menos contínuo de gramíneas cultivadas pelo Homem, campos agrícolas, culturas arvenses de sequeiro. Clara e indiscutivelmente identificáveis nas imagens de satélite pela sua actividade fotossintética máxima e proporção de biomassa verde na Primavera.

Percepção

Verde-ondulante-mar-pão-paz-dourado-espiga-esforço-ceifa-celeiro-foice-Alentejo

Tamanho

Manchas de várias dimensões, dependendo da estrutura da propriedade.

Forma

Parcelas de forma regular, geométrica e ortogonal, decalque da estrutura cadastral e estrutura da propriedade.

Limites

Muito claros, parcelas agrícolas, bem visíveis nas imagens de satélite, tanto nas composições coloridas, como na ACP e sobretudo na análise textural.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas escuro, mas não obrigatoriamente identificável como seara. Nas imagens de satélite, vermelho a vermelho alaranjado vivo, na Primavera.

Textura

Na fotografia aérea, textura muito regular, uniforme. Nas imagens também, mas com variações de tom inerentes aos diferentes estados de desenvolvimento, saúde e densidade.

Associação

Campos em pousio e terrenos lavrados.

Sombra

Nenhuma.

Posição

Áreas menos declivosas, mais ou menos extensas, mas também pequenas parcelas em várias posições topográficas, embora em menor quantidade.

Padrão

Parcelas geométricas, de várias formas, por vezes organizadas em folhas contíguas a parcelas em pousio.

Função

Produção de cereais para a indústria alimentar, de panificação e rações. O restolho é também aproveitado, depois da ceifa, para alimentar o gado.

Confusão

Provavelmente entre tipos de cereais.

Subclasses

Trigo e aveia.

Fauna – Flora

A estepe Mediterrânea é um “Ecossistema fortemente humanizado, homogéneo e estruturalmente simples em que os nichos ecológicos disponíveis não abundam” (PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985, p. 51)). A fauna e flora será descrita em maior profundidade na unidade coberto herbáceo contínuo, os campos de cereais fornecem sobretudo grão para aves e pequenos mamíferos, o que proporciona alimento às aves de rapina. No caso dos terrenos agrícolas, o ecossistema é simplificado por forma a maximizar todos os fluxos de matéria para um só fim, a produção de grão e palha, depois retirada do sistema e não re-introduzida. É o ecossistema Ager (DUVIGNEAUD, P. (1974, pp. 145-147), “cultivado pela produtividade primária da sua fitocenose, que nos esforçamos por reduzir à população de uma única espécie de elevado rendimento; esta população é às vezes perene ou bianual, mas mais frequentemente anual. [...] é o caso dos cereais [...] a sua produtividade é limitada pelo facto de necessitarem de um longo período de desenvolvimento desde a germinação das sementes (pequenas) até à formação definitiva de uma superfície foliar importante; esta, que depende da importação de alimentos azotados, não é realizada senão durante algumas semanas, durante as quais o rendimento fotossintético é extremamente elevado; se as folhas estão erguidas, é favorecida uma intervenção óptima da luz [...] Antigamente, as culturas eram mais ou menos invadidas por *ervas daninhas* que lhes davam o encanto particular das suas flores coloridas (papoilas, camomilas, etc.); mas estes competidores diminuía os rendimentos e há actualmente tendência a eliminá-los dos Ager bem tratados pelo emprego de sementes seleccionadas e herbicidas selectivos”. Assim, a fauna e flora das searas representa um mínimo de diversidade entre os cobertos vegetais, embora algumas aves, como o Tartaranhão caçador, nidifiquem no solo entre as searas, sendo muitos dos ninhos destruídos na época das ceifas (PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985, p. 53)).

Problemas

Conforme descrito no Capítulo III, Ponto 2.4 - Degradação, utilizando dados experimentais, os terrenos com cereal apresentam valores de erosão muito grandes, tanto com o solo predominantemente a nu, como com o trigo já desenvolvido. Representam, portanto, um importante factor de degradação ambiental, erosão dos solos, alteração das propriedades químicas e físicas dos solos, perturbação do regime hídrico e aumento da escorrência superficial.

1.3.10 COBERTO HERBÁCEO CONTÍNUO

Definição – Conceito

Área onde não são efectuadas mobilizações do solo, coberto herbáceo eminentemente regular. O problema desta unidade é distinguir o limite entre campos abandonados e pousio agrícola real, dado que nalguns casos os pousios podem ser longuíssimos (até 8-10 anos, agricultura extensiva). Coberto regular, florido na Primavera, sem espécies de porte arbóreo ou arbustivo. Pseudo estepe de gramíneas, associação herbácea de degradação (Capítulo III, Ponto 2.3 Dinâmica), que evolui a partir do coberto natural depois de removido, por aumento dos nutrientes disponíveis em virtude da fertilização). O carácter selectivo do gado, ao escolher e seleccionar determinadas espécies, desempenha também um papel muito importante na composição florística destes “prados”. São áreas em, podem servir como pastagens ou não.

Objecto

Pseudo estepe de gramíneas, coberto herbáceo regular, homogéneo e uniforme, sem individualização de tufos arbustivos, “prado” não plantado.

Percepção

Atapetado-florido-colorido-inebriante-fofo-verde-pasto-contínuo-mimoso-delicado-em repouso

Tamanho

Manchas de todas as dimensões possíveis, dependendo da estrutura da propriedade, ou áreas grandes, sem limite, quando constituindo zona de transição entre mato e campos agrícolas.

Forma

Entre regular e geométrico, no caso de parcelas, folhas agrícolas, quando na proximidade de campos de cereal e solo a nu, o que denota rotação, áreas dinâmicas em termos de mudança de uso; até área de transição entre manchas de mato e campos agrícolas. Visualmente parece ser o coberto dominante, matriz da Paisagem.

Limites

Bem marcados no caso de parcelas, pouco claros e misturados no caso de áreas de transição entre terrenos agrícolas e mato. Visíveis sobretudo nas imagens de satélite, dependendo da estrutura da propriedade.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas cinzento médio, somente identificável quando existem pequenos tufos de vegetação arbustiva, o que denota antiguidade ou abandono. Nas imagens de satélite, laranja muito claro a claro, na Primavera, amarelado à semelhança do restolho nas imagens posteriores ao Verão.

Textura

Na fotografia aérea, textura muito regular e uniforme, por vezes com individualização de tufos quando o pousio já é bastante prolongado. Nas imagens também é uniforme, mas com variações de tom inerentes aos diferentes estados de desenvolvimento, saúde e densidade do coberto herbáceo.

Associação

Cereal e terrenos lavrados, margem de áreas de mato.

Sombra

Nenhuma.

Posição

Indiferenciada, parece ser o coberto dominante, não ocorre muito em áreas de declive mais acentuado, onde predomina o mato e o mato denso.

Padrão

Nenhum, ausência de padrão, excepto quando já há tufos; aí predomina o cariz textural irregular.

Função

“Repouso”, pousio dos terrenos agrícolas no contexto da rotação cereal – pousio. Pode também ser, pura e simplesmente, um campo abandonado onde as espécies arbustivas ainda não se conseguiram estabelecer. Funciona como pastagem, dependendo da pressão do gado será classificado como coberto contínuo ou descontínuo, como se poderá ver na classe seguinte.

Confusão

Muita, física, temática, de limites e fronteiras. Fisicamente, quando os campos de pousio constituem a base, matriz da Paisagem, as áreas de coberto herbáceo são relativamente contínuas, existindo manchas arbustivas, de esteval, mato e mato denso “sobre” esta base. Portanto, é muito difícil dizer onde acaba um pousio, parcela sujeita a um uso agrícola, em descanso, e onde começa um campo abandonado, embora o aparecimento de espécies arbustivas seja um indicador claro de maior tempo de pousio. No entanto, pode-se argumentar que um terreno abandonado, em pousio muito prolongado, não tem uso agrícola genérico, a não ser que seja uma área de pastagem. Se nas fotografias aéreas se podem identificar texturalmente os tufos arbustivos, no caso da imagem de satélite é significativamente mais difícil, para não dizer impossível, pois o peso do sinal radiométrico do coberto herbáceo, biomassa verde, vai “ofuscar” o sinal de espécies arbustivas até estas cobrirem uma porção muito significativa do pixel. Somente no caso de parcelas em rotação, com limites de terreno claros, é que os limites físicos, fronteiras da área em pousio, vão ser relativamente claros.

Em termos temáticos também está longe de ser claro quando é que um pousio faz parte dos campos agrícolas, quando é que é uma pastagem de baixa densidade, ou quando é que constitui unicamente a “matriz” semi-contínua e simultaneamente difusa que ocupa toda a Paisagem. Como o coberto herbáceo contínuo, objecto primordial do pousio, existe um pouco em todo o lado como “fundo” dos outros cobertos, sempre que a densidade da vegetação for pequena ou a sua proporção no pixel for baixa, o pixel será provavelmente classificado como coberto herbáceo contínuo. É o caso de estevais pouco densos, montado pouco denso, repovoamentos florestais e mato pouco denso. Ou seja, potencialmente, sempre que exista um “fundo” herbáceo contínuo nos pixels, este pode prevalecer em termos de sinal radiométrico. No caso de pousios sobrepastados, o sinal que pode prevalecer é o do solo a nu, mas é precisamente desse facto que se pretende tirar partido para tentar classificar separadamente coberto herbáceo contínuo e descontínuo. Existem contudo casos em que a degradação foi tão intensa que o coberto herbáceo não se consegue ainda fixar; essas áreas serão classificadas como solo a nu, pois é esse o objecto dominante e mais relevante em termos ambientais e paisagísticos.

A questão é sobretudo de ordem paradigmática. Será que é válido o fundo herbáceo ser considerado como elemento dominante, base, matriz enquanto coberto vegetal? Parece que sim, pois constitui uma clara diferença face a povoamentos e comunidades de porte arbóreo e arbustivo. Tal como referido no Ponto 1.1, acerca dos Problemas e Limitações na definição da Pré-Legenda, os problemas de identificação e classificação do pousio são comuns a todos os aspectos: pixels mistos, contraste elevado entre o sinal radiométrico do “fundo” e os restantes objectos, limites físicos e temáticos dos objectos – temas e enquadra-se, claramente, no contexto da “fuzziness” dos limites físicos e temáticos das classes de coberto vegetal – uso do solo. Como é tudo uma questão de escala, da distância a que se observa esta Paisagem, e como o sensor do satélite constitui um “modelo” objectivo de leitura da unidade básica de informação recolhida no terreno, o pixel, com uma dimensão fixa – se o coberto herbáceo contínuo predominar é aceitável que o pixel seja classificado dessa forma.

Subclasses

Tremocilha, identificada no trabalho de campo.

Fauna – Flora

O esgotamento e degradação dos solos provocados pela actividade agrícola, que está na origem dos pousios e do abandono dos campos, bem como o pastoreio, que diminui a diversidade florística em função da selectividade do gado, vão implicar uma grande variabilidade de espécies nas áreas em pousio. Dominam as espécies herbáceas, formando “tapetes” relativamente contínuos de gramíneas, mas existem também leguminosas e plantas bolbosas, sendo todas anuais. O domínio de uma ou outra espécie é em grande parte comandado pelas preferências do gado, de uma forma complexa, como descrito a propósito da Estepe Mediterrânea.

Um dos aspectos essenciais em termos de fauna é a presença de mamíferos herbívoros, que neste caso são os rebanhos maioritariamente de ovelhas, existindo também Lebres e muitos roedores, embora as aves sejam a comunidade natural dominante. Ao contrário de áreas de vegetação mais “fechadas”, onde o olfacto é mais importante, “a visão é aqui de importância primordial. Em consequência a camuflagem constitui um dos primeiros atributos da avifauna. A vida desenvolve-se ao nível do solo e as ameaças provêm principalmente dos predadores alados. Por isso, a plumagem da face dorsal da maioria das aves é mesclada [Abetardas, Sisões, Cortiços e Cotovias], confundido-se com o pasto [...] A avifauna das estepes apresenta ainda uma dieta com uma forte componente granívora, grande capacidade para a corrida ou para a marcha e ninhos ao nível do solo” (PENA, A.; GOMES, L.; CABRAL, J. (1985, pp. 54-55)). Durante o Inverno, quando os “prados” estão já recuperados do estio do Verão, as áreas em pousio são ocupadas por muitas espécies migratórias (Laverças, Tarambolas, Estorninhos, Grous) que rumam ao Sul, aumentando o alimento disponível para as aves de rapina.

Problemas

A degradação é mínima; se não houver pastoreio, ou se for devidamente gerido com pressões mínimas, a erosão do solo é mínima, a incorporação de biomassa no solo pelas gramíneas é máxima, a infiltração é favorecida, bem como os processos auxiliados pela fauna do solo. Como demonstrado experimentalmente, o pousio representa um mínimo de erosão, criando condições para a instalação de espécies arbustivas e, a partir daí, para a regeneração do ecossistema.

1.3.11 COBERTO HERBÁCEO DESCONTÍNUO

Definição – Conceito

Áreas com coberto herbáceo claramente dominante, em pousio mas sujeitas a pastoreio intenso, onde o coberto herbáceo está degradado em termos de continuidade espacial, aparecendo manchas e porções de solo a nu. Pressupõe uma inadequação da intensidade do pastoreio à capacidade de regeneração e sustento do coberto herbáceo, sobrepastagem. Existência de trilhos, marcas de pisoteio e excrementos em grande quantidade; somente sobrevivem espécies herbáceas e pequenos arbustos que o gado não come, ou nem isso. Áreas onde existe concentração de rebanhos, podem ser áreas de passagem de gado, onde os rebanhos convergem e se concentram, como na margem das charcas, ou nos perímetros onde o gado fica durante a noite. Os casos de sobrepastoreio extremo, sem coberto herbáceo, constituem nesta classificação áreas de solo a nu – componente mineral, tal como as áreas vedadas com varas de porcos, que não têm qualquer coberto vegetal. Este facto resulta da “natureza” dos porcos e da dimensão das áreas vedadas, que é pequena, pois são alimentados à bolota e/ou com rações e “restos”.

Objecto

Coberto herbáceo descontínuo, com solo à vista em manchas ou sem padrão nítido.

Percepção

Ovelhas-densidade-trilhos-pisoteio-degradação-intensidade-abuso-esgotamento

Tamanho

Parcelas de várias dimensões, dependendo da estrutura da propriedade.

Forma

Geralmente regular, nalguns casos são parcelas vedadas com cercas. Nas áreas de passagem e concentração de gado as formas alongam-se e apresentam núcleos.

Limites

Bem marcados, em função das cercas e do contraste que apresentam com as áreas com coberto herbáceo mais contínuo.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas não são directamente identificáveis, são mais claras que os pousios com coberto contínuo, pois há maior porção de solo a nu e menor densidade do coberto herbáceo. Um dos indicadores é a presença de trilhos abertos pelo gado ou marcas de pisoteio.

Textura

Na fotografia aérea, alguma textura, muito fina e irregular. Quando se conseguem individualizar os trilhos, estes passam a constituir um elemento textural adicional.

Associação

Cereal, pousio, áreas agrícolas.

Sombra

Nenhuma.

Posição

Indiferenciada, áreas de pouco declive no caso de parcelas, por vezes áreas de declive médio a acentuado no caso de “corredores” de passagem de rebanhos.

Padrão

Somente os trilhos e manchas, sem qualquer vegetação herbácea, constituem um padrão.

Função

Pastagem para os rebanhos, quase exclusivamente ovelhas⁵⁴ mas também cabras, embora neste caso pastem também em áreas de mato, não havendo eventualmente coberto herbáceo.

Confusão

Com coberto herbáceo contínuo e com solo a nu, pois se é fácil distinguir visualmente no terreno as três situações, já nas fotografias aéreas e imagens de satélite é difícil definir e conhecer os limites entre um pousio contínuo pouco denso, uma pastagem com coberto descontínuo e solo a nu numa área degradada. Eventualmente não será possível identificar claramente estas áreas de pastagem intensa a partir das classificações das imagens, mas como representam uma unidade específica, em termos de coberto, Paisagem e de intervenção humana directa e indirecta, bem como o grau de degradação, é essencial definir esta classe na pré-legenda e tentar classificar esta unidade.

⁵⁴ 88 % são Ovelhas, dados de 1990 in LOURENÇO, F. (1996), p. 22. Em 1994 eram 105.000 ovelhas, em 1987 eram “somente” 60.000, um quarto da área total do Concelho, cerca de 25 000 Ha, foram objecto de beneficiação com pastagens parqueadas melhoradas ao abrigo do Programa PAPCAM, Conduto, R. (1996).

Subclasses

Não há.

Fauna – Flora

Semelhante ao coberto herbáceo contínuo, mas menos denso, menos contínuo e menos diversificado.

Problemas

A degradação deverá ser mais grave que num coberto contínuo. Não existem ainda dados experimentais de terreno sobre pousios pastados sujeitos a muita pressão, mas o facto da cobertura ser mais descontínua, menos densa e menos diversificada, bem como a compactação do solo pelo gado, indicam claramente uma maior erodibilidade. A atribuição de subsídios para o gado implica um encabeçamento correcto ⁵⁵, mas a fiscalização e sensibilização dos agricultores não parecem ser de grande monta. Na prática, o sobrepastoreio é um dos mecanismos fundamentais no mundo Mediterrâneo, quer pela intensidade quer pela duração dessa acção, seja ela concentrada em áreas vedadas ou difusa, em áreas abertas, de passagem ou de concentração de gado.

1.3.12 COMPONENTE MINERAL

Definição – Conceito

Áreas de solo a nu, sem vegetação. Podem ser terrenos lavrados, para sementeira, limpeza de mato ou plantação de árvores por processos mecânicos, ou ainda áreas extremamente degradadas onde quase não existe vegetação. Domínio mineral por oposição a vegetal.

Objecto

Solo, rególito e afloramentos rochosos.

Percepção

Seco-árido-repetitivo-regular-quente-ocre-degradado-sem vida-rasgado-desinteressante-belo

Tamanho

Parcelas de várias dimensões, dependendo da estrutura da propriedade e da razão pela qual foram lavradas: sementeira, limpeza de mato, povoamentos florestais. No caso de áreas muito degradadas as dimensões não são claras.

Forma

Entre regular e geométrico, quando houve lavoura dos vários tipos, a irregular no caso de áreas muito degradadas.

Limites

Bem marcados quando houve lavoura dos vários tipos, pouco claros e indefinidos no caso de áreas muito degradadas.

⁵⁵ A densidade de cabeças de gado por unidade de superfície deveria ser da ordem de 2 ovelhas por hectare, *in* Conduto, R. (1996), na prática o valor é da ordem de 5-6 ovelhas por hectare, sendo esse valor largamente excedido em muitos casos, a maioria (?). No entanto, neste momento já nem sequer existem Quotas disponíveis para mais Gado Ovino.

Cor - Tom

Nas fotografias aéreas clara e muito clara. Nas imagens de satélite valores mínimos do infravermelho próximo, algum vermelho, muito brilho, tons azulados em virtude do domínio mineral, sobretudo na porção visível do espectro. NDVI mínimo a inexistente (negativo).

Textura

Na fotografia aérea, textura muito regular e uniforme, não se conseguem individualizar os “rasgos” da lavoura, somente nos casos de repovoamentos florestais. Nas imagens a textura também é regular, mas tem variações em função, presumivelmente, das variações do teor de humidade do solo e cambiantes das características físicas e químicas dos solos.

Associação

Cereal, áreas agrícolas ou nenhuma associação específica no caso dos povoamentos florestais.

Sombra

Nenhuma.

Posição

Indiferenciada, áreas de pouco declive no caso de sementeiras e áreas degradadas, todo o tipo de declives e posições no caso dos repovoamentos florestais e limpeza de mato.

Padrão

Nenhum, não é visível nas fotografias, excepto nos povoamentos florestais.

Função

Lavoura, sementeira, revitalização das pastagens no caso de limpeza do mato, ou para repovoamentos florestais.

Confusão

À semelhança do pousio (coberto herbáceo mais ou menos contínuo), muita confusão. Pelas mesmas razões, sempre que um coberto vegetal for pouco denso e não existir “fundo” herbáceo, o sinal do solo vai dominar claramente, pois as características radiométricas representam um enorme contraste com todo o domínio vegetal. Pode ocorrer confusão em todas as situações de pixels mistos, pastagem, mato pouco denso, esteval pouco denso e povoamentos florestais. Um outro aspecto, muito importante e ainda não referido, é a enorme confusão entre solo e afloramentos rochosos. Como os solos são predominantemente litossolos, ou simplesmente rególitos, a assinatura espectral do solo é excepcionalmente semelhante à da rocha mãe que esteve na origem desses solos.

Assim sendo, os afloramentos rochosos e os solos são extremamente semelhantes em termos puramente radiométricos, razão pela qual não se individualizou uma classe de afloramentos rochosos, embora noutras ocasiões se tenha tentado mas sempre sem resultado. Além disso, a extensão dos afloramentos rochosos não é particularmente grande, excepção feita às áreas extremamente degradadas que, sendo classificadas como componente mineral “respeitam” a natureza dessa classe, sobretudo em termos do grau de degradação que representam e da ausência de vegetação. Outra consequência deste facto, é que as áreas urbanas também se confundem com solos e afloramentos rochosos, pois também constituem um “coberto” mineral,

sejam os passeios, os telhados ou as superfícies de solo a nu, expectantes. No entanto, esta classe será individualizada, pois graças à ACP parece existir um “ruído” nas imagens que corresponde com bastante exactidão às áreas urbanas, embora *a priori* se possa esperar grande confusão com solo.

A porção de solo a nu num pixel é um facto insofismável, dependendo tudo da interpretação e “título” atribuído a essa mesma proporção, é uma questão puramente temática. Sem conhecer outras variáveis, dados de terreno, é difícil atribuir relações causa – efeito a essa proporção de solo a nu, até porque a maior parte das áreas classificadas como componente mineral resultam da intervenção directa do Homem, através de lavouras várias. A proporção de solo a nu é claramente relevante enquanto tal, pois indica a porção de um território directamente exposta a fenómenos intensos de erosão de solo, grande motor da degradação da Paisagem nesta e outras áreas.

Embora um pouco fora do contexto da descrição da matriz de identificadores dos cobertos – temas, mas muito a propósito das porções de solo a nu num pixel, deve-se referir uma técnica específica utilizada em Teledeteccção, até porque se trata de uma tese acerca da aplicação de métodos e técnica. Esta técnica denomina-se “spectral unmixing” e consiste em tentar determinar porções de “elementos base” em pixels. A sustentação teórica desta técnica, extremamente complexa em termos de tratamento digital, pode ser ilustrada da seguinte forma: uma porção de papel que parece laranja a uma certa distância pode ser constituída por porções de cor vermelha e amarela (por exemplo círculos), sendo essas cores os elementos básicos. Então, conhecendo-se esses elementos básicos, um deles poderia ser “solo a nu” e seria então possível determinar a probabilidade da proporção desse elemento num pixel, embora com um grau de abstracção e conceptualização extremo. A determinação dos elementos pode ser feita por processos expeditos, subjectivos, de análise – interpretação e conhecimento do terreno, ou recorrendo à análise multi-espectral, registando o espectro contínuo de um objecto, a sua assinatura espectral pura, geralmente em laboratório. Essa medição é feita sobretudo a elementos minerais ou folhas de espécies vegetais.

No caso da área de estudo, seria de interesse tentar determinar, por exemplo, a proporção de solo nos pixels e a proporção lenhosa das espécies vegetais o que requer um conjunto de equipamento de medição e de laboratório que não estão disponíveis e que muito dificilmente estarão. Além disso, o tipo de aplicação em Teledeteccção que esta técnica representa seria completamente diferente do presente estudo, entrando no domínio da interacção matéria - radiação, até certo ponto estaria fora de contexto e “sentido” para um Geógrafo. Não obstante, será uma “área” que se tentará abordar e explorar no futuro, se possível, pois em conjunto com dados experimentais de terreno pode desempenhar um papel importante em estudos de degradação – Desertificação.

Subclasses

Não há.

Fauna – Flora

Não há ou é insipiente, sobretudo arbustiva e de pequeno porte, nas áreas muito degradadas.

Problemas

A degradação é máxima, representa a situação com maior erosão potencial do solo: degradação das características físicas e químicas do solo, perda de matéria orgânica, escorrência superficial máxima, transporte de sedimentos máximo (pois o solo está mobilizado e facilmente “erodível”), “entulhamento” das baixas e leitos com sedimentos finos, etc. Na medida em que representa, por excelência, a ausência total ou quase de vegetação, só pode ser o extremo oposto em relação ao mato denso. A mobilização do solo em áreas com vegetação, sejam pousios, mato ou Estevais, representa sempre um importante retrocesso nos lentos processos de regeneração do ecossistemas, desencadeando processos de degradação.

Grupo Outras Unidades**1.3.13 ÁGUA****Definição – Conceito**

Planos de água, rios, albufeiras, charcas, “poças” nos leitos das linhas de água.

Objecto

Água.

Percepção

Fresco-refrescante-mergulho-sede-vida-recurso-fluxo-dinâmica

Tamanho

Entre um pixel (charca pequena), até muito grande (albufeira do Chança), passando por linear no caso das linhas de água principais, com regime perene, sobretudo o Guadiana.

Forma

Arredondada, triangular (pequenas charcas), linear no caso dos rios, ou recortada no caso das albufeiras maiores.

Limites

Muito bem marcados. Desde que a porção de água no pixel seja significativa o pixel será classificado como água, a análise textural ajuda a acentuar e tornar visualizáveis as charcas mais pequenas.

Cor - Tom

Escura, nas fotografias e imagens, excepto na porção visível do espectro (ver comportamento espectral da água, no Ponto 12.5).

Textura

Muito regular, pois à escala das fotografias é pouco perceptível a rugosidade da superfície; nas imagens de satélite ainda menos perceptível.

Associação

Nenhuma específica.

Sombra

Nenhuma.

Posição

Vales e áreas baixas.

Padrão

Nenhum.

Função

Reserva de água: para produção hidroeléctrica, rega, água para o gado, “apoio” à fauna selvagem e caça, ou simplesmente caudal das linhas de água mais importantes.

Confusão

Com vegetação ripícola, pois podem existir poças de pequena dimensão.

Subclasses

Não há.

Fauna – Flora

As charcas mais pequenas secam rapidamente no Verão, por questões ligadas à elevada evaporação e consumo pelos animais, mas as de maiores dimensões e as albufeiras mantêm-se todo o ano com água, excepto em anos muito secos. Nestes casos, existe nas margens uma comunidade vegetal enraizada, semelhante à que se desenvolve no fundo dos vales e à vegetação ripícola dos leitos que secam. A fauna é semelhante à das linhas de água, menos diversa e em menor quantidade, mas existem algumas espécies, sobretudo nestes planos de água (Mergulhões, Narcejas, Patos, Galinhas de água, etc.), que desempenham um importante papel ecológico para alimentação e nidificação. Estas áreas são, também, pontos importantes de convergência e concentração de outras espécies de maior dimensão, Javalis, Raposas, Furões, Veados (“fugidos” de Espanha através do leito seco do Chança) e todo o tipo de pássaros, além de serem o meio de eleição de várias espécies de peixes e anfíbios. Em relação aos peixes deve-se referir que a introdução das percas e achigãs, para pesca, constituíram um rude golpe noutras espécies, pois são predadores e dizimaram grande parte da população piscícola “natural”. As margens das albufeiras e charcas são também importantes para muitos pássaros que utilizam a argila aí recolhida para construção dos seus ninhos, sobretudo andorinhas que, com as Cegonhas nidificam muito em áreas construídas.

Problemas

Há problemas de qualidade de água nalgumas albufeiras, embora não se tenha conseguido dados. Esses problemas resultam das elevadas quantidades de fertilizantes que são transportados pelas linhas de água e se acumulam nas represas, sendo que no caso da Mina de São Domingos as concentrações de enxofre e metais deverá ser enorme. A província de Huelva apresenta a maior taxa de botolismo em Espanha, o abastecimento de água e regadios são feitos com água da albufeira do Chança. Existem também problemas com a qualidade da água do próprio Guadiana, em função de todo o tipo de carga poluente (indústria, esgotos urbanos,

pecuária, etc.) que é descarregada no rio sem tratamento e que, conjugada com a chegada da maré até ao Pomarão, dificultam o escoamento e renovação de água do rio a montante de Mértola quando os caudais são baixos. A conclusão e fecho das comportas da barragem do Alqueva, que deverá todavia manter caudais ecológicos, pode ainda levantar sérios problemas, até porque a qualidade da água represada deixa aparentemente muito a desejar, mais não seja porque o caudal de vem de Espanha, em Badajoz, se encontra altamente poluído.

1.3.14 ÁREAS URBANAS

Definição – Conceito

Perímetros urbanos principais. Os montes, pela sua dimensão, não são considerados, embora possam ter estado na origem de alguns aglomerados de pequena dimensão.

Objecto

Espaço construído, mineral, artificial, antrópico. Edifícios, caminhos, ruas, jardins.

Percepção

Mineral-artificial-funcional-comércio-serviços-poder-gente-exógeno-confusão-prensa-circulação

Tamanho

Variado, hierarquizado.

Forma

Radial, arredondada, hierarquizada, por vezes ortogonal (caso de Vales Mortos, planeado).

Limites

Muito bem marcados nas fotografias aéreas, menos nas imagens de satélite.

Cor - Tom

Claro e muito claro, nas fotografias e imagens.

Textura

Irregular, em blocos.

Associação

Campos agrícolas, vias de comunicação de várias ordens.

Sombra

Alguma, no caso de edifícios altos, volumetria, somente visível nas fotografias aéreas.

Posição

Locais elevados, margem do rio e posição facilmente defensável (Mértola), áreas planas. Nunca em áreas declivosas, fundos de vale ou topos muito expostos.

Padrão

A dimensão dos aglomerados implica que a estrutura textural prevalece sobre o padrão.

Função

Habitação, comércio, serviços, equipamentos, infra-estruturas, lugar central.

Confusão

Como já foi referido, em termos radiométricos, existe confusão total com solo a nu e afloramentos rochosos, dada a natureza claramente mineral dos espaços construídos. Caso não

se consiga classificar as áreas urbanas, o que é muito provável, elas serão integradas na componente mineral. Seria contudo possível a sua determinação e extracção através de informação temática vectorial, em ambiente SIG numa fase posterior à classificação propriamente dita, mas esse procedimento retiraria um pouco de validade à classificação, que se pretende neste caso exclusivamente baseada nas imagens de satélite.

Subclasses

Não há, são funcionais, dificilmente discerníveis radiometricamente.

Fauna – Flora

Até certo ponto não se aplica, embora haja fauna que se adapta e dependa dos espaços construídos e humanizados, pardais, andorinhas, cegonhas. A “fauna” principal é humana, a flora é maioritariamente “domesticada”.

Degradação

Não se aplica, os problemas são de outra índole: resíduos urbanos sólidos e líquidos, poluição sonora, atmosférica, esgotos, etc.

1.3.15 ÁREAS ARDIDAS

Definição – Conceito

Áreas com algum tipo de coberto vegetal, restolho, mato, árvores, que arderam. Podem ser parcelas de restolho que foram queimadas, “alqueive preto”, ainda praticado por alguns agricultores.

Objecto

Material lenhoso ou herbáceo queimado, cinzas.

Percepção

Calor-perigo-negro-desolado-morte-destruição-perda

Tamanho

Variável, depende da proporção do incêndio, material combustível, propagação e combate.

Forma

Variável, ou foi uma parcela de restolho queimada de uma forma controlada ou um incêndio.

Limites

Muito bem marcados, nalguns casos de restolho queimado, em que o fogo não atingiu grandes proporções, pode ser mais difícil determinar os limites. Identificados no terreno, quando da realização do trabalho de campo, sobretudo o grande incêndio no perímetro florestal de Mértola, a Oeste da Vila.

Cor - Tom

Negro nas fotografias e imagens, em cor real, azul escuro a claro nas composições coloridas (457 RGB). Identificável também através da ACP a duas imagens, pois constitui uma mudança drástica de coberto entre duas datas.

Textura

Basicamente é a textura do terreno subjacente, da topografia.

Associação

Não existe, excepto no caso dos “alqueives pretos” em áreas agrícolas.

Sombra

Nenhuma.

Posição

Indiferenciada, se for um incêndio pode grassar livremente, independentemente da posição, só requer material combustível e que o fogo se inicie.

Padrão

Nenhum.

Função

Nenhuma, excepto o “alqueive preto”, suposto fertilização do solo.

Confusão

Nenhuma, talvez alguma no caso do restolho queimado, se o fogo tiver sido muito “superficial” e rápido, consumindo pouco material.

Subclasses

Não há.

Fauna – Flora

Não há, foi consumida e/ou retirou-se. As espécies pioneiras, sobretudo as pirófitas como a esteva, têm grande vantagem na re-colonização, bem como alguns tipos de herbáceas (USDA – United States Department of Agriculture (1999)).

Problemas

Embora sem mobilização do solo, o coberto vegetal é destruído total ou parcialmente, o que aumenta dramaticamente a erodibilidade do solo. Também a estrutura do solo, o seu teor de humidade e matéria orgânica, vida microbiana e decompositores são profundamente afectados. Os nutrientes das “cinzas”, caso sejam incorporados no solo, podem constituir até certo ponto alguma vantagem, mas são facilmente removidas pelo vento ou escorrência superficial, que tem condições óptimas para ser elevada. Existe também a libertação de gases nocivos, resultantes da combustão. É a destruição pura e simples da Biocenose.

Estão apresentadas e descritas as 15 unidades da pré-legenda, unidades essas que irão ser “marcadas” nas imagens, sob a forma de polígonos, conjuntos de pixels, que constituirão a amostra estatística que vai permitir a “generalização de um modelo de identificação, de determinação ou interpretação, de áreas de pequena dimensão para um espaço muito maior, geralmente e no máximo uma região. Depois de se ter efectuado a interpretação passa-se à extrapolação – generalização no espaço geográfico envolvente ou adjacente”, conforme descrito no Capítulo I, Ponto 6.2 – Funções.

Existem no entanto alguns objectos – temas que não foram incluídos na pré-legenda. Indicam-se os principais e justifica-se a sua não inclusão:

- **Afloramentos Rochosos**

Pelas razões apresentadas na descrição da unidade componente mineral, por razões eminentemente geológicas e pedológicas, os solos e a rocha mãe são excepcionalmente semelhantes em termos radiométricos, sobretudo os litossolos mais degradados e aqueles que já se podem considerar, somente, como um rególito. Os arrifes, existentes nalgumas áreas do Sul do Concelho e os topos das cristas quartzíticas (quando há rocha a nu), são demasiado alongados e estreitos, sendo muito difícil ter a certeza que se marcou um pixel puro de “afloramento rochoso”. A única área onde existem extensões suficientemente grandes de rocha a nu, por forma a garantir uma pureza máxima do pixel, é na Mina de São Domingos, embora o solo tenha desaparecido por razões antrópicas, escorrência superficial de grandes volumes de esgoto da Mina, carregado de materiais químicos. Assim sendo, a rocha tem um ar tão “puro” que nem sequer apresenta a “patine” característica dos afloramentos rochosos “naturais”, sobretudo líquens e mudança da coloração por via da meteorização, existentes nos arrifes e afloramentos de áreas excepcionalmente degradadas, “no osso”. No entanto, serão marcadas áreas teste de rocha a nu na Mina, com reflectância radiométrica máxima e tentar-se-á a classificação desta classe, embora a confusão com solo a nu e sobretudo com áreas urbanas deva ser bastante significativa;

- **Pomares**

Têm pouco significado em termos de área, no contexto do Concelho, além de terem geralmente dimensões muito reduzidas e cariz não comercial. O grau de confusão com o sinal do “fundo” é extremo, sendo muito difíceis de identificar, até na fotografia aérea à escala aproximada 1:33.000. Como tal optou-se por não os incluir, embora haja três excepções a esta argumentação: um Alfarrobal grande perto do Guizo, na estrada da Mina de São Domingos para a Moreanes, um Amendoal irrigado, perto de vale de Açor, que foi entretanto parcialmente arrancado e um pomar de pêsegos perto dos Corvos. Não obstante, embora seja uma omissão assumida e justificada, serão marcados polígonos e tentar-se-á a classificação dos pomares;

- **Olivais**

Também têm pouca expressão, não existem áreas contínuas de olival, o seu domínio é sobretudo nos solos melhores, a Norte (Serpa, Moura, Vila Nova de São Bento, Ficalho). Aparecem oliveiras em parcelas muito pequenas, a ladear caminhos, ou perto de montes, mas certamente para auto-consumo, logo o seu significado na economia agrícola do Concelho é mínimo. A confusão com o

sinal do “fundo” é ainda maior do que no caso do montado, pois o grau de intervenção humana, podas e limpeza das ervas, é maior que no caso das azinheiras e a copa e a própria árvore não atingem a dimensão das azinheiras. Tal como no caso dos pomares, vai-se proceder à marcação de polígonos e tentar a sua classificação dos olivais;

- **Hortas**

Neste caso, as dimensões mínimas inviabilizam a sua identificação nas imagens, sendo muito provável que fossem confundidas com áreas de vegetação ripícola ou cereal, devido à elevada proporção de biomassa verde. Existem poucas hortas, excepto as que são claramente para auto-consumo, muitas vezes associadas a umas, poucas, oliveiras, uma figueira, dois ou três medronheiros já não cuidados, umas videiras, umas amendoeiras... é a policultura Mediterrânea em micro-escala, “caseira”. Além disso, as características dos solos e a disponibilidade de água são tudo menos propícias à existência de hortas de alguma dimensão. Não se fará marcação de polígonos nem tentativa de classificação.

Há no entanto um tipo de “horta” que tem interesse referir, pois tem uma certa especificidade e cariz, por assim dizer, Árabe. Sobretudo no Sul do Concelho, existem umas hortas muradas, geralmente circulares, parecendo quase jardins, com um poço e de dimensões por vezes apreciáveis (15-20 metros), onde existe um pouco de tudo: legumes, figueiras, amendoeiras, videiras, oliveiras, etc. Ainda não foi possível descobrir se estas hortas, únicas parcelas muradas no Concelho, têm algum tipo de origem comunal, a quem pertencem e pertenciam e quem as explora. Existem bastantes, são algo muito diferente do resto e costuma haver uma por aglomerado, sobretudo nos mais pequenos e isolados; é certamente algo que se continuará a “investigar” e tentar aprofundar.

As únicas outras “parcelas” muradas são currais antigos para gado, que podiam ser “cortes” onde se reunia o gado, estando na origem da enorme profusão de topónimos do mesmo nome, sobretudo no Norte do Concelho: Corte Gafo, Corte da Velha, Corte Sines, Corte Pão e Água, Corte Pinto, Corte Pequena, Corte Moreanes (agora só Moreanes), etc. e que atestam inequivocamente a facção pastoril da área, desde longa data, inclusive em esquemas e movimentos complexos de transumância ⁵⁶. Em termos de muros, a povoação de Mesquita, a Sul do Pomarão, também tem a especificidade de ser praticamente o único aglomerado com utilização maciça de muros, sem dúvida ligado a um passado histórico que também se continuará a investigar.

⁵⁶ Ver ROXO, M.J. (1994), CASIMIRO, P.C. (1993) e DIAS, J. (1997)

Termina-se a apresentação da pré-legendra com um quadro síntese das classes (Quadro 4.1), bem como das confusões que, *a priori*, sem conhecer ainda as características das áreas teste, podem existir em termos radiométricos, físicos e temáticos. Apresentam-se também exemplos da identificação visual de algumas classes.

Classes	Eucaliptais	Pinhal	Montado	Reflorestação	Mato	Esteval	Mato Denso	Vegetação Ripícola	Cereais	Mineral	Herb.Contínuo	Herb.Descontínuo	Água	Urbano	Áreas Áridas	Total
Floresta Esclerófila																
Eucaliptais				++	+	+				+	+					6
Pinhal				++												2
Montado					+	+	++		++	++	++	++				12
Reflorestação	++	++			+	+				++	++	++				12
Formações Sub-Xerofíticas																
Mato	+		+	+		++	++			+	++	+				11
Esteval	+		+	+	++		++			++	++	+				12
Mato denso			++		++	++					+					7
Vegetação ripícola										+			++			3
Estepe Mediterrânea																
Cereais			++													2
Mineral	+		++	++	+	++		+			+	+	+	++	+	15
Herb.Contínuo	+		++	++	++	++	+			+		++				13
Herb.Descontínuo			++	++	+	+				+	++					9
Outros																
Água								++		+						3
Urbano										++						2
Áreas áridas										+						1

Quadro 4.1 – Matriz de confusão prévia, temática e física. Quanto mais (+++) maior e mais provável a confusão entre classes.

Os resultados são elucidativos, em função de tudo o que foi apresentado a propósito dos Problemas e Limitações, bem como durante a apresentação dos descritores e características das classes, o solo a nu (mineral) e o pousio (coberto herbáceo contínuo), por poderem constituir fracção de qualquer pixel misto, são as principais “fontes” potenciais de confusão nos pixels. O montado, a reflorestação e o esteval são, por outro lado, as classes com os pixels potencialmente mais mistos.

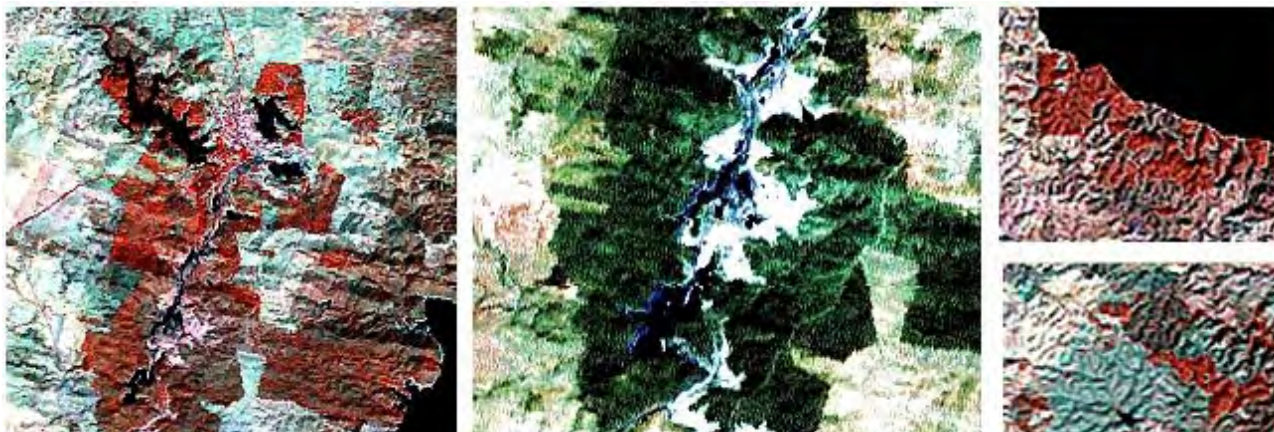


Figura 4.14 – Eucaliptais – 457 RGB e SHI – Pan.– Outubro 2000 Mina, à direita Noroeste do Concelho e Amendoeira

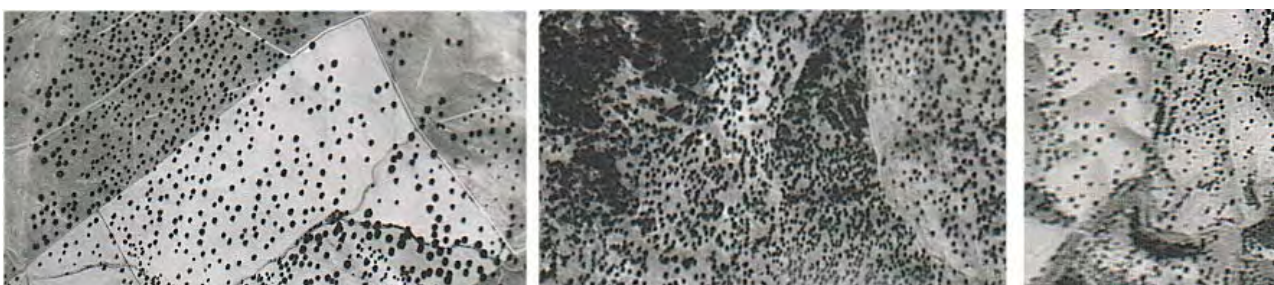


Figura 4.15 - Montado – Fotografia Aérea 1995

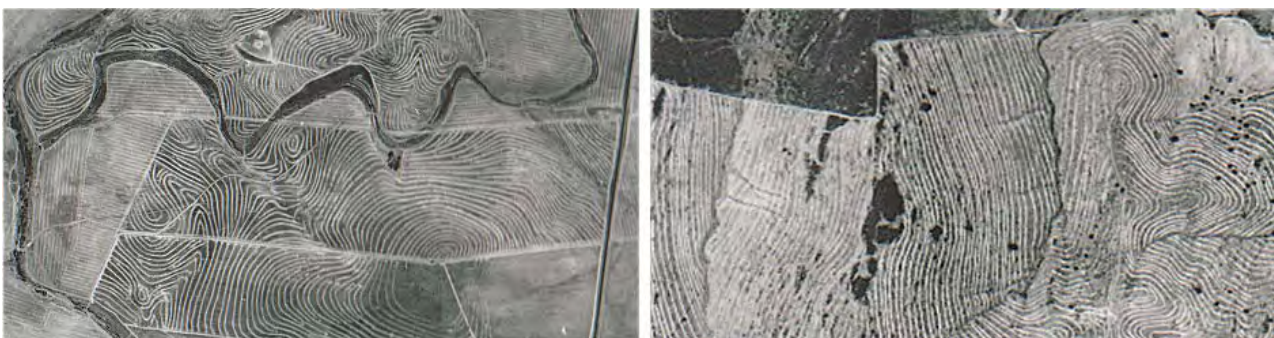


Figura 4.16 - Reflorestação – Fotografia Aérea 1995

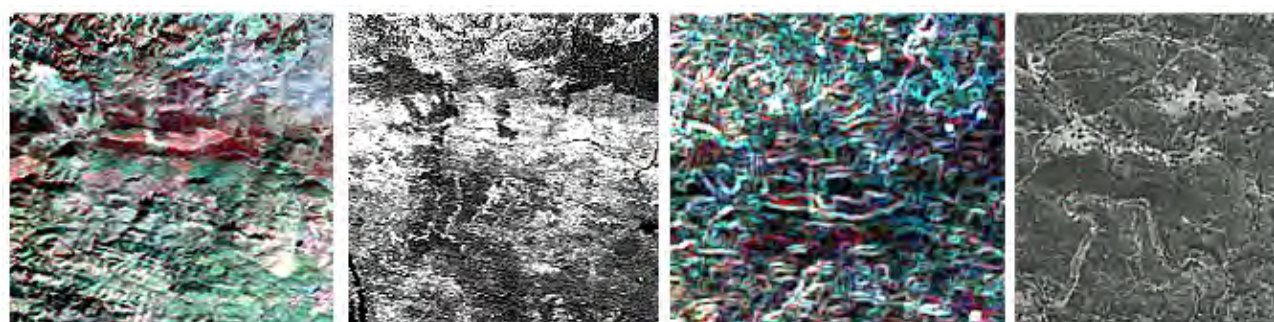


Figura 4.17 - Mato – 457 RGB, NDVI, Textura 457 – Outubro 2000 e Fotografia Aérea 1995



Figura 4.18 - Mato denso – 457 RGB – Outubro 2000 e Fotografia Aérea 1995

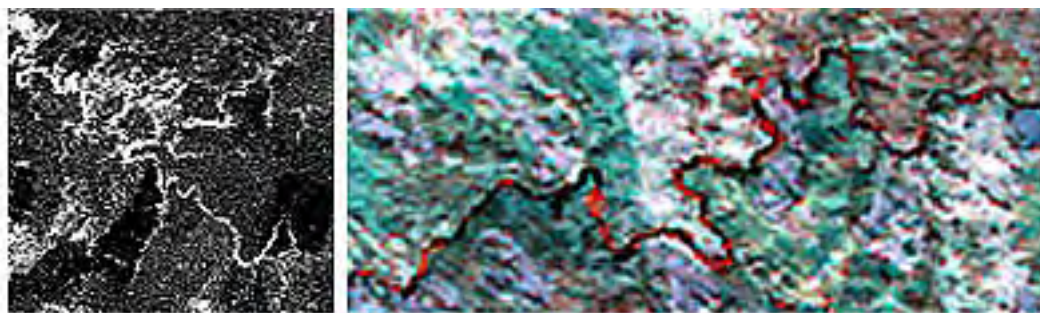


Figura 4.19 - Vegetação ripícola – 457 RGB e NDVI – Outubro 2000

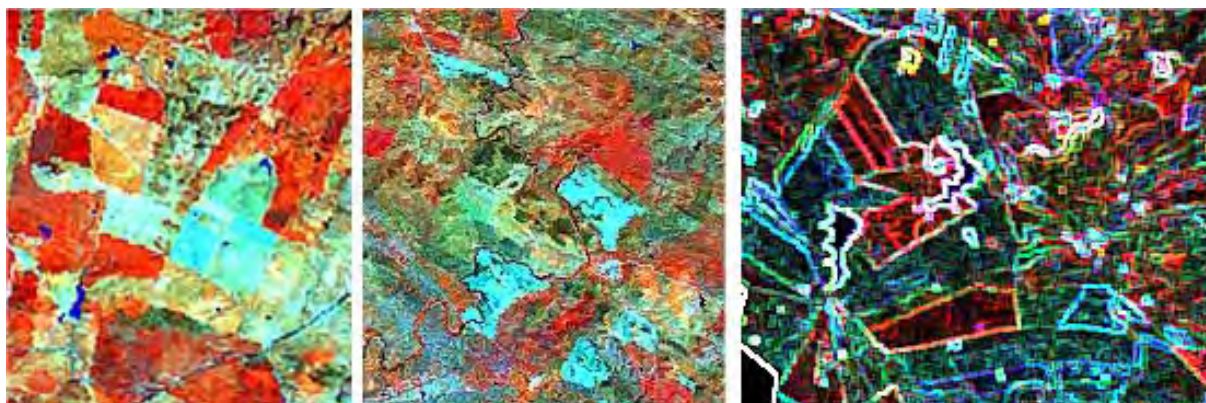


Figura 4.20 - Cereais (vermelho), solo a nu (azul claro) e pousio (laranja), 453 – RGB e textura, Abril 2001

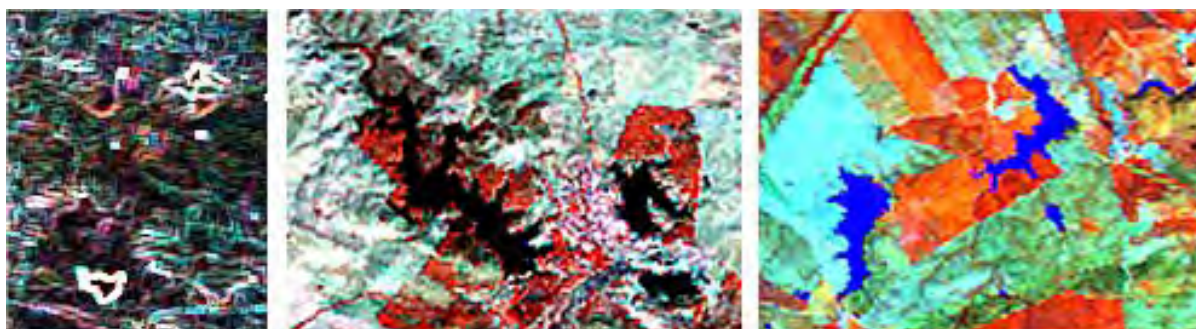


Figura 4.21 - Água – Textura 457 – RGB, Outubro 2000 e 453 – RGB, Abril 2001



Figura 4.22 - Urbano, Fotografia Aérea 1995 e CP 12 da ACP a todas as imagens

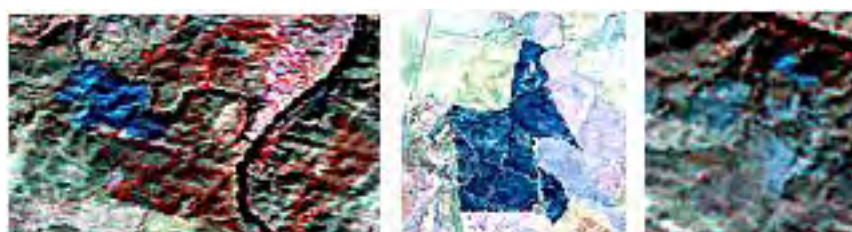


Figura 4.23 - Áreas ardidas 457 – RGB – Outubro 2000



Figura 4.24 – Esteval, Vale d'Évora e proximidades do Pomarão, Abril de 2001.



Figura 4.25 – Plantações de pinheiros, vertente Sul da Alcaria Ruiva e Serra Branca, Abril de 2001.



Figura 4.26 – Montado - solo a nu (porcos, Papa Leite) e com cereal (Cortes Sines), Abril de 2001.



Figura 4.27 – Pousio (perto Vale Formoso) e montado com pousio (Corte Gafo), Abril de 2001.



Figura 4.28 – Pousio à esquerda e pousio pastado à direita, Corte Pinto, Abril de 2001.

2. Classificação

Estando já definidas as classes da pré-legenda, pode-se então iniciar o processo de classificação, começando por descrever o algoritmo de classificação escolhido, apresentando as suas vantagens e desvantagens, passando à marcação e definição das áreas teste nas imagens, analisando depois as amostras estatisticamente e procedendo por fim à classificação propriamente dita.

2.1 Método

A classificação supervisionada pode ser definida informalmente como "...o processo de utilizar amostras de uma entidade conhecida (i.e. pixels já assignados a classes informais) para classificar pixels de identidade desconhecida (i.e. assignar pixels não classificados a uma de várias classes de informação) [a extrapolação]... As amostras de identidade conhecida são os pixels localizados nas «áreas teste». O analista define as «áreas teste» identificando [e interpretando] regiões na imagem, que são claramente correspondentes a áreas de identidade conhecida na imagem. Estas áreas devem tipificar as propriedades espectrais das categorias que representam e, claro está, devem ser homogéneas quanto à categoria de informação que se pretende classificar" (CAMPBELL, J.B. (1996, pp. 327-328)).

Quais são então as vantagens da classificação supervisionada, em relação à não supervisionada ?

1. Existe controlo das classes, pode-se portanto escolher as que se adequam a um determinado objectivo e à área a analisar. Este facto é importante se posteriormente se proceder a classificações multi-temporais, pois garante uma coerência máxima das classes temáticas, enquanto na classificação não supervisionada as classes "resultam" do conjunto de dados, tendo que se tentar identificar no terreno a que é que correspondem, pois não se conhecem as características das categorias;
2. A classificação supervisionada está subordinada a um grupo específico de áreas conhecidas, através do processo de selecção de áreas teste. Este facto permite proceder a uma análise da qualidade da classificação, de uma forma objectiva (matriz de confusão). Na classificação não supervisionada os dados são objectivos, a atribuição dos "temas" às classes é subjectiva;
3. Como se conhecem as áreas teste e as suas características espectrais, pode-se analisar previamente a consistência dessas áreas teste como amostras das unidades que se conhecem. Se ocorrerem erros, podem-se "editar" as amostras e proceder a correcções, como por exemplo, se as amostras forem muito heterogéneas e apresentarem uma forte confusão com outras classes.

Mas também existem desvantagens, que em princípio não comprometem de forma alguma a escolha, antes pelo contrário, mas que seria "desonesto" não referir:

1. Na classificação supervisionada “impõe-se” uma estrutura de classificação aos dados, a não supervisionada procura classes “naturais”. Esta desvantagem é colmatada pelo facto de muitas das unidades não terem, ao que tudo indica, uma assinatura espectral pura mas sim mista, como tal a pureza, consistência e homogeneidade radiométrica não deveriam permitir a sua classificação;
2. As áreas teste são definidas sobretudo por critérios de informação, temáticos, não espectrais, como tal pode existir uma enorme variabilidade no interior das áreas teste. É um facto, mas o tipo de objectos – temas são intrinsecamente heterogéneos (e.g. um esteval tem uma porção herbácea e de solo a nu), como tal “espera-se” que radiometricamente aconteça o mesmo;
3. As áreas teste identificadas e marcadas podem não ser representativas de toda a imagem. Neste caso há um factor que joga fortemente contra esta desvantagem. Como se viu, em termos puramente teóricos e *a priori*, os dois objectos que mais confusão poderão provocar são o solo a nu e o pousio (coberto herbáceo); ora a área do Concelho é extremamente homogénea em termos geológicos e litológicos⁵⁷ e absolutamente homogénea em termos de coberto vegetal. Assim sendo, esta desvantagem é fortemente “esbatida”, além de se terem identificado áreas tão distribuídas espacialmente quanto possível (Ponto 1.2.2);
4. A classificação supervisionada pode não “reconhecer” categorias específicas, únicas e anómalas, que não estejam representadas pelas áreas teste. Esta desvantagem só pode ser minimizada tentando aprofundar, o mais possível, o conhecimento geográfico da área, o conhecimento do terreno, do tipo de vegetação, da sua dinâmica, da sua evolução, das actividades humanas, etc., tal como se tem tentado fazer. Portanto, embora estas desvantagens sejam objectivas, parecem estar em grande parte neutralizadas ou minimizadas.

Existem vários algoritmos que podem ser utilizados para uma classificação supervisionada, nomeadamente: paralelepípedo, distância mínima e máxima probabilidade (“Maximum Likelihood Classification”). O último, máxima probabilidade, é o mais indicado, pois incorpora a noção de probabilidade – possibilidade quando classifica um pixel em determinada classe, o parece ir completamente ao encontro de tudo o que foi apresentado e defendido quanto à confusão e “fuzziness” dos limites físicos e temáticos dos vários objectos – temas existentes no terreno. Assim, o algoritmo “escolhe” a classe que maximiza a probabilidade de uma classificação correcta, em função dos dados das amostras (áreas teste), podendo-se fazer variar o grau de probabilidade com que se pretende que o algoritmo classifique a imagem.

⁵⁷ Embora existam diferenças entre o extremo Noroeste, o Sul e a área das Cristas Quartzíticas.

Na classificação paralelepipedica as classes são assumidas como estando delimitadas por uma “caixa”; na distância mínima os pixels são classificados na classe cujo centróide estiver mais próximo. A classificação por máxima probabilidade apresenta-se, como paradigma, mais adequada à realidade do terreno e ao tipo de unidades de Paisagem existentes.

A classificação por máxima probabilidade “... usa os dados das áreas teste para estimar as médias e as variâncias das classes, que são geralmente utilizadas para estimar probabilidades. [...] considerando não só os valores médios, para assignar os pixels às classes, mas também a variabilidade dos valores de brilho nessa classe [o que se adequa completamente à natureza mista dos pixels da maior parte das classes]. A regra de decisão da «máxima probabilidade», implementada quantitativamente para considerar classes múltiplas e várias bandas espectrais simultaneamente, constitui uma poderosa técnica de classificação. Implica cálculo intenso, tendo por isso a desvantagem de requer mais recursos de computação que a maioria dos outros métodos” (CAMPBELL, J.B. (1996, pp. 338-339)). Vários autores apontam as mesmas vantagens deste algoritmo, considerando-o como um dos melhores (CHUVIECO, E. (1996), SABINS, F.F. (1996), JÄHNE, B. (1997), BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999), RICHARDS, J.A. (1993) e MATHER, P.M. (1994)).

Em termos matemáticos, simplificados, a classificação funciona da seguinte forma (Extraído de RICHARDS, J.A. (1993, pp. 182-188)), as classes espectrais duma imagem são representadas por:

$$\omega_i, i = 1, \dots, M$$

Onde M é o número total de classes. Ao tentar determinar a classe ou categoria a que cada pixel com uma localização x pertence, são estritamente as probabilidades condicionais que interessam:

$$p(\omega_i|x), i = 1, \dots, M$$

O vector de posição x é um vector em coluna dos valores de brilho para o pixel. Descreve o pixel como um ponto no espaço multi-espectral, com coordenadas definidas pelo brilho. A probabilidade p dá a probabilidade que a classe correcta seja a ω_i para um pixel na posição x . A classificação é efectuada de acordo com:

$$x \in \omega_i \quad \text{se} \quad p(\omega_i|x) > p(\omega_j|x) \quad \text{para todos} \quad j \neq i \quad (\text{Equação 1})$$

O pixel em x pertence à classe ω_i se $p(\omega_i|x)$, i é a maior (probabilidade). Esta “regra de decisão” intuitiva é um caso especial duma regra mais geral, na qual a decisão pode ser alterada de acordo com os diferentes intervalos de confiança que se pretende utilizar na classificação, maior ou menor probabilidade.

Apesar da simplicidade, as probabilidades de $p(\omega_i|x), i$ não são conhecidas. Mas tendo suficientes dados das áreas teste para cada classe, esses dados podem ser usados para estimar a probabilidade de distribuição, de uma determinada classe de coberto – uso do solo, que descreve a probabilidade de encontrar um pixel da classe ω_i na posição x , representada por $p(x|\omega_i)$. Haverá tantas $p(x|\omega_i)$ quantas as classes da classificação. Para um pixel na posição x no espaço multi-espectral, pode ser calculado um conjunto de probabilidades que caracterizam as possibilidades relativas de cada pixel pertencer a cada uma das classes. A probabilidade “desejada”, $p(\omega_i|x), i$ e a probabilidade disponível $p(x|\omega_i)$, estimada dos dados das áreas teste, relacionam-se da seguinte forma (Teorema de Bayes, FREUND, J.E.; WALPOLE, R.E. (1987)):

$$p(\omega_i|x) = p(x|\omega_i) p(\omega_i) / p(x) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde $p(\omega_i)$ é a probabilidade de a classe ω_i ocorrer na imagem. Se, por exemplo, 15 % dos pixels de uma imagem pertencerem à classe espectral ω_i , então $p(\omega_i) = 0.15$; $p(x)$ é a probabilidade de encontrar um pixel de qualquer classe na localização x . Então:

$$p(x) = \sum_{i=1}^M p(x|\omega_i) p(\omega_i)$$

$p(\omega_i)$ são as chamadas probabilidade *a priori*, visto que são as probabilidades com as quais a pertença dos pixels a cada classe deve ser apurada antes da classificação. Por comparação, $p(\omega_i|x)$ são probabilidades posteriores, calculadas com base na probabilidade conhecida $p(x|\omega_i)$. Usando a Equação 2, a regra de classificação da Equação 1 passa a:

$$x \in \omega_i \text{ se } p(x|\omega_i) p(\omega_i) > p(x|\omega_j) p(\omega_j) \text{ para todos os } j \neq i \quad (\text{Equação 3})$$

Onde $p(x)$ foi removido como factor comum. A regra de classificação da Equação 3 é mais aceitável do que a da Equação 1, pois as probabilidades $p(x|\omega_i)$ são conhecidas dos dados das áreas teste, sendo concebível que as probabilidades $p(\omega_i)$ também sejam conhecidas, ou possam ser estimadas a partir do conhecimento da imagem pelo interpretador. Por conveniência matemática, a Equação 3 pode ser alterada para:

$$g_i(x) = \ln \{ p(x|\omega_i) p(\omega_i) \} \quad g_i(x) = \ln p(x|\omega_i) + \ln p(\omega_i) \quad (\text{Equação 4})$$

Onde $\ln$ é o Logaritmo natural, sendo a Equação 3 rescrita da seguinte forma:

$$x \in \omega_i \quad \text{se} \quad g_i(x) > g_j(x) \quad \text{para todos os} \quad j \neq i \quad (\text{Equação 5})$$

Esta é a regra de decisão (“decision rule”) utilizada na classificação por máxima probabilidade, $g_i(x)$ são as **funções discriminantes**. Assumindo para um número N de bandas espectrais:

$$p(x|\omega_i) = (2\pi)^{-N/2} \left| \Sigma_i \right|^{-1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (x - m_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - m_i) \right\} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde m_i e Σ_i são o vector médio e matriz de covariância dos dados da classe ω_i . O termo resultante $-N/2 \ln (2\pi)$ é comum a todas as probabilidades $g_i(x)$ e não acrescenta discriminação. Consequentemente, é ignorado, e a forma final para a função discriminante para a classificação da máxima probabilidade é:

$$g_i(x) = \ln p(\omega_i) - \frac{1}{2} \ln \left| \Sigma_i \right| - \frac{1}{2} (x - m_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - m_i) \quad (\text{Equação 7})$$

Muitas vezes não existe informação útil acerca de $p(\omega_i)$, assumindo-se nesse caso a situação de probabilidade *a priori*; como resultado $\ln p(\omega_i)$ pode ser removido da Equação 7, pois é igual para todos os i . Nesse caso, o factor comum $1/2$ também pode ser removido, passando a **função discriminante para a classificação da máxima probabilidade** a ser:

$$g_i(x) = \ln \left| \Sigma_i \right| - \frac{1}{2} (x - m_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - m_i) \quad (\text{Equação 8})$$

Mas pode-se ainda utilizar limiares probabilísticos, como se pode ver na Figura 4.29. Assim, os pixels são classificados em determinada classe só se $g_i(x)$ for maior do que um limiar determinado. Por exemplo, 5% dos pixels de cada classe com probabilidade $g_i(x)$ mais baixa não são considerados, originando uma classificação com 95 % de probabilidade final.

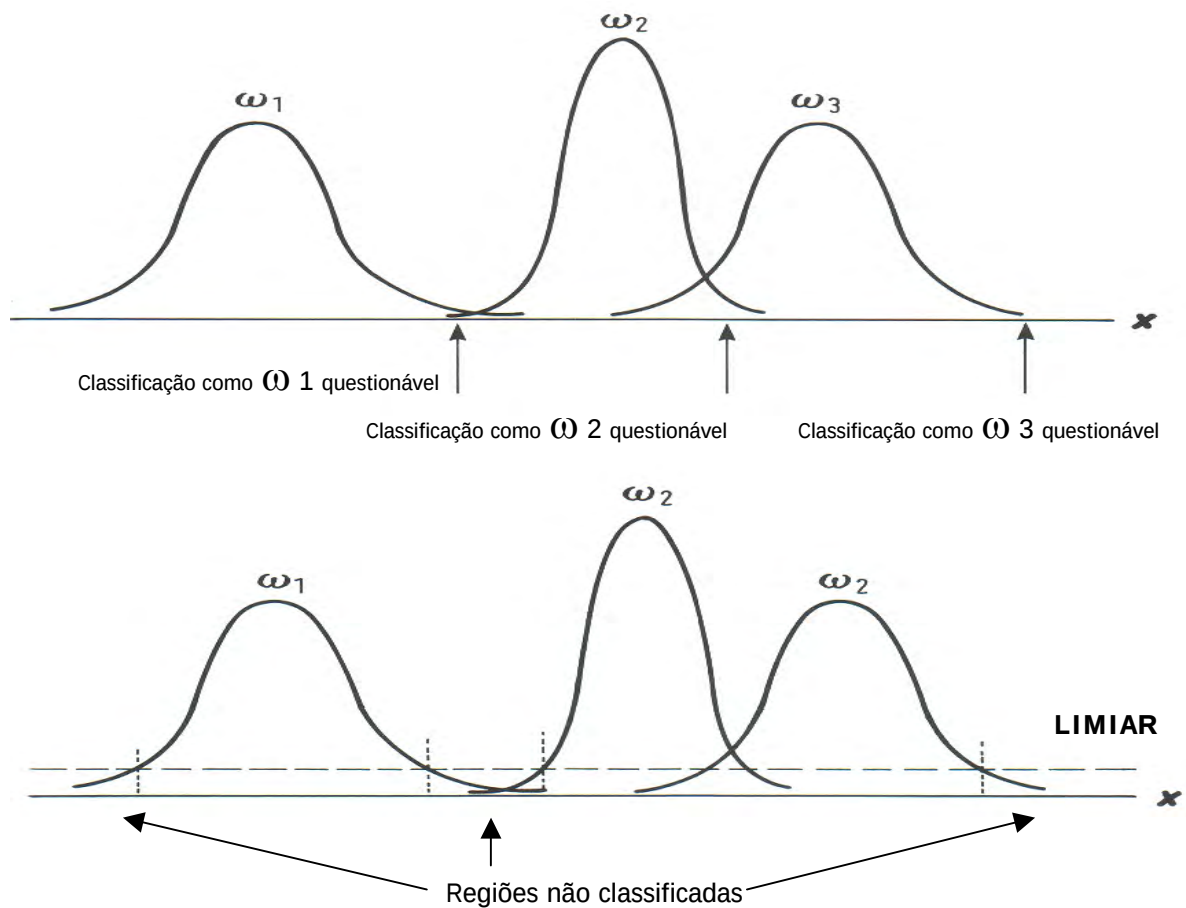


Figura 4.29 – Áreas com confusão de classes, introduzindo um limiar evitam-se as confusões entre classes e excluem-se os valores mínimos de probabilidade, Y = probabilidade (adaptado de RICHARDS, J.A. (1993, p. 185)).

Graficamente, num espaço constituído por duas bandas, a classificação dos pixels vai-se fazer ao longo de superfícies de equiprobabilidade (superfície de decisão). Na metodologia adoptada esta “superfície” passa a ter 14 dimensões, tantas quantas as bandas das duas imagens, Outubro de 2000 e Abril de 2001.

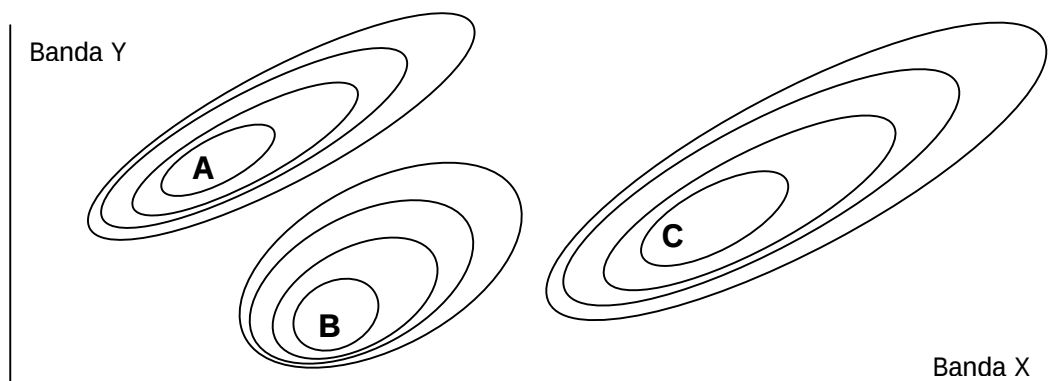


Figura 4.30 – Superfícies de equiprobabilidade para três classes em duas bandas.

2.2 Marcação – Análise Estatística das Áreas Teste

Depois da explicação e justificação do algoritmo de classificação escolhido – máxima semelhança – falta somente proceder à marcação das áreas teste e sua análise estatística. Os critérios de marcação foram já parcialmente definidos no Ponto 1.2.2 (Critérios de Amostragem das Áreas Teste), embora a propósito do trabalho de campo. Basicamente, os aspectos a ter em conta são:

1. Número de pixels das classes;
2. Dimensão dos polígonos das áreas teste de cada classe;
3. Forma dos polígonos;
4. Posicionamento dos polígonos em relação ao terreno;
5. Número de polígonos;
6. Distribuição espacial dos polígonos na imagem;
7. Uniformidade dos polígonos.

Foram marcadas cerca de 250 áreas teste, “cerca” porque o software não permite contabilizar o número de polígonos, somente o número de pixels e área respectiva. A marcação teria de facto sido impossível com todo o rigor, no caso das parcelas mais pequenas, sobretudo na área da Serra de Mértola, sem o recurso às coordenadas GPS. Apresenta-se de seguida o quadro resumo das áreas teste (Quadro 4.2):

Classe	Número de Pixels	Área - Hectares
Água	173	15.59
Ardido	739	66.60
Aveia	126	11.36
Cereal	289	26.05
Mato	572	51.55
Esteval	386	34.79
Eucaliptos	271	24.42
Mato Denso	553	49.84
Montado - Lavrado	154	13.88
Montado - Pousio	626	56.42
Montado - Trigo	198	17.84
Olival	80	7.21
Coberto Herbáceo Descontínuo	334	30.10
Pinhal	91	8.02
Plantação Pinhal Densa	235	21.18
Plantação Pinhal Nova	722	65.07
Pomar	333	30.01
Coberto Herbáceo Contínuo	508	45.78
Ripícola	34	3.06
Rocha	28	2.52
Componente Mineral	180	16.22
Tremocilha	27	2.43
Urbano	191	17.21

Quadro 4.2 – Quadro resumo das áreas teste, Abril 2001 e Outubro 2000.

Por forma a conseguir classificar todas as classes da pré-legenda incluíram-se outras subclasses, só assim se poderá tentar compreender o grau e tipo de confusões entre classes. Esta confusão, em termos radiométricos, é de facto muito elevada, conforme se pode observar nas Figuras 4.31, 4.32, 4.33 e 4.34, onde estão representadas as médias de cada classe de área teste, bem como a dimensão da sua variabilidade (neste caso o desvio padrão). Apresentam-se somente as quatro bandas mais representativas, em termos de discriminação, para Abril, num total de 14 que constituem a amostra espectral das áreas teste, tendo retirado várias classes (olival, pomar e reflorestação).

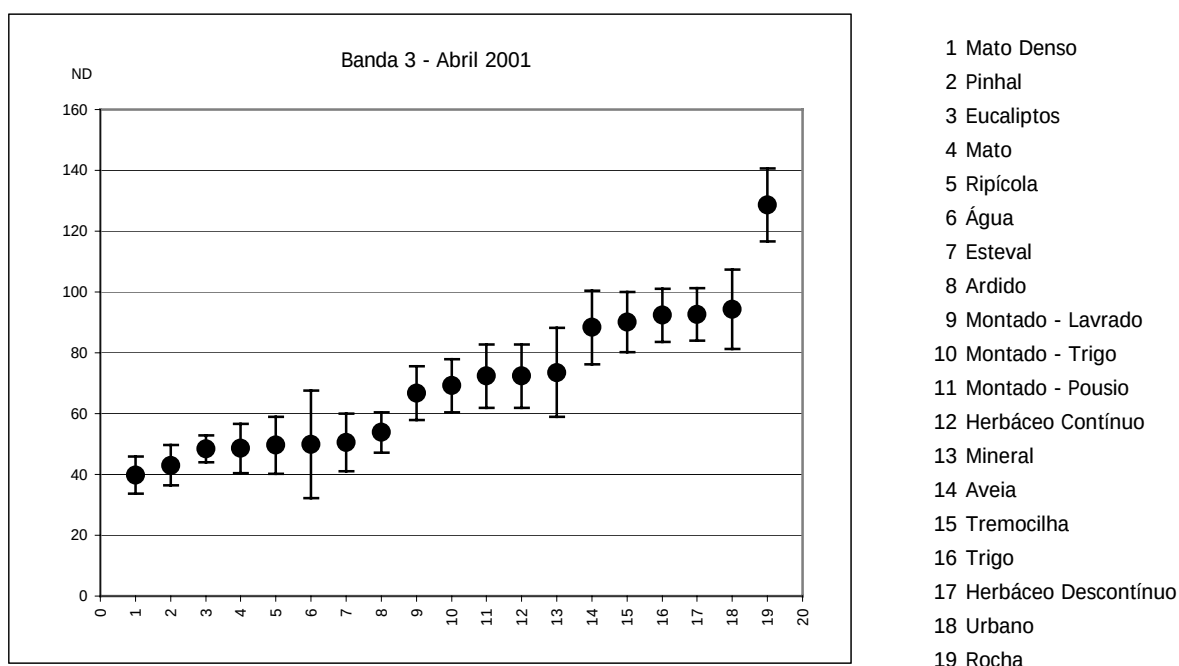


Figura 4.31 – Números Digitais médios e desvio padrão das áreas teste, Banda 3 – Abril 2001.

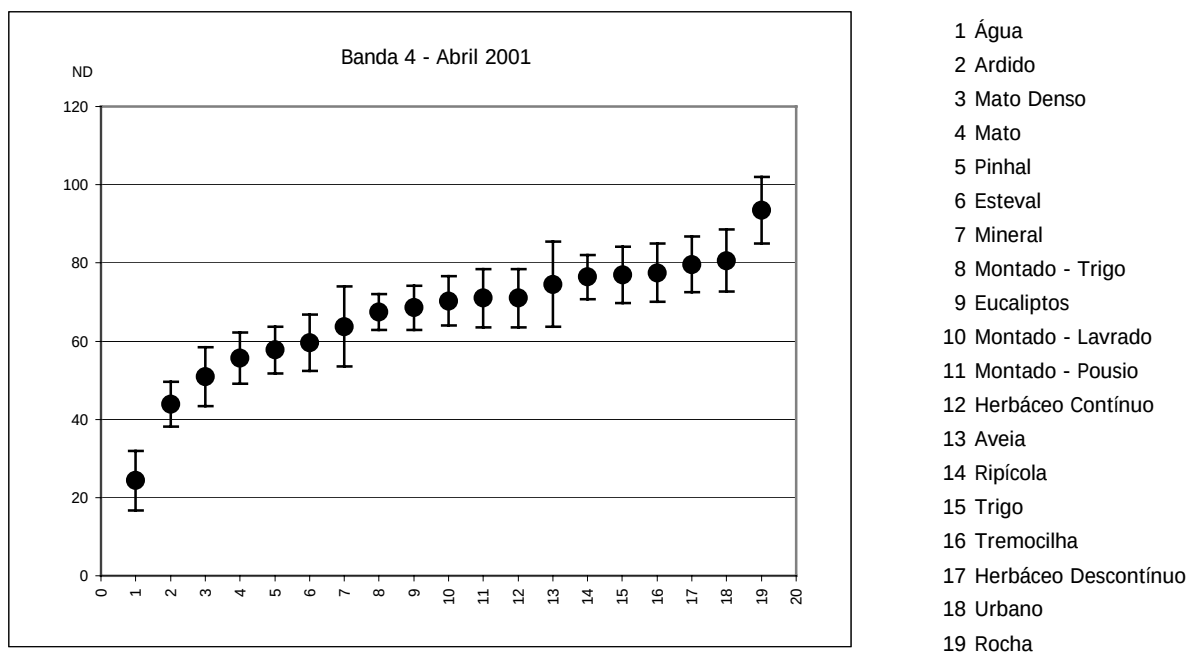


Figura 4.32 – Números Digitais médios e desvio padrão das áreas teste, Banda 4 – Abril 2001.

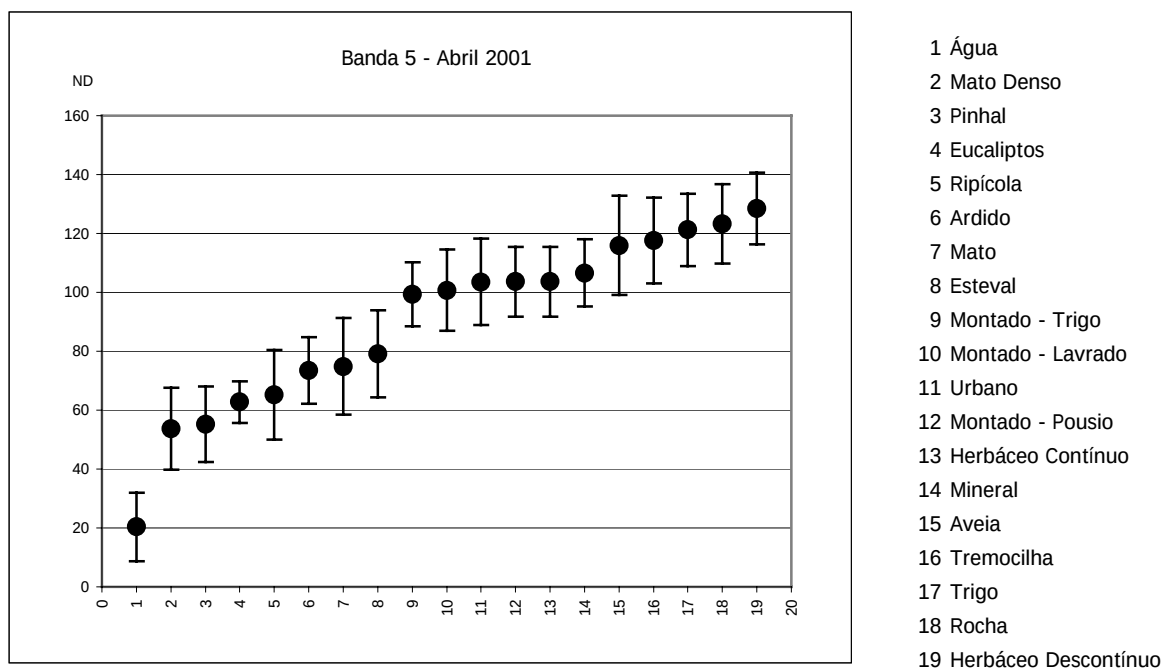


Figura 4.33 – Números Digitais médios e desvio padrão das áreas teste, Banda 5 – Abril 2001.

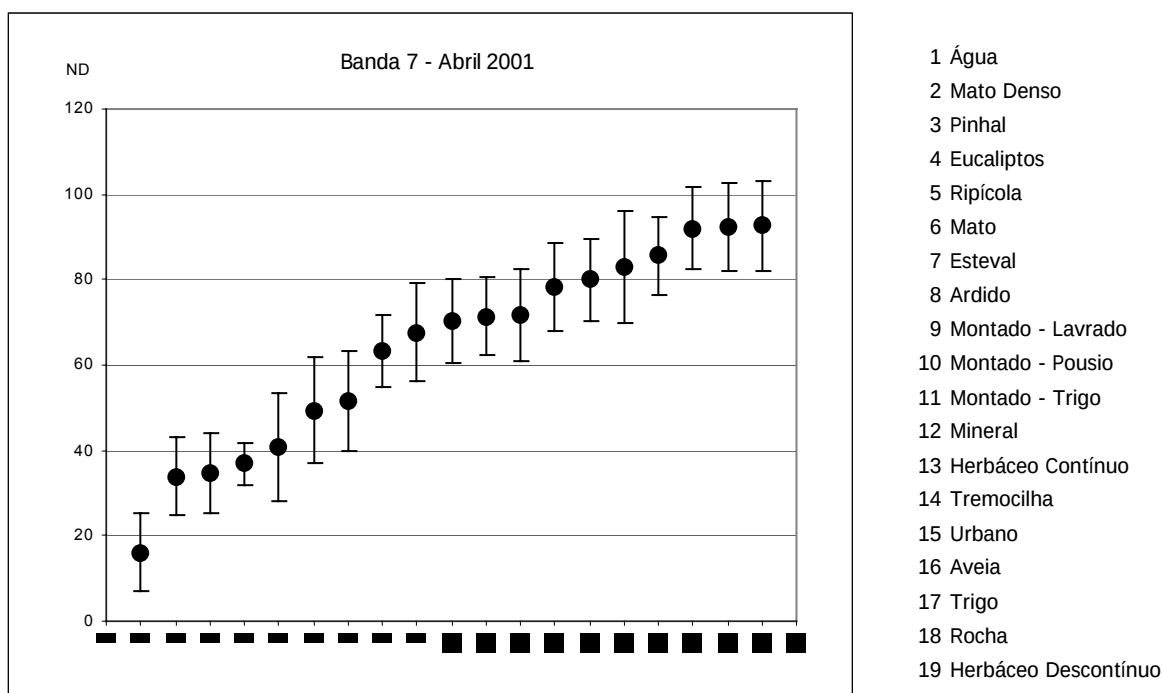


Figura 4.34 – Números Digitais médios e desvio padrão das áreas teste, Banda 7 – Abril 2001.

Convém, antes de proceder à classificação, reflectir sobre a capacidade de discriminação das áreas teste com base na sua análise estatística. Depois da reflexão acerca das confusões potenciais, físicas e temáticas, torna-se claro da observação dos gráficos que os valores médios das classes são por vezes muito próximos. Felizmente os valores mais próximos variam consoante as bandas, implicando isso que as classes com as quais existe confusão numa banda podem constituir um óptimo elemento de discriminação noutras, o que é reforçado pela escolha de utilizar 14 bandas para a constituição da amostra. Não obstante há de facto diferentes valores médios, embora por vezes muito próximos.

Já os valores do desvio padrão apresentam enorme sobreposição, havendo classes inteiramente contidas na margem de variação de outras, embora, como já referido, cada classe seja descrita por 14 bandas e, evidentemente, exista uma infinidade de combinações de valores se a análise for feita pixel a pixel. A maior “área” de confusão, exclusivamente com base na observação dos gráficos, parece estar no domínio agrícola, havendo confusão entre cereais, entre os vários “fundos” do montado e as classes correspondentes, herbáceo contínuo e descontínuo e mineral. No entanto, as diferenças de valores médios parecem assegurar, *a priori*, uma boa discriminação, embora se torne relativamente claro que se terá que proceder a agregações destas classes, criando menos classes mais abrangentes.

As classes olival, pomar e reflorestação foram omitidas dos gráficos, porque depois de efectuada a primeira classificação, embora as áreas teste tivessem alguma pureza, a extrapolação a toda a imagem foi problemática. Não pareceu razoável apresentar os gráficos para todas as bandas, mas pode-se afirmar que grande parte das confusões no domínio não agrícola (mato, mato denso, esteval e ripícola) se esbatem significativamente nas bandas da imagem de Outubro, o que acrescenta capacidade discriminatória e reforça a opção pelo uso das duas imagens em simultâneo. Representando as classes em função de duas bandas, Figura 4.35, é possível ter noção de como um maior número de bandas aumenta a capacidade de discriminação. O que se deve imaginar, embora impossível de visualizar, é a “localização” do ponto médio destas classes num espaço a 14 dimensões, com um desvio padrão para cada banda.

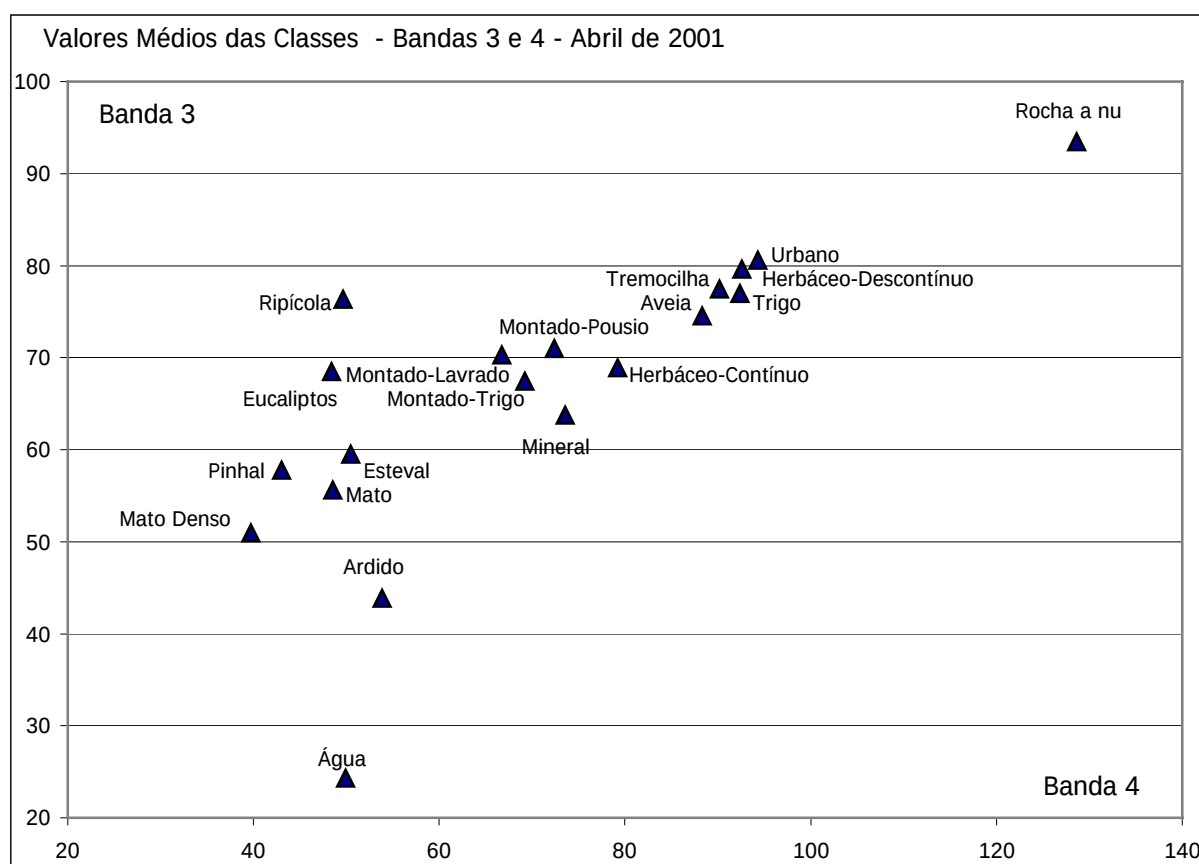


Figura 4.35 – Valores médios (números digitais) das classes nas Bandas 3 e 4, Abril de 2001.

Visualizando duas bandas, transparecem relações lineares entre classes, com diferentes gradientes: à esquerda entre mato denso e vegetação ripícola há um alinhamento das classes arbóreas (passando por pinhal e eucaliptos), paralelamente também esteval e mato parecem seguir a mesma direcção, sendo a variação na banda 3 mais importante do que na banda 4; água e mineral estão bem individualizadas, em dois extremos; há proximidade entre a aveia o trigo e a tremocilha; urbano e herbáceo descontínuo, embora o solo a nu esteja relativamente isolado, pois corresponde sobretudo a terrenos lavrados; esteval e mato estão próximo, não muito longe do montado; o coberto herbáceo contínuo faz a transição para o “grupo” dos cereais.

O que parece mais relevante, constituindo razão para a apresentação de parte da análise estatística das áreas teste das várias classes, é que em termos de método e processo se torna essencial proceder a esta avaliação prévia da capacidade de discriminação das áreas teste e classes escolhidas. Esta análise permite avaliar a adequação da escolha das classes, tanto em termos de limites – confusão física como temática, validando-se assim o processo de classificação até este ponto: “...um esquema de classificação tem duas componentes principais: um conjunto de temas e um conjunto de regras e definições [...] sem um conjunto claro de regras, a atribuição do valor «temático» aos objectos pode ser arbitrária e ter falta de consistência” (CONGALTON, R.G.; GREEN, K. (1998, p. 12)).

A análise estatística prévia indica que essa consistência existe, os objectos são discrimináveis em termos objectivos, radiométricos e o seu significado temático, garantido pela criação de regras e definições (matriz de descritores dos objectos – temas), parece consubstanciar essa “existência objectiva”. Pode-se, portanto, passar à aplicação do algoritmo de classificação.

2.3 Aplicação do Algoritmo de Classificação – Verificação de Resultados

Aplicou-se o algoritmo da máxima semelhança às imagens de 2000 e 2001, com as áreas teste marcadas nas mesmas imagens, por forma a produzir a classificação do coberto vegetal – uso do solo. Conforme explicado a propósito do algoritmo, utilizaram-se três limiares de probabilidade (90, 95, 98 %), tendo-se chegado à conclusão, a partir da análise dos resultados, que ficavam muitos pixels por classificar. Assim, optou-se por aplicar o algoritmo de classificação sem limiar de probabilidade, ou seja, “forçando” à classificação de todos os pixels da imagem pelo algoritmo, atribuindo cada pixel à classe onde a probabilidade fosse maior, em caso de sobreposições.

Visualmente o resultado apresentou bastante consistência, fazendo “sentido”, em função do conhecimento do terreno e das fotografias aéreas, embora houvesse claramente muita confusão entre classes, pois algumas estavam “espalhadas” por todo o território do Concelho, o que não corresponde de forma alguma à realidade. Portanto, antes de apresentar sequer o resultado “visual” da classificação torna-se necessário proceder à análise da qualidade da classificação, confusão entre classes e qualidade intrínseca das áreas teste escolhidas.

Um pouco como referido a propósito das limitações e problemas, na fase de determinação da pré-legenda, os erros estão presentes em todas as classificações, sobretudo em Paisagens com parcelas de pequenas dimensões, heterogéneas e onde grande parte dos objectos – temas são constituídos por pixels mistos. Essas fontes de erro, que no fundo são variáveis básicas da Paisagem, são resumidamente as seguintes (CAMPBELL, J.B. (1996, pp. 377-378):

1. Dimensão das parcelas;
2. Variação nas dimensões das parcelas;
3. Identidade das parcelas (questão da confusão temática);
4. Número de categorias;
5. “Arranjo” das categorias (associação espacial e temática);
6. Número de parcelas por categoria;
7. Formas das parcelas;
8. Contraste radiométrico com as parcelas vizinhas.

Conforme descrito e analisado, a Paisagem do Concelho de Mértola tem todas as condições e características de diversidade e heterogeneidade para maximizar as possíveis fontes de erro. Se se juntarem os problemas ligados à confusão em termos de limites físicos e temáticos, então a possibilidade de erro é extrema. Como se pode, então, avaliar a qualidade e rigor da classificação ? Numa primeira instância, declaradamente, há que analisar a qualidade das áreas teste através de uma matriz de confusão, cuja construção e, sobretudo, interpretação devem ser particularmente cautelosas, pois permitem diferentes “interpretações” (VERBYLA, D.; HAMMOND, T. (1995)). Assim, passa-se a explicar a “mecânica” da matriz de confusão e a forma correcta para proceder à sua interpretação.

Uma matriz de confusão, ou erro, tem um aspecto semelhante à produzida depois da identificação dos descritores das classes (Quadro 4.1). Na sua forma mais comum permite comparar a qualidade da classificação efectuada com um documento de referência, geralmente um mapa. Ora aqui reside a primeira fonte de possível má interpretação, pois no caso das classificações de imagens em que não há um documento de referência do terreno, e se pretende sim produzir informação cartográfica temática, a matriz permite somente verificar a qualidade das áreas teste e quantificar a confusão entre classes nas áreas teste.

Graficamente (Figura 4.36), uma matriz de confusão é constituída por linhas, para cada classe, cujo total corresponde às áreas teste com essa denominação; e colunas cujo total corresponde ao total de áreas classificadas de cada classe. Os totais das linhas permitem quantificar a qualidade das áreas teste (rigor do “produtor”), os totais das colunas resultam da classificação de todas as áreas teste com base no valor delas próprias, permitindo quantificar o rigor do “consumidor”. Mas somente, e este facto é essencial, para as áreas teste, não para toda a imagem.

Classes	Montado	Cereal	Herb-Ct	Esteval	Mineral	Mato	Total
Montado	P1						Y1
Cereal		P2					Y2
Herb-Ct			P3				Y3
Esteval				P4			Y4
Mineral					P5		Y5
Mato						P6	Y6
Total	X1	X2	X3	X4	X5	X6	

Figura 4.36 – Representação esquemática de uma matriz de confusão.

Na primeira linha estarão o número de pixels (ou sua percentagem) que pertencendo às áreas teste que o “classificador” marcou como montado foram classificadas doutra forma; na célula cinzenta (P1) estarão os que efectivamente foram classificados como montado. A relação entre P1 e Y1 (marginais das linhas) representa o grau de pureza das áreas teste montado, quanto mais próximo P1 for de Y1 maior a pureza, em Y1 pixels de áreas teste montado, $P1/Y1 \times 100$ foram classificados como montado. Nas colunas, X1 representa todos os pixels classificados como montado (e não as áreas que o “classificador” definiu como tal), P1 corresponde aos pixels “puros” (são classificados de acordo com as áreas teste, pertencendo-lhes espacialmente), a relação entre X1 (marginais das colunas) e P1 corresponde ao rigor da classificação do ponto de vista do “consumidor”, em X1 pixels de montado, $P1/X1 \times 100$ são efectivamente pixels das áreas teste montado.

Somando os valores P (ao longo da diagonal) obtém-se o total de pixels correctamente classificados, cuja relação com o total de pixels existentes (de todas as áreas teste) vai indicar o rigor global da classificação. A matriz é simétrica, mas os valores de X e de Y são quase sempre diferentes, mais uma vez porque uns indicam a qualidade e rigor do ponto de vista do “produtor”, pureza das áreas teste, os outros indicam a qualidade do ponto de vista do “consumidor”, proporção de pixels classificados em determinada classe e que podem pertencer a outras classes.

Assim sendo existem erros de omissão, quando Y1 não corresponde a P1, proporção de pixels das áreas teste que foram correctamente classificados. De igual forma há erros de atribuição (comission), quando X1 não corresponde a P1, proporção de pixels classificados noutras classes. Naturalmente, a soma dos erros de omissão e atribuição de cada classe constituem o universo, por isso a matriz “acaba” por ser simétrica, os erros compensam-se. Geralmente o erro de omissão indica a qualidade para o “produtor”, o erro de atribuição, a qualidade para o “consumidor”. Passando à análise da matriz de confusão para a classificação das imagens de 2000-2001, valores em percentagem. Por questões de paginação a matriz está duas páginas à frente.

O rigor absoluto da classificação é de **89.008 %**, relação entre a diagonal e o total de pixels. Pode verificar-se que o rigor do consumidor é maior que o do produtor, sendo de **92.11 %** e **87.94 %** respectivamente.

Classes	Pastagem	Charneca	Tremocilha	Montado Trigo	Montado lavrado	Montado Pousio	Aveia	Pousio	Pinhr. Densa	Pinhr. Nova	Pomar	Esteval	Água	Eucaliptos	Ardido	Mato Denso	Olival	Solo a nu	Trigo
Pastagem	4.34				0.02		0.22		0.07	0.13									
Charneca		5.62			0.13		0.02	0.07	0.02		0.75		0.02		0.61				
Tremocilha			0.39															0.03	
Montado - trigo		0.04		2.76	0.13						0.02							0.06	
Montado - lavrado		0.03		2.22	0.02			0.03	0.26	0.02									
Montado - Pousio		0.10	0.09		7.97	0.02	0.38	0.18	0.04	0.02	0.03				0.02				
Aveia		0.03				1.69	0.04		0.02									0.09	
Pousio	0.25	0.02			0.09		6.38	0.02	0.09	0.03				0.03		0.03			
Plantação Pinheiros Densa	0.07	0.12			0.41	0.02	0.12	2.92	0.03	0.04					0.04				
Plantação Pinheiros nova	0.03	0.07			0.03	0.03	0.02	0.02	0.06	9.87	0.02						0.02		
Pomar	0.19						0.07	0.15	0.06	4.60							0.07		
Esteval		0.76					0.07				4.22				0.44				
Água												2.53							
Eucaliptos													3.91		0.02				
Ardido														10.76					
Mato Denso		1.29			0.02		0.03				0.48		0.02		6.23	0.03			
Olival		0.12			0.32		0.02	0.02	0.02						0.03	1.11			
Solo a nu									0.03	0.02							2.54		
Cereal			0.04			0.10	0.06											4.04	
Ripícola		0.02			0.02						0.02				0.13				0
Rocha																			
Urbano									0.04		0.02								
Pinhal		0.15									0.12		0.02		0.56				
Total	4.88	8.35	0.39	2.89	2.25	9.14	1.84	7.42	3.43	10.54	4.86	5.64	2.53	3.96	10.79	8.07	1.17	2.63	4.22
Erro Atribuição (%)	11.07	32.69		4.57	1.29	12.78	7.94	13.97	14.89	6.37	5.39	25.13		1.11	0.27	22.78	5.05	3.35	4.15
Rigor Consumidor (%)	88.93	67.31	100.00	95.43	98.71	87.22	92.06	86.03	85.11	93.63	94.61	74.87	100.00	98.89	99.73	77.22	94.95	96.65	95.85
Rigor Médio Consumidor (%)	92.11																		
Rigor Médio Produtor (%)	87.94																		

Quadro 4.3 – Matriz de confusão para a primeira classificação, 2000-2001.

Existe ainda outra forma de “medir” o rigor da classificação com base na análise matemática da matriz, o coeficiente K. Esta forma de “medir” o rigor inclui informação acerca dos pixels classificados correcta e incorrectamente, o coeficiente resulta da seguinte fórmula (CONGALTON, R.G.; GREEN, K. (1998, pp. 49-51)):

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

Onde r é o número de linhas da matriz de confusão, x_{ii} é o número de observações na linha i coluna i (a diagonal dos pixels bem classificados), x_{i+} e x_{+i} dizem respeito aos totais marginais da linha i e coluna i e N é o número total de observações. O valor de K para a matriz de confusão apresentada é de **0.8851**, valor muito bom.

Passando à análise propriamente dita:

- Existem classes cuja pureza em termos do produtor são muitíssimo boas, perfeitas até: mineral, áreas aridas e água. Estas classes apresentam e representam um contraste radiométrico extremo, como tal faz sentido que a pureza das áreas teste seja excepcional. Também em termos do consumidor o rigor é máximo, excepto para as áreas aridas que têm um pouco de confusão com herbáceo contínuo, certamente não ardeu “tudo”;
- Globalmente os valores de pureza das áreas teste, em termos de rigor do produtor, são excelentes, mas há excepções por várias ordens de razão:
 - o O mato denso, vegetação ripícola, esteval e mato são inerentemente áreas heterogéneas, como tal não só os pixels não são puros como existem numa mesma área pixels que podem ser considerados de diferentes categorias, este facto já foi largamente discutido e justificado. Como tal, embora os valores de pureza das áreas teste sejam baixos, conceptual e paradigmaticamente isso faz sentido, como tal os valores de confusão são de certa forma aceitáveis. As confusões entre estas classes e outras consubstanciam as suas próprias características; mato denso confunde-se com esteval e mato, mato também se mistura com herbáceo contínuo e vegetação ripícola confunde-se sobretudo com mato denso. Faz sentido;
 - o O valor de rigor para pinhal (59.30) é o mais baixo, deve-se claramente à escolha de alguns polígonos das áreas teste respectivas, pois foram marcadas no perímetro florestal de Mértola, onde existe bastante sub-bosque e grande mistura de espécies, daí a grande proporção de mistura com mato denso (0.56 em relação a 2.04);

- o Os valores das plantações de pinheiros, embora dispares, ocultam uma grande confusão, mais qualitativa que quantitativa, pois misturam-se pouco mas com muitas classes.;
- o Pomar e olival apresentam também muita confusão com outras classes, tanto quantitativa como qualitativamente Este facto vem confirmar e validar a opção assumida;
- As misturas que ocorrem entre as subclasses de montado e os “fundos” respectivos eram de esperar e fazem sentido, eventualmente será mais correcto agregar essas classes às classes correspondentes ao “fundo” (mineral e cereal). A confusão entre montado – pousio e as outras classes não é muito grande em termos de valor, mas a mistura ocorre com muitas classes, sobretudo herbáceo contínuo, mas também mato denso, mato e esteval. Como toda a dinâmica do abandono e regeneração implica a coexistência destes três “mundos” – montado abandonado, recuperação do estrato arbustivo e coberto herbáceo, parece ser um facto um pouco incontornável;
- Como seria de esperar existe confusão entre aveia, trigo e, estranhamente, tremocilha. No caso da tremocilha, este facto pode prender-se com algum erro posicional dos polígonos, pois as parcelas de tremocilha eram muito pequenas; a solução é remarcar os polígonos;
- Como também seria de esperar, herbáceo contínuo, descontínuo e mineral apresentam confusão. Se o coberto herbáceo for muito difuso pode confundir-se com solo a nu;
- Em termos do rigor para o consumidor, existem três classes que se confundem muito com tudo: plantações, pomar e olival. É de ponderar a sua remoção como classes, tudo dependendo da análise e verificação visual dos resultados;
- Também do ponto de vista do produtor, mato denso, mato e esteval apresentam confusão com bastantes classes, mas à semelhança do que foi dito em termos de rigor do produtor, esse facto é até certo ponto natural, pois até tematicamente existem dificuldades de estabelecimento de limites e fronteiras entre classes;
- Apesar de tudo, os valores de rigor, o rigor global e o coeficiente K são muito bons, absolutamente aceitáveis e permitem considerar as áreas teste como de grande pureza e qualidade.

Falta, no entanto, proceder a uma observação cuidada da classificação em si, comparando-a com os dados de terreno (fotografia aérea, fotografias tiradas no campo) e com o conhecimento de terreno. Verificou-se a “paridade” entre a classificação, as imagens de 2000 e 2001 e, embora de uma forma não sistemática, avaliou-se o grau de erros ao longo de transectos bem como a consistência dos valores de cada classe. Os resultados podem ser resumidos da seguinte forma:

- A pureza das áreas teste é de facto muito boa, mas a extrapolação a toda a imagem põe outros problemas, embora se tenha procurado cumprir o mais possível os pré-requisitos da marcação de áreas teste, sobretudo em termos de densidade e distribuição espacial dos polígonos. Um dos perigos das más interpretações da matriz de confusão é pressupor, erradamente, que se pode classificar a extrapolação das áreas teste a toda a imagem somente com base na própria matriz. É claro que quanto mais puras forem as áreas teste, quanto menor confusão apresentarem, em termos de proporção e número de classes, melhor, mas a extrapolação a toda a imagem **não pode** ser avaliada com a matriz;
- Efectivamente, algumas classes foram classificadas um pouco por todo o Concelho, de uma forma errónea, que se prende certamente com variações de litologia e com as confusões já existentes nas áreas teste, que são potenciadas na extrapolação. Desta forma as classes de reflorestação, pomares e olivais, por apresentarem “naturalmente” confusão com o fundo (mineral e coberto herbáceo sobretudo), assumiram uma extensão inacreditável, tendo muitas áreas sido erroneamente classificadas;
- A quantidade de montado classificado, resultante do somatório das três subclasses, é claramente excessiva em quantidade e distribuição espacial; novamente a questão do fundo, confusão sobretudo com herbáceo e mineral;
- Como previsto, a confusão entre urbano, afloramentos rochosos e mineral é enorme. As áreas urbanas são bem classificadas, mas também são classificadas como urbanas muitas áreas agrícolas com terrenos lavrados, pastagens ou áreas com pouca vegetação. Passa-se o mesmo com os afloramentos rochosos, sobretudo para o Sul do Concelho. As características dos solos e pouco coberto vegetal de algumas áreas dão ao solo características radiométricas semelhantes a afloramentos rochosos;
- A classe mato tem um “comportamento” dúbio, é claramente a charneira entre mato denso e coberto herbáceo contínuo, está portanto num território mal definido, mesmo assim as áreas de mato principais, interpretadas como mato já muito denso, resultante de abandono, estão bem classificadas e a sua extensão e distribuição espacial é correcta;

- Algumas classes estão excepcionalmente bem classificadas:
 - o Eucaliptos – as manchas principais: Mina de São Domingos, estrada Mértola – Castro Verde, Herdade dos Cachopos e cabeceira de linha de água a Nordeste de Vale de Açor estão completamente classificadas e quase não existem outras áreas classificadas como eucaliptos. Algumas delas, depois de verificadas, eram manchas desconhecidas;
 - o Água – todas as linhas de água principais, onde havia água, bem como as charcas e albufeiras de todas as dimensões estão classificadas, existe somente alguma confusão, nas margens, com áreas ripícolas, mas que na maioria dos casos corresponderá à verdade – existência de vegetação nas margens;
 - o Cereais – agregando aveia e trigo a classificação é praticamente perfeita;
 - o Áreas ardidas – foram inclusive classificadas algumas pequenas parcelas não identificadas na fase de interpretação, existindo confusão mínima com herbáceo contínuo;
 - o Mato denso – embora exista confusão potencial e efectiva, temática e fisicamente, as áreas classificadas como mato denso estão efectivamente localizadas no “sitio certo”. Um facto que pode ter ajudado, como descritor indirecto, foi a sombra. No caso da Alcaria Ruiva as manchas de esteval e mato entre o mato denso estão absolutamente bem classificadas, tendo a verificação sido feita com base em fotografias aéreas e fotografias tiradas durante o trabalho de campo em Abril;
 - o Esteval – também há confusão com outras classes, como mato, montado abandonado ou herbáceo contínuo, não obstante, a distribuição espacial dos estevais, em termos de grandes manchas, está também correcta;
 - o Vegetação ripícola – a quase totalidade dos fundos de vale com vegetação, sujeitos a grandes flutuações de regime de escoamento, foram correctamente classificados. Existe somente alguma confusão, em dois ou três troços, com os alinhamentos de árvores ao longo de estradas, o que até faz sentido, pois a estrada constituiu uma fracção mineral (como o leito) e o contraste da vegetação com a vizinhança é extremo. As áreas classificadas como vegetação ripícola na margem de albufeiras e charcas de maior dimensão fazem todo o sentido, em bastantes casos conhecidos do terreno, a precisão e rigor com que foram classificados é quase uma surpresa;

Embora de uma forma muito reduzida e, talvez, demasiado sintética, parece ter-se debatido e reflectido sobre os aspectos principais da matriz de confusão, bem como do resultado da extrapolação dos dados das áreas teste a toda a imagem. Este resultado pode ser melhorado, tendo-se para esse efeito decidido proceder às seguintes modificações, por forma a proceder a uma nova classificação das imagens:

- Desistir da classificação dos povoamentos florestais recentes, removendo essas classes do conjunto das áreas teste. Como foi sobejamente discutido antes da classificação, em função da análise da matriz de confusão e da extrapolação a toda a imagem, esta opção é absolutamente válida. O grau de confusão com o sinal do fundo e a impossibilidade de o sensor “ver”, à escala do pixel, copas de pinheiros, azinheiras e sobreiros de dimensões mínimas, estando ainda por cima distribuídos espacialmente com baixas densidades, acaba por constituir um facto incontornável. Não deixa de ser uma pena, pois é um uso do solo em claro crescimento, mas terá que se esperar uma década pelo crescimento das árvores ou, em alternativa, conseguir ter acesso aos registos de licenciamento e aprovação de novas plantações e respectivos subsídios. Em termos de Paisagem e dinâmica do sistema serão classificados em função do sinal do fundo, muito mais relevante enquanto as árvores não crescem de facto;
- Pela mesma razão olivais e pomares também serão excluídos. Neste caso as áreas existentes no Concelho são mínimas, portanto em termos de grandes usos de solo do Concelho o “estrago” é irrelevante, o sinal do fundo é mais importante;
- Agregar as classes montado – lavrado e montado – cereal às classes do sinal do fundo, pois em termos de uso efectivo, impacto a nível de degradação e significado produtivo, as classes mineral e cereal são mais importantes. Omiti-las seria, nesta linha de raciocínio, mais grave do que classificar por defeito as áreas de montado consolidado, sobretudo em termos de grande mancha;
- Agregar aveia e trigo, pois o significado espacial das parcelas de aveia não é grande, há a questão inerente da confusão com trigo e na classificação das imagens de 1985 e 1995 não seria possível verificar, garantir, que a classificação era correcta;
- Agregar a classe tremocilha a herbáceo contínuo, pois não há praticamente tremocilha em 2001 e, como foi referido acima, não seria intelectualmente honesto considerar a amostra radiométrica de 2000-2001 como válida para 1985 e 1995 sem se poder verificar no terreno o rigor da classificação;
- Remarcar todos os polígonos da classe pinhal por forma a diminuir a confusão com outras classes, sobretudo mato denso. O problema foi identificado com a marcação de polígonos

na área do perímetro florestal de Mértola, onde existe bastante heterogeneidade “florestal”. Não obstante, as principais manchas de pinhal (Moreanes, o próprio Perímetro Florestal, Herdade do Pulo do Lobo e Corte Sines) foram correctamente identificadas e classificadas;

- Agregar mineral, urbano e afloramentos rochosos. Em essência são o mesmo, componente mineral por oposição ao domínio vegetal. Em termos de significado funcional, no contexto do ecossistema e dos processos de degradação ambiental, esta escolha parece ser justificada e correcta;
- Manter as classes herbáceo contínuo, esteval, mato e mato denso apesar de toda a “confusão”, pois esta é absolutamente intrínseca, inerente e descritora das próprias classes. Esse facto ficou claro, quando se debateu e descreveu a composição do ecossistema, a sua dinâmica, factores de degradação e evolução. Dado que a “fuzziness” faz parte desta Paisagem em geral e destas classes em particular, a questão é assumi-la e incorporá-la na interpretação da classificação, como elemento nativo do sistema. Não obstante, proceder-se-á a uma revisão dos polígonos marcados, pois podem existir erros posicionais na marcação dos mesmos.

As classes que se passarão a considerar apresentam-se de seguida. Acabam por representar somente uma classe a menos do que as classes definidas na pré-legenda (reflorestação). É importante referir, em termos de técnica e desenvolvimento metodológico do processo de classificação de imagens de satélite, que parece essencial considerar como ponto de partida a marcação de algumas subclasses das existentes na pré-legenda. Isso permite uma maior hierarquização da legenda, em termos temáticos e conceptuais, além de permitir avaliar muitíssimo melhor a qualidade efectiva das áreas teste, no contexto da construção e análise da matriz de confusão, bem como da extrapolação a toda a imagem.

Água

Área Ardida

Cereais

Componente Mineral

Esteval

Eucaliptos

Mato

Mato Denso

Montado

Pinhal

Herbáceo Contínuo

Herbáceo Descontínuo

Vegetação Ripícola

Depois de efectuadas todas as modificações, agregações de classes, verificação de polígonos, remarcação de polígonos e mudanças de nomenclatura, os resultados obtidos foram francamente positivos. O rigor geral aumentou 0.865 % e o coeficiente Kappa 0.088, mais importante que o valor geral são as melhorias no rigor tanto do produtor como do consumidor. Como se pode ver na matriz de confusão para esta segunda classificação (Quadro 4.4), houve uma melhoria média do rigor do produtor de 2.06 %, sendo que se registaram melhorias em todas as classes (duas mantiveram-se a 100 %) as maiores melhorias foram: 4.802 % para os cereais, 4.757 % para o pinhal, 3.547 % montado e 2.615 % para herbáceo descontínuo. No rigor do produtor a melhoria média foi de 3.16 %, com aumentos significativos: 9.43 % para o montado, 4.78 % para herbáceo descontínuo, 4.38 % mato e 4.15 % para os cereais. Os valores do rigor médio registam uma melhoria de 0.73 % no rigor do produtor e um decréscimo de 0.14 para o consumidor, mas estes valores enganam, pois há um aumento substancial, existem é menos classes, portanto o valor médio “ressente-se” desse facto.

Embora existam melhorias muito significativas, as classes esteval, mato e mato denso continuam a ser as que apresentam maior grau de confusão. Aliás visualmente a confusão em termos do rigor do produtor parece estar sobretudo “acumulada” no canto superior esquerdo da matriz: herbáceo descontínuo, mato, montado, herbáceo contínuo e esteval. São as classes de vegetação semi-natural e as que dependem de limiares de densidade herbácea e de solo a nu e volta-se a argumentar que parece francamente difícil melhorar muito estes valores, pois não existem de facto pixels puros de qualquer um destes cobertos que são mistos e heterogéneos por natureza. O pinhal e a vegetação ripícola mantêm valores baixos embora o pinhal tenha melhorado bastante, só havendo uma explicação possível: os povoamentos densos e antigos de pinhal não formam de facto um coberto contínuo, misturando-se com o sub-bosque arbustivo e arbóreo.

Com áreas teste de pureza melhorada a extrapolação a toda a imagem só poderia melhorar, o que de facto se verificou. Não obstante, existia ainda uma classificação de montado em excesso, virtude de uma grande confusão com herbáceo contínuo e também havia sobre – classificação de vegetação ripícola, por confusão com mato denso. Optou-se então por fazer mais duas classificações, apurando o mais possível as áreas teste destas duas classes.

No caso do montado a escolha foi no sentido de só considerar as manchas muito densas, pois caso contrário densidades mínimas de azinheiras seriam classificadas como herbáceo contínuo (pousio). Assim sendo o que é classificado como montado são exclusivamente as áreas de grande densidade de azinheiras. Quanto à vegetação ripícola optou-se por polígonos mais “agarrados” às linhas de água, não incluindo tanta extensão de leito e vertente. Procedeu-se novamente, de cada uma das vezes, à análise estatística das áreas teste e das matrizes de confusão, que não se apresentam porque seria um pouco excessivo, além de redundante, na medida em que as alterações de valores são mínimas.

Rigor = 89.8730 %

Coefficiente Kappa = 0.8939

Classes	Pousio BD	Charneca	Montado	Pousio AD	Esteval	Água	Eucaliptos	Ardido	Mato Denso	Solo a nu	Cereais
Pousio BD	6.581		0.021	0.378						0.063	
Charneca		8.621	0.210	0.021	1.072		0.021		0.904		
Montado	0.021	0.168	12.721	0.589	0.042				0.021		
Pousio AD	0.421	0.021	0.147	9.420				0.042			
Esteval		1.135		0.105	6.210				0.531		
Água						3.638					
Eucaliptos							5.635		0.021		
Ardido								15.496			
Mato Denso		1.850	0.021	0.042	0.694		0.021		9.020		
Solo a nu										3.722	
Cereais											6.07
Ripícola		0.021	0.042		0.042				0.140		
Pinhal		0.210			0.102		0.021		0.799		
Total	7.023	12.026	13.162	10.555	8.162	3.638	5.698	15.538	11.436	3.785	6.07
Erro Atribuição (%)	6.294	28.314	3.351	10.753	23.916	0.000	1.106	0.270	21.126	1.664	0.00
Rigor Consumidor (%)	93.706	71.686	96.649	89.247	76.084	100.000	98.894	99.730	78.874	98.336	100.00
Variação	4.78	4.38	9.43	3.22	1.21		0.01		1.65	1.68	4.1

Rigor Médio Consumidor (%)

91.96

-0.14

Melhorias Médias

Produtor

2.06

Rigor Médio Produtor (%)

88.67

0.73

Consumidor

3.16

Quadro 4.4 – Matriz de confusão para a segunda classificação, 2000-2001

Os resultados melhoraram um pouco, em termos das matrizes, não tanto a nível quantitativo mas sim promovendo uma notória diminuição das classes com as quais havia a confusão mais importante. No entanto, os acréscimos globais foram mínimos: mais 0.02 de rigor geral, mais 0.018 de coeficiente Kappa. Quanto à extrapolação para toda a área do Concelho, os resultados foram muito bons, representando muito melhor a “realidade” da Paisagem. Subsistem somente dois problemas: o da confusão dos pinheiros, que já foi referido, e um pequeno aumento da confusão de eucaliptal com esteval que ocorre certamente pelas mesmas razões. Quando a densidade do eucaliptal é pequena, o sinal das estevas, sub-bosque quase exclusivo, torna-se mais significativo. Neste caso seria difícil melhorar os polígonos com base nas fotografias aéreas e interpretação das imagens, como se tem feito para as outras classes, pois a escala da fotografia aérea é demasiado pequena para identificar o sub-bosque dos eucaliptais.

Outra questão que convém frisar, antes de se apresentarem os resultados da classificação em termos de imagem e contagem das áreas de cada classe (Quadro 4.5), é o reflexo do que a confusão entre mineral e herbáceo descontínuo provoca. Esta classe tem uma grande proporção de sinal do solo; ora como em 2001 choveu muito, tendo os alqueives sido abertos muito tarde ou nem sequer abertos, a proporção de solo a nu poderá parecer baixa. Esta classe representa sim os terrenos efectivamente lavrados, estando grande parte das parcelas com coberto mínimo ou incipiente, como os campos de restolho do ano anterior e as áreas em pastagem intensa, incluídas na classe herbáceo descontínuo.

Classes	Pixels	%	Área Aproximada (Hectares)
Herbáceo Contínuo	473214	32.91	42589.26
Mato	280333	19.50	25229.97
Herbáceo Descontínuo	221751	15.42	19957.59
Esteval	131943	9.18	11874.87
Cereal	85520	5.95	7696.80
Mato Denso	65192	4.53	5867.28
Mineral	54485	3.79	4903.65
Montado	31870	2.22	2868.30
Ripícola	27249	1.90	2452.41
Pinhal	22608	1.57	2034.72
Ardido	17274	1.20	1554.66
Eucaliptos	14557	1.01	1310.13
Água	11716	0.81	1054.44
	1437712	100.00	129394.08

Quadro 4.5 – Coberto vegetal – uso do solo no Concelho de Mértola, 2000-2001

A análise destes valores será feita depois da classificação multi-temporal, no entanto, há alguns aspectos que importa referir. Um deles prende-se com a correspondência entre o total de pixels e a dimensão do Concelho. Segundo o levantamento do Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, efectuado em 1960, o Concelho de Mértola tem uma área de 129304 Hectares, multiplicando o número de pixels por 900 metros quadrados (30 X 30 metros), convertendo depois em hectares, a

área total do Concelho na imagem é 129.394.08 Hectares. A diferença é de 90.08 Hectares, em termos percentuais 0.067 %, o que parece aceitável e justificável pela inclusão das áreas do rio Guadiana e albufeira do Chança, até à extrema do País. O facto de o ficheiro vector, limite do Concelho, ser originário do IGeoE garante o seu rigor e pode, até, ser mais correcto que o levantamento efectuado em 1960, tudo indica que sim.

Quanto aos valores do coberto vegetal – uso do solo em si, quando comparados com outros dados de uso de solo de datas anteriores, fazem sentido, sobretudo na proporção de pousio e cereal. Se os valores forem analisados à luz das confusões temáticas e físicas, podem-se resumir nalguns pontos as margens de erro contidas nesta classificação:

- A área de montado corresponde somente ao montado mais denso, não à enorme quantidade de azinheiras “salpicadas” com pouca densidade na Paisagem. Além disso, as áreas de montado com o solo lavrado e searas foram incluídos nas respectivas classes – mineral e cereal – pelo que, também por esta opção, há uma menor quantidade de montado. Não obstante, as duas grandes manchas de montado foram classificadas: a Norte da Serra da Alcaria Ruiva (povoações de Azinhal e Algodor) e na área da Corte Sines, embora neste caso parte das parcelas estivessem lavradas e com cereal;
- Grande parte das áreas de coberto herbáceo descontínuo podem ser incluídas no coberto herbáceo contínuo, pois funcionalmente são ambos terrenos em pousio, como já discutido;
- Parte das áreas de herbáceo descontínuo, no limite da pouca densidade, podem de facto ser áreas de solo a nu, lavradas há mais tempo, ou áreas muito degradadas com um coberto vegetal muitíssimo esparsa e pouco denso, logo classificadas como mineral;
- As áreas de cereal estão, provavelmente, um pouco subestimadas pois como o ano agrícola foi péssimo, em termos de cereais, as searas em pior estado podem ter sido “confundidas” com herbáceo descontínuo. Na prática, a porção de solo a nu e a fracção mínima que o trigo constitui são equivalentes a um coberto herbáceo descontínuo. Só assim se justifica existirem algumas parcelas, claramente de cereal, com manchas de herbáceo descontínuo no seu interior, sobretudo áreas baixas, sujeitas a encharcamento, onde o trigo venceu menos ainda e onde pode ter despontado algum coberto herbáceo. Objectivamente, em termos radiométricos, o sinal é muito semelhante.
- Nas áreas classificadas como mineral estão incluídas as áreas urbanas e os afloramentos rochosos, sobretudo toda a área da Mina de São Domingos até à Ribeira de Chança;

- Entre herbáceo contínuo, mato e esteval há também confusão. Certamente algumas áreas de esteval serão campos abandonados, algumas áreas de mato serão estevais muito densos e com diversidade de espécies e alguns estevais serão pousios com muitas estevas. É a confusão temática e física entre classes, incontornável mas impossível de “resolver”. Como referido antes, seria muito mais grave não discriminar estas classes que existem realmente em termos radiométricos. Aparentemente, quanto mais abrangentes e em menor número fossem as classes menos confusão haveria;
- Pinhal e eucaliptal estão classificados em excesso, porque há confusão com mato denso e esteval; mas também e por isso estão classificados por defeito, provavelmente as diferenças compensam-se em termos quantitativos; espacialmente não é assim tão significativa esta confusão, pois as principais manchas estão correctamente classificadas em toda a sua extensão;
- Mato denso, entendido com o grau de pureza referido na chave da foto-interpretação, está talvez um pouco classificado em excesso, tendo sido classificadas também áreas de mato muito denso, com sombra e em áreas muito declivosas. No fundo uma área de mato muito denso, em termos de definição e composição, corresponde a mato denso, como tal esta confusão não parece grave;
- Também em relação ao mato denso parece haver uma forte correlação entre o seu posicionamento e a exposição das vertentes, maioritariamente viradas a Norte no presente caso. Depois de se reflectir sobre o assunto, a sombra parece ter assumido um importante papel como descritor destas áreas. Além disso, em termos de bibliografia tanto de índole biológica, botânica como ecológica, a exposição e o declive têm um papel fundamental, não só no crescimento e diversificação da vegetação mas também porque afastaram as actividades humanas em virtude da menor insolação.
- Vegetação ripícola tem menos peso que nas primeiras tentativas de classificação, mas como a confusão com mato densa era muita, a opção foi clara: somente as áreas imediatamente junto a leitos e margens de albufeiras é que foram classificadas, portanto o resultado será quase tão próximo da realidade quanto possível, embora subsistam dois ou três troços de estrada classificados como ripícola onde existem alinhamentos de árvores;
- As áreas de repovoamento florestal, não classificadas enquanto classe, deverão estar incluídas em três classes, dependendo do sinal do “fundo”: herbáceo contínuo se foram plantações efectuadas em áreas de pousio consolidado, sem desmatção; herbáceo descontínuo se foram efectuadas em áreas com pouca densidade herbácea ou, tendo sido efectuadas há já algum tempo, com desmatção total, permitiram entretanto o desenvolvimento de coberto herbáceo; mineral se são plantações recentes, com

desmatção total, ou menos recentes mas onde a vegetação não se conseguiu desenvolver ou foi totalmente removida, quando são feitos cortes selectivos das árvores;

- Os olivais e pomares, praticamente inexistentes em extensão ou nunca constituindo grandes manchas, estão também incluídos nas classes do sinal do fundo: herbáceo descontínuo ou mineral se são limpos regularmente, herbáceo contínuo se não o são.

Importa ainda reflectir sobre um aspecto essencial. O facto de se ter procedido a uma agregação da legenda prende-se estritamente com o facto de não ser possível verificar algumas das classes para as datas de 1985 e 1995. Seria eventualmente exequível classificar as outras imagens com base nas amostras espectrais de 2000-2001, mas não seria correcto por manifesta impossibilidade de verificação. Por outro lado, a legenda utilizada para a classificação tem somente menos uma classe que a pré-legenda, cumprindo quase na integra os objectivos, análise e interpretação prévia.

A legenda poderia ser inicialmente considerada um pouco ambiciosa, pois são muitas classes e poderiam existir dificuldades em classificar de facto as principais categorias de cobertos – usos. Sobretudo porque as características intrínsecas deste tipo de vegetação Mediterrânea, dispersa, descontínua e heterogénea, tanto a semi-natural como as espécies arbóreas exploradas pelo Homem, dificultam ao máximo a classificação de imagens e constituem, na realidade, um grande desafio em termos de Teledeteção.

A ambição, eventualmente excessiva, da legenda foi um facto que acabou por não se verificar integralmente, pois tanto o conhecimento de campo como o rigor que se tentou impor à marcação e pureza das áreas teste, parece ter funcionado em pleno. Também o uso do GPS para marcação das parcelas mais pequenas e para, globalmente, assegurar um rigor posicional tão elevado quanto possível, acabou por constituir uma importante mais valia. Parece importante sublinhar que os passos e método adoptados são, por assim dizer, universais, dependendo do grau de empenho e profundidade tanto por parte do investigador, como em função dos objectivos do trabalho e das características da Paisagem. É claro que, apesar de tudo, deve ser possível melhorar esta classificação, embora não mudando o método mas sobretudo acrescentando mais instrumentos, técnicas e meios.

Ou seja, a incorporação da banda pancromática do ETM + e a análise hiper-espectral (spectral unmixing) com base em dados de terreno poderão, claramente, melhorar as possibilidades de classificação. No entanto, as técnicas hiper-espectrais são campos de investigação e conhecimento em si e por si, “fugindo” do uso “clássico” das imagens de satélite por geógrafos para efeitos de produção de cartografia temática. Sendo que este trabalho é claramente sobre a aplicação de métodos e técnicas, poderiam-se utilizar as áreas teste de 2000-2001 para classificar as outras imagens, mas o que parece mais importante no contexto deste trabalho é salientar um método, as técnicas adequadas, as opções que se podem fazer e, sobretudo, as escolhas e fontes de erro que espreitam um pouco ao longo de todo o processo.

Parece difícil atingir patamares elevados de rigor, precisão, discriminação e número de classes sem poder efectuar um extenso, prolongado e aprofundado levantamento de campo quando da passagem do sensor. Não só utilizando cartografia de base e fotografias aéreas mas também, por vários meios, efectuando um levantamento fotográfico, em vídeo ou câmara digital, da maior proporção possível da área a estudar e de áreas específicas, distintas, que se enquadram claramente nos objectivos do trabalho a realizar. A única forma de não sucumbir aos “encantos” dos meios, a Teledetecção, é ter definido clara e previamente os objectivos e fins de determinado estudo, somente dessa forma a utilização dos meios (a Teledetecção) pode ser equilibrada e frutífera.

Classificar uma imagem de satélite é e será sempre um acto de compromisso. Não existem classificações perfeitas, pois para se conseguir classificar alguns cobertos passa-se a ter mais dificuldade em classificar outros. O equilíbrio que se tentou encontrar, ao classificar as categorias de cobertos – usos “efectivamente” existentes, com cariz funcional próprio, ecologicamente distintas e válidas tanto quanto possível, em termos de percepção global, parece ter resultado. Claro que levantou mais questões do que aquelas a que respondeu: qual coberto vegetal – uso do solo do Concelho de Mértola.

Em termos de abordagem parece ser claro que é possível classificar mais objectos – temas do que os adoptados para a legenda final, embora isso implique grandes confusões entre classes. Ao longo desta parte do trabalho reflectiu-se sobre vários métodos e técnicas que são essenciais para garantir o sucesso da classificação: é esse um dos principais objectivos desta tese. Desde o uso do GPS ao conhecimento do terreno, passando pela diversificação dos tratamentos e análises prévias das imagens no apoio à interpretação, ao claro conhecimento do tipo e dinâmica do ecossistema, tudo deve concorrer e convergir para melhorar as capacidades de interpretação e execução da classificação, bem como da sua análise posterior.

Apresentam-se uma imagem geral e dois pormenores da classificação, pois como anteriormente referidos, no contexto da análise prévia das imagens, tenciona-se fornecer todas as imagens num CD. É compreensível que não se possa apresentar muito mais imagens junto com o texto, embora se gostasse muito de o fazer. Ficam entretanto estes exemplos da classificação, depois da aplicação de um filtro de baixa frequência, neste caso mediana, por forma a remover o “sal e pimenta” e a tornar mais consistentes as manchas sem contudo alterar valores.

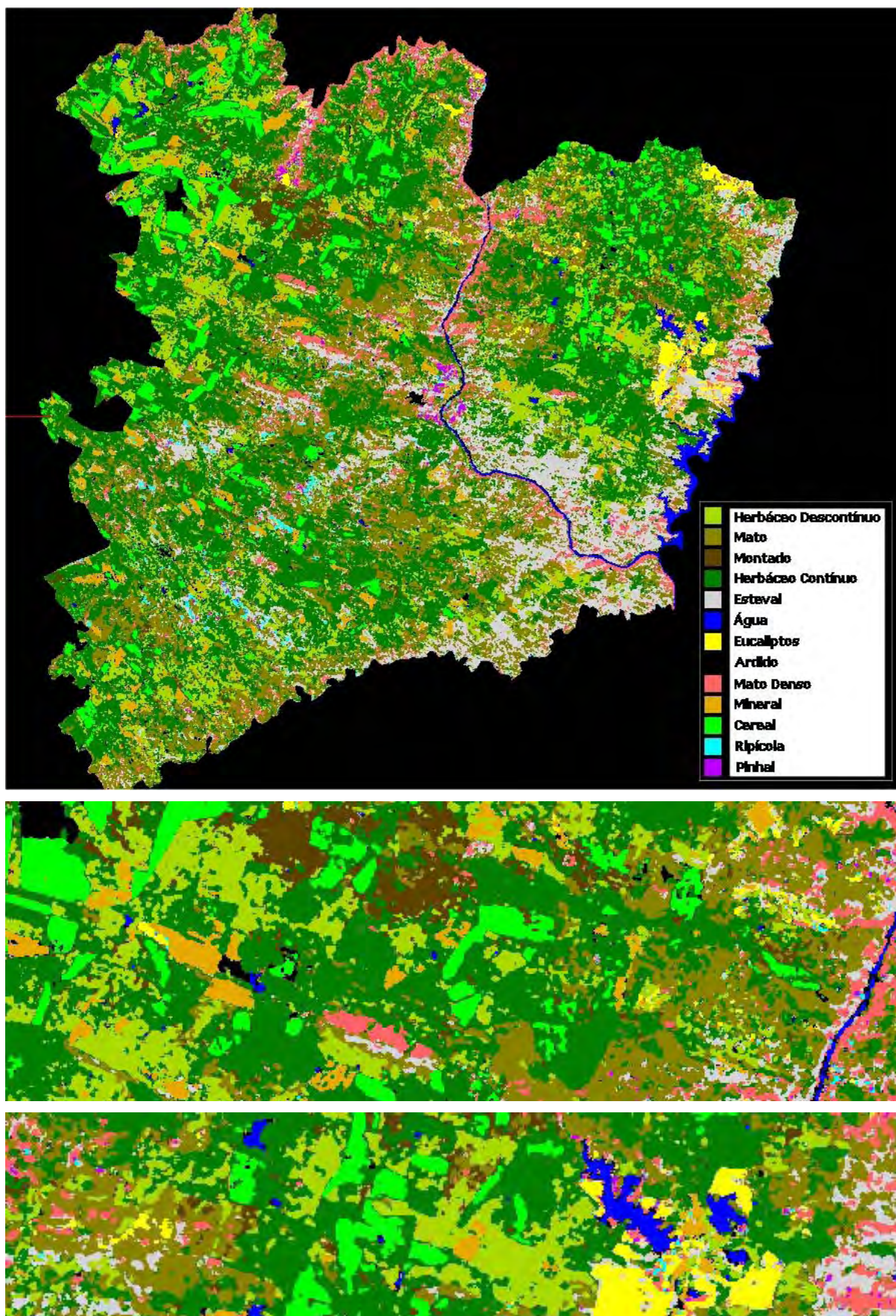


Figura 4.37 – Classificação 2001-2000, ao centro área da Alcária Ruiva - Azinhal, em baixo Moreanes
– Mina de São Domingos.

Devem-se referir alguns aspectos relativos à qualidade e precisão da classificação. Conseguiram-se verificar e identificar áreas de excepcional rigor em pontos conhecidos, algumas delas são:

- Eucaliptos à beira de troços de estrada, onde as manchas são maiores;
- Manchas ínfimas de vegetação ripícola em charcas e pequenas albufeiras;
- As cambiantes de esteval, mato e mato denso na Serra da Alcaria Ruiva;
- As manchas mais densas de eucaliptos na Mina de São Domingos e um pequeno povoamento perto do Vale Covo;
- As manchas mais densas de montado;
- Os pinhais mais densos, sobretudo duas manchas com menos de 12 pixels perto da Moreanes e no caminho da Neta para a Corte Sines, perto do Barranco do Vale Covo;
- Os pequenos e alongados “arrifes” do Sul do Concelho estão correctamente classificados;
- Muitas estradas e caminhos no Sul do Concelho são visíveis;
- As manchas de pinheiros no Perímetro Florestal de Mértola;
- A vegetação ripícola ao longo de alguns pequenos vales;
- As poucas azinheiras sobre a albufeira de Vale Formoso correctamente classificadas.

É natural que se tente identificar, com base no conhecimento de campo, cobertura fotográfica e fotografias aéreas, áreas com as quais se está mais familiarizado, mas há que ter algum cuidado. Quanto maior for o conhecimento do terreno e mais prolongada for a relação com a área de estudo melhor, mas esse facto pode acabar por ter um efeito psicológico perverso. Na realidade, quanto mais áreas, objectos, coerência e precisão se reconhecem na classificação melhor, mas existe uma tendência para esquecer, sub-conscientemente ou não, todo o resto que não é familiar. Neste caso e para evitar esse facto utilizaram-se cerca de três centenas de fotografias tiradas quando da passagem do sensor, em Abril de 2001, pois só assim se podem verificar áreas muito extensas.

É óbvio que se está a desempenhar um pouco o papel de advogado do diabo, pois é natural que quanto mais objectos e rigor se conseguem identificar mais provável é que a classificação seja de facto rigorosa. Mas essa identificação só pode ser objectiva se for o mais completa possível, o que na maior parte dos casos é impossível ou vai contra as próprias necessidades de investigação, que levaram em primeira instância ao próprio uso de documentos da Teledetecção. Não se pode efectivamente tomar o todo pela parte, mas quanto maior for a parte melhor.

Embora não se tenha encontrado nenhuma bibliografia sobre esta questão, a “parcialidade” dos critérios de interpretação – visualização de quem faz foto – interpretação e trabalha com imagens de satélite, há certamente factores psicológicos e de percepção que devem ser o mais neutralizados e minimizados possível, recorrendo a meios de verificação de resultados tão objectivos quanto possível. Não em alternativa, mas em complementaridade, a reflexão e problematização das confusões, misturas e fontes eventuais de erro é um passo claro no sentido de uma maior objectividade na análise e interpretação dos resultados.

A prova da sensibilidade da análise e interpretação das imagens e classificações às características do observador pode ser ilustrada pela alegoria da caverna de Platão: “Por cima e atrás deles um fogo arde à distância, entre o fogo e os prisioneiros existe... um ecrã que actores de marionetes colocaram à sua frente e sobre o qual mostram as marionetes... [os prisioneiros] vêem somente as suas próprias sombras, ou as sombras de uns e outros que a luz do fogo projecta na parede da caverna... Para eles a verdade seria literalmente nada mais que as sombras das imagens [...]

Tal como os prisioneiros na caverna de Platão, todos percebemos o mundo segundo o contexto da nossa experiência, a diferença entre realidade e percepções da realidade é por vezes tão confusa como as sombras para Platão. Entre indivíduos, de dia para dia, as observações e percepções variam consoante o conhecimento, experiência e estado de espírito” (Platão, A República, Livro VII, 515-B, citado por CONGALTON, R.G.; GREEN, K. (1998, p. 67)). Por isso também existe mais esta margem de confusão na interpretação e análise das imagens, fotografias aéreas e da própria “verdade do terreno”. Consequentemente devem-se definir muito bem as classes e considerar sempre margens humanas e subjectivas de “erro”.

Mas, segundo os critérios disponíveis e “exequíveis” de verificação de qualidade, a classificação pode ser aceite, em termos de grau de discriminação, consistência temática, geográfica, paisagística e ecológica. Pode-se assim prosseguir para a classificação multi-temporal, que levanta uma série de outros problemas, aceitando a metodologia, técnicas e opções tomadas até este ponto como válidas.

No entanto, antes disso, importa referir muito de passagem um exemplo de aplicação prática da “fuzzy logic” à Teledetecção.

2.4 “Fuzzy Logic” e Matrizes de Confusão

Como anteriormente referido, a propósito da “fuzzy logic”, em Problemas e Limitações na Definição da Pré-Legenda (Ponto 1.1.4), gostaríamos de apresentar uma aplicação prática, embora muito simples, desta possibilidade de abordagem conceptual. Conforme se tem tornado relativamente evidente, existem de facto problemas de definição e “traçado” de fronteiras entre classes, pois há confusão resultante dos pixels mistos e indefinição temática quanto ao limiar a partir do qual, por exemplo, um pousio muito antigo passa a ser mato. Conhecem-se os critérios para a definição desta fronteira, previamente definidos, que se prendem fundamentalmente com o aparecimento, diversificação e dominância de um porte arbustivo denso, mas é praticamente impossível quantificar estes critérios.

Assim, segundo as definições de ZADEH, L.A. (1965), a pertença de um elemento a uma classe é uma questão de grau de pertença e não uma questão binária, verdadeiro – falso, pertence – não pertence. A “fuzzy logic” reconhece que, nas margens de classes que dividem um contínuo, um elemento pode pertencer a duas classes, “A assunção subjacente à teoria dos «fuzzy sets» é que a transição entre

pertença e não pertença é raramente uma função escalonada” (GOPAL, S.; WOODCOCK, C. (1994, p. 183). Assim, por exemplo, uma área de coberto herbáceo descontínuo (pastagem ou área degradada) com 50 % de solo a nu, tanto pode ser classificada como mineral ou como herbáceo descontínuo; uma área de esteval denso, já com outras espécies, pode eventualmente ser classificada como mato.

Passa-se o mesmo com quase todas as classes, há uma franja, por assim dizer, nas fronteiras temáticas e físicas da sua definição que são dúvidas. Observando a matriz de confusão este facto torna-se evidente, embora existam também erros potenciais (e efectivos) de marcação e delimitação dos polígonos das áreas teste, dependendo tudo da escala. Em termos do rigor do produtor, somente as classes água, ardido, mineral e ripícola apresentam 100 % de rigor, sem confusão com outras classes, embora para o consumidor, áreas ardidas tenham confusão com herbáceo contínuo e mineral com herbáceo descontínuo, o que faz todo o sentido.

Se se aceitar como paradigma esta regra de dupla pertença potencial de um elemento, numa área de fronteira entre classes, se se assumir a matriz de confusão como única forma de “medir” e quantificar o grau de confusão entre classes, se se assumir também que é nas fronteiras entre classes que existe confusão, então pode-se aplicar a “fuzzy logic” à matriz de confusão. Esta aplicação é defendida, exemplificada e sustentada por vários autores, GOPAL, S.; WOODCOCK, C. (1994), CONGALTON, R.G.; GREEN, K. (1998) e HILL, T.B. (1993), consistindo em várias formas de “alterar” e “modificar” a própria matriz, “adaptando-a” à “fuzziness” dos dados da Teledetecção e indefinição das fronteiras entre classes temáticas.

Pragmaticamente, em termos gerais, a aplicação da “fuzzy logic” às matrizes de confusão consiste em considerar que existe um ponto, numérico, até ao qual é aceitável um elemento pertencer a duas classes, pois as confusões existem nas fronteiras gradativas. Adoptou-se esta ideia, modificando-a um tanto “livremente”, por forma a exemplificar o valor deste instrumento conceptualmente muito poderoso e que apresenta uma interessante vantagem, embora possa ser sempre considerado como um “malabarismo” aritmético para melhorar as matrizes. Matrizes essas que, como convém sempre lembrar, indicam a qualidade potencial da extrapolação das áreas teste a toda a imagem, mas incidem e expressam, exclusivamente, a qualidade das mesmas para a sua própria área.

Tomando a última matriz apresentada como ponto de partida (Quadro 4.4), resolveu-se construir um modelo numérico de confusão entre classes, aceitando uma regra “confusa” em que existem respostas absolutamente correctas, em termos da classificação dos pixels, e respostas aceitáveis. Por uma questão de simplicidade de demonstração e raciocínio assumiu-se que a confusão ocorre no mesmo grau entre todas as classes, excepto as que para o produtor têm um rigor de 100 % (água, ardido, mineral e cereal). Poderia assumir-se que há classes com maior e menor grau de confusão nas suas fronteiras, mas considerou-se o “grau” de confusão nas fronteiras igual, quantificando essa confusão em 10 %. Ou seja, os primeiros e últimos 10 % de pixels de cada classe podem, teoricamente e à luz da “fuzzy logic”, pertencer a ambas as classes, dos dois lados da fronteira.

Embora o valor de 10 % seja arbitrário parece ser absolutamente razoável, podendo-se indicar exemplos: se herbáceo descontínuo tem 40 % de solo a nu, tanto pode ter 50 % como somente 30 %, continuando a ser herbáceo descontínuo e não solo a nu, no limite inferior, ou herbáceo contínuo, no limite superior. Identicamente, mato denso, mato, esteval ou herbáceo contínuo, se definidos por critérios de densidade, diversidade ou taxa de cobertura, passarão a ter uma “margem” de +/- 10% na sua fronteira e não uma “linha” 0 – 1, pertence – não pertence. Afigura-se como francamente aceitável, justificável, palpável e real.

Como se procede então, em termos da modificação dos valores da matriz de confusão ? Se existe uma “margem” de 10 %, então, todos os valores de confusão com outras classes ao longo das linhas (perspectiva do produtor) inferiores a 10 %, passam a ser agregados aos pixels correctamente classificados de cada classe (Quadro 4.6, valores na coluna 10 % Fuzzy), pois é esse o grau de “fuzziness”. Os valores totais de cada classe ficam, naturalmente, inalterados, mas a consequência mais directa é o rigor geral aumentar drasticamente, subindo para 95.235 %: quase todas as classes passam a ter um rigor de 100% e a matriz fica graficamente muito mais “limpa” de confusão. Também o rigor para o consumidor, em quase todas as classes, passa a ser extremo (média geral 96.59 %), melhorando 6.01 %, enquanto o rigor do produtor melhora em média 8.16 %.

A grande questão que se põe agora, depois da “incorporação” da “fuzziness”, é sobretudo a nível interpretativo, pois objectivamente este passo é um artifício aritmético e conceptual. É óbvio que os aumentos de rigor fazem todo o sentido, pois existe de facto indefinição de fronteiras entre classes, i.e., se uma equipa de várias pessoas efectuasse um levantamento do coberto de parcelas, no terreno, com os cobertos claramente categorizados e definidos, haveria sempre uma confusão e subjectividade de critérios. Objectivamente as fronteiras são mesmo confusas, portanto até se pode considerar 10 % como um limiar baixo mas razoável e bem adaptado para efeitos demonstrativos, estritamente em termos de matriz de confusão e do seu significado restrito às áreas teste.

Aceitando a validade da transformação, em termos práticos e conceptuais, emerge um aspecto extremamente interessante desta transformação, os valores de confusão que se mantêm e que, segundo esta lógica, são efectivamente os que extravasam a margem confusa das fronteiras. Estes valores são, eventualmente, o produto mais frutífero desta transformação, senão veja-se: é o mato, o mato denso, a vegetação ripícola e o pinhal que continuam a ter erros de omissão para o produtor. Mato mistura-se com esteval numa proporção de 12.081 %, o que faz um tremendo sentido, pois as estevas são uma parte nuclear da classe mato, tal como do mato denso, embora em menor proporção, 10.188 %. É um facto, é insofismável, torna-se muito mais claro depois da aplicação da “fuzzy logic” aos resultados da matriz.

Rigor = 95.235 %

Classes	Pousio BD	Charneca	Montado	Pousio AD	Esteval	Água	Eucaliptos	Ardido	Mato Denso	Solo a nu	Cereais	Ripícola	Pinhal	Total
Pousio BD	7.043													7.043
Charneca		8.873			1.072				0.904					10.849
Montado			13.562											13.562
Pousio				10.051										10.051
Esteval					8.002									8.002
Água						3.638								3.638
Eucaliptos							5.656							5.656
Ardido								15.496						15.496
Mato Denso		1.850							9.945					11.795
Solo a nu										3.722				3.722
Cereais											6.077			6.077
Ripícola									0.140			0.820		0.960
Pinhal									0.799				2.350	3.149
Total	7.043	10.933	13.562	10.051	9.074	3.638	5.656	15.496	11.788	3.722	6.077	0.820	2.140	100.000
Erro Atribuição (%)		16.921			11.814				15.635					
Rigor Consumidor (%)	100.000	83.079	100.000	100.000	88.186	100.000	100.000	100.000	84.365	100.000	100.000	100.000	100.000	
Variação - Melhoria	6.294	11.392	3.351	10.753	12.102		1.106	0.270	5.492	1.664			7.689	

Rigor Médio Consumidor (%) 96.587

Melhorias Médias

Produtor 8.165

Rigor Médio Produtor (%) 94.319

Consumidor 6.011

Quadro 4.6 – Matriz de confusão modificada em função de 10 % de “fuzziness”.

Por seu turno, mato denso mistura-se com mato em 18.602 %. Se o mato é um mato já muito denso, cuja evolução final é basicamente o tipo de coberto que se considerou como mato denso, então hierárquica e cronologicamente esta mistura também faz sentido. O mesmo se passa com o pinhal, pois as áreas teste consideradas são pinhais já antigos, bastante desenvolvidos, não contínuos, onde o sub-bosque se pode desenvolver e cujas características se aproximam claramente do mato denso, embora talvez menos diversificado; daí a confusão de 34.00 %, bastante elevada mas compreensível e reflexo da realidade. Claro que se pode argumentar que tudo poderia ser rectificado e melhorado, do ponto de vista do rigor do produtor, melhorando a marcação das áreas teste. Mas parece ser uma falsa questão, pois existe a limitação da resolução espacial do sensor, que torna quase irrelevante a busca por pixels puros destas classes, que são espacial e radiometricamente heterogêneas por natureza, nesta área.

Um outro aspecto, também extremamente interessante, prende-se com as misturas e confusões em termos do rigor do consumidor, assumindo e relembrando sempre que a matriz de confusão diz somente respeito às áreas teste, embora seja declaradamente um indicador da qualidade potencial da sua extrapolação a toda a imagem, no processo de classificação, e que a aplicação da “fuzzy logic” se fez somente ao longo das linhas da matriz, na perspectiva do rigor do produtor. Mais uma vez mato tem uma porção de mato denso e esteval tem uma porção de mato, mas o mais interessante passa-se com o mato denso. Parte é mato (7.669 %), parte é vegetação ripícola (1.187 %) e parte é pinhal (6.778 %). Mas como pinhal e ripícola não têm erro de atribuição, ou seja, todas as áreas de pinhal e vegetação ripícola são classificadas como tal nas áreas teste, existe sim uma sobre-classificação que se faz, seguramente, em detrimento do mato denso.

Em termos de extrapolação a toda a imagem é efectivamente isso que se passa, as principais áreas de pinhal e vegetação ripícola estão correctamente classificadas e há porções de mato denso que foram classificadas como vegetação ripícola e pinhal. Assumindo os valores da matriz como válidos para a extrapolação à imagem, o que só pode ser feito com certa cautela e devidamente enquadrado nas limitações já referidas, então, potencialmente, o mato denso está classificado por defeito na ordem de 15.635 %, inversamente existe menos 6.778 % de pinhal, 7.669 % de mato e 1.187 % de vegetação ripícola. Visto que se assumiu uma confusão de 10 % a nível do rigor do produtor, se se aplicar esse limiar também ao nível do rigor do ponto de vista do consumidor, então deixaria de haver confusão e mistura na classe mato denso.

Partindo deste pressuposto, 10 % de confusão também do ponto de vista do consumidor, existiria somente confusão efectiva entre mato e esteval (20.849 %) e esteval e mato (13.396 %), dito de outra forma, potencialmente 20.849 % das áreas classificadas como mato serão pixels de esteval e 13.396 % dos pixels das áreas classificadas como esteval são mato. É uma proporção nitidamente aceitável, em termos de composição vegetal de cada uma das classes, como se pôde ver pela descrição da composição e dinâmica deste tipo de ecossistema.

No cômputo geral a aplicação de margens de confusão à matriz de confusão faz todo o sentido, pressupõe que mentalmente se incorpore essa confusão quando se visualiza, identifica e interpreta as imagens e a classificação, além de permitir aprofundar seriamente a matriz de confusão. Em termos práticos, a aplicação da “fuzzy logic” à matriz de confusão funciona como a aplicação de um filtro de baixa frequência aos valores da matriz, o resultado é o mesmo: o filtro de baixa frequência, ao homogeneizar a imagem, torna cada pixel mais semelhante com a sua envolvente, permitindo uma melhor discriminação de áreas homogêneas.

Interiorizando a incerteza, aceitando a abordagem conceptual da “confusão” e aplicando-a às matrizes de confusão com as devidas precauções e cuidados em termos de interpretação, sobretudo não a utilizando para “esconder” uma má escolha de áreas teste, esta técnica permite aprofundar seriamente a análise da matriz de confusão. Este aprofundamento é claramente qualitativo, pois a remoção dos “residuais dos residuais” torna mais claro o processo de identificação das misturas e confusões mais significativas, permitindo um enfoque mais direccionado e menos disperso. Como tal, se e quando existe de facto “fuzziness” entre classes, esta técnica é francamente aconselhável, mais em termos de aprofundamento da análise da qualidade potencial da classificação do que como instrumento de melhoramento dos valores de rigor das matrizes. Depois da introdução, aplicação e reflexão acerca deste exemplo de aplicabilidade da “fuzzy logic”, pode-se então passar a outra ordem de problemas e escolhas metodológicas, a classificação multi-temporal.

3. Classificação Multi – Temporal

Neste ponto do trabalho a classificação para 2000-2001 pode considerar-se como aceite em termos de rigor e precisão, quanto à qualidade das áreas teste (com ou sem “fuzzy logic”) e quanto à qualidade final da extrapolação a toda a imagem. As margens e áreas de confusão estão claramente identificadas e justificadas. Como tal, pode-se proceder à classificação das outras duas datas, 1985 e 1995, recorrendo a mais quatro imagens, o que levanta uma série de outras questões e obriga a uma escolha cautelosa e ponderada de soluções.

Além das dificuldades, limites e compromisso associados à classificação de imagens para uma data, a classificação multi-temporal representa um problema mais sério, pois não é geralmente possível obter dados de terreno para as datas de todas as imagens e, sobretudo, não é por isso possível verificar devidamente os resultados, como refere CONGALTON, R.G.; GREEN, K. (1998, p. 67), “Até à data, não foi ainda desenvolvida qualquer técnica standard de avaliação de rigor para detecção de mudança”.

No caso deste estudo existe fotografia aérea para 1985 e 1995, mas não há fotografias do terreno nem “verdade do terreno” para essas datas, pois não se estava de facto no terreno na data de obtenção das imagens, portanto existe somente a fotografia aérea foto-interpretada, o que até é

muito bom, mas limitado. Assim sendo, algumas sub-classes que se utilizaram inicialmente, poderiam eventualmente ser classificadas, mas não verificadas, o que é pouco rigoroso e incorrecto.

Por princípio poder-se-ia “extrair” a assinatura espectral das várias classes, as suas variáveis estatísticas, aplicando de seguida os valores dessas áreas teste às outras imagens, é um procedimento comum. No entanto, quando isso foi feito, somente para avaliar o grau de desajustamento, verificou-se que o resultado era muito enganadoramente consistente, fazia sentido, mas estava longe, muito longe de ser correcto. A impossibilidade de proceder à construção de uma matriz de confusão para cada classificação piorou ainda mais esse facto, pois não se poderia ter qualquer instrumento de avaliação da qualidade, na medida em que as imagens tinham sido classificadas, directamente, a partir de amostras estatísticas não espacializadas.

Embora seja comum efectuar classificações dessa forma, recolhendo a assinatura espectral estatística das classes, existem muitos factores de erro: quanto mais mistos forem os pixels e maior for a confusão entre classes pior. Para se poderem efectuar análises multi-temporais existem na realidade dois requisitos prévios essenciais:

1. Correção geométrica das imagens – O grau de precisão da sobreposição entre imagens tem que ser tão elevado quanto possível, caso contrário as áreas de terreno não coincidem de facto nas várias imagens. Por essa razão se “investiu” tanto quanto possível na geo-referenciação de uma imagem a partir de coordenadas nas cartas de base, verificando e melhorando essa referenciação, tendo depois registado as restantes imagens a essa imagem, por forma a minimizar ao máximo o desajuste espacial, o que foi conseguido com bastante sucesso como referido na fase de pré-processamento (Capítulo III, Ponto 4);
2. Homogeneização Radiométrica – Dado que as condições de observação do sensor variam, bem como a sua calibração e, sobretudo, as condições atmosféricas, os números digitais das imagens devem ser absolutamente homogéneos, caso contrário, a assinatura espectral de pixels do mesmo coberto varia de imagem para imagem. Existem duas formas de resolver este “problema” (CHUVIECO, E. (1996, pp. 432-433)): calibrar os Números digitais (ND) de forma absoluta, correção atmosférica pura, ou equiparar os ND entre imagens.

Aqui reside o maior problema e razão pela qual não é possível, desejável e correcto, aplicar a amostra estatística das áreas teste das imagens 2000-2001 às de 1985 e 1995. Embora se tenha inicialmente previsto a correção atmosférica das imagens, o algoritmo utilizado não se mostrou suficientemente eficaz para se ter sequer referido a sua aplicação. Na realidade, a maioria esmagadora dos pacotes de Software para tratamento de imagem usa modelos de correção atmosférica expeditos, mas empíricos, não baseados nos dados efectivos da Atmosfera no momento de obtenção das imagens.

O modelo de correcção atmosférica do Software ENVI calibra a imagem, para valores exo-atmosféricos com base na data de obtenção (altura do sol, latitude, radiação bruta), segundo a tabela de calibragem do sensor, disponibilizada pela Landsat (ENVI (1997, pp. 295-296)). Este facto levanta logo um problema, existem imagens de dois sensores distintos, TM e ETM +, com diferentes parâmetros de calibragem, que, infelizmente, não se podem incorporar no software. Por outro lado, e francamente mais importante, como foram utilizadas duas imagens para cada classificação, as variações das condições da Atmosfera são muito grandes e multiplicadas por três.

Ou seja, mesmo que se calibrasse com modelos empíricos, nunca se obteria uma homogeneização perfeita, pois não se possuem dados relativos à Atmosfera para as datas de obtenção das imagens, que deveriam ser lidas no terreno, no momento da passagem do satélite, com um espectrorradiómetro. Só assim, conhecendo a radiação efectiva que atinge a superfície, se poderia avaliar as condições da Atmosfera, subtraindo a radiação incidente à superfície à incidente no topo da Atmosfera. Como isso não é possível a solução terá que ser outra. Mas, a alternativa seguinte é a equiparação dos dados, o que parece um pouco “elaborado”, na medida em que distorce os ND originais tornando-os “aritmeticamente” compatíveis. Não é uma boa solução, pois seria declaradamente preferível manter os ND das imagens tão próximos quanto possível dos registados pelo sensor, portanto “mais puros”.

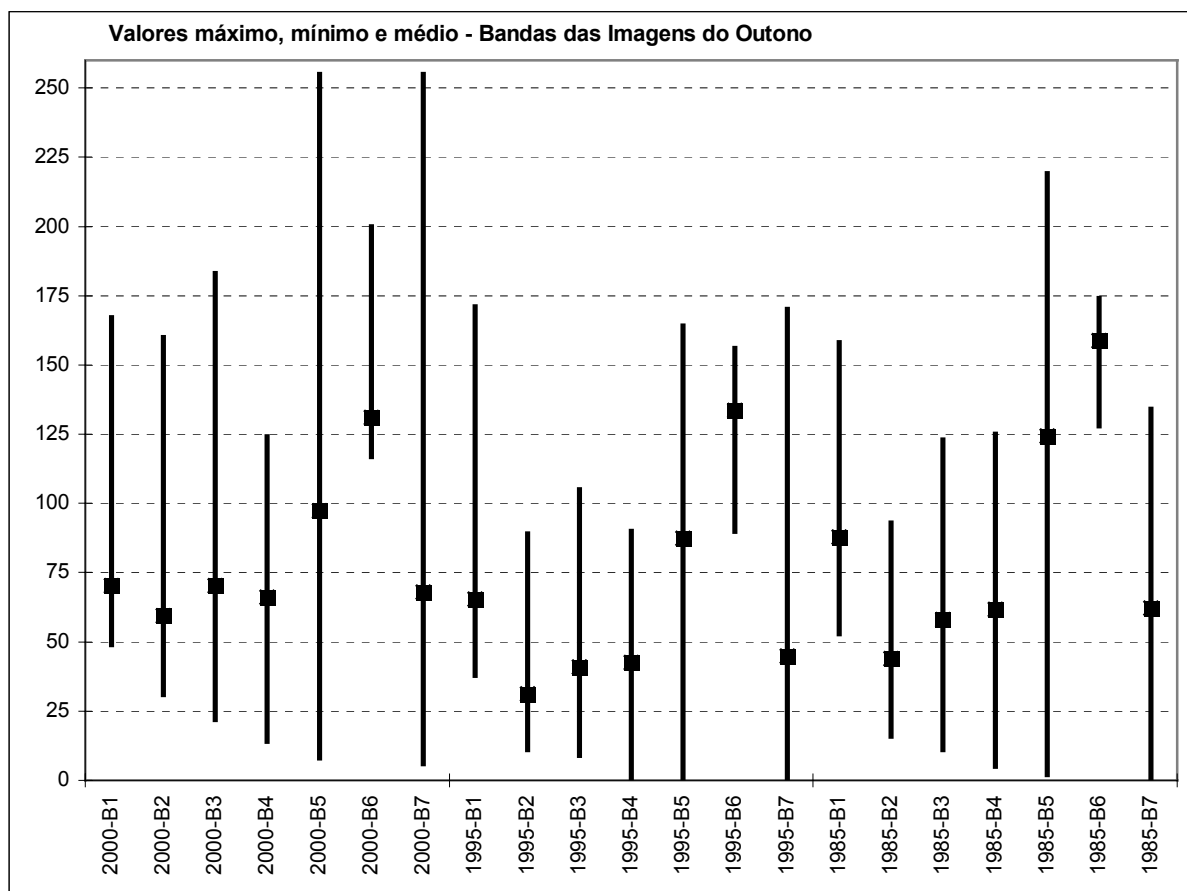


Figura 4.38 – Estatísticas das Bandas das Imagens do Outono.

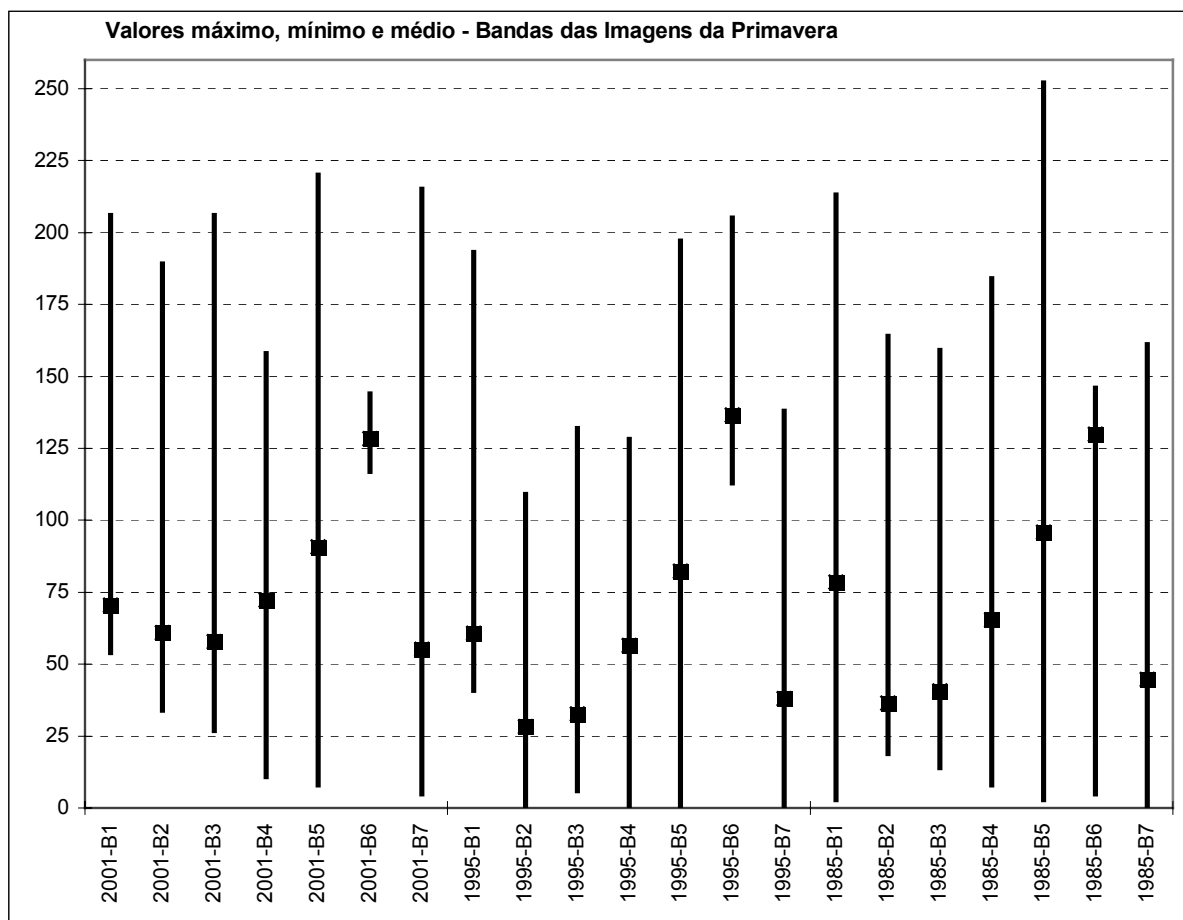


Figura 4.39 – Estatísticas das Bandas das Imagens da Primavera.

Como se pode observar nas Figuras 4.38 e 4.39, os valores médios das bandas das imagens são extremamente díspares, sobretudo nas imagens do Outono. Também as amplitudes das classes apresentam uma enorme variabilidade, impossibilitando assim a utilização das amostras estatísticas das áreas teste de 2000-2001 para a classificação das restantes imagens. Os valores do desvio padrão e variância são também extremamente variáveis de ano para ano, não havendo qualquer homogeneidade dos números digitais, média, amplitude, variância ou desvio padrão.

Um aspecto que torna ainda mais difícil a compatibilidade e heterogeneidade são as diferenças no desenvolvimento vegetativo entre anos, como foi referido acerca do Clima (Capítulo III, Ponto 2.5). Qual é então a solução ? Proceder pura e simplesmente à classificação de cada imagem marcando novamente os polígonos das áreas teste em cada uma, embora utilizando eventualmente alguns polígonos de 2000-2001 se as áreas e as suas características forem as mesmas. Os critérios serão então:

- No caso de áreas mais estáveis, afloramentos rochosos, urbano, vegetação ripícola, montado, pinhal, eucaliptal, mato denso, esteval e mato, depois de verificados um a um todos os polígonos, poderão eventualmente ser novamente utilizados, somente se e quando o coberto for garantidamente o mesmo e a sua posição e extensão também. Para este efeito de verificação conta-se com a ajuda (preciosa) das coberturas de fotografia aérea de 1985 (mesmo mês da imagem) e 1995 (Agosto), devidamente foto-interpretadas, assegurando assim um maior grau de rigor. Não obstante, tudo indica que a quase totalidade dos polígonos terá que ser remarcada;
- Em todas as áreas agrícolas sujeitas a rotação anual e variação de posição, será feita integralmente uma nova marcação de polígonos, e à semelhança da primeira classificação serão utilizados vários neo-canais para maximizar o rigor da identificação e interpretação (NDVI, ACP, Textura), bem como foto-interpretação da fotografia aérea;
- Para os cobertos – usos de identificação mais difícil nas imagens de satélite, coberto herbáceo contínuo e descontínuo, serão sobretudo utilizados processos de “density slicing” das imagens de 2000-2001 e dos respectivos NDVI, por forma a identificar os limiares – fronteiras destas classes.

Seguindo estes procedimentos, como passará a existir uma amostra estatística espacializada para cada imagem, será possível avaliar o rigor da marcação das áreas teste graças à construção de matrizes de confusão. Esta escolha é a mais correcta, em termos teóricos e em termos práticos, pois pelo menos os erros, misturas e confusões poderão ser avaliados quantitativamente, podendo-se proceder a rectificações e melhoramentos.

Depois de sete tentativas, resultantes de melhoramentos em função das misturas e confusão indicadas pelas matrizes de confusão, conseguiu-se uma classificação final para 1995 com um rigor geral de 92.6950 % e um Coeficiente Kappa de 0.9207, valores excelentes e um pouco superiores aos da classificação de 2000-2001. Antes de mais deve-se referir que os valores são melhores porque a escolha e marcação das áreas teste é eminentemente visual e interpretativa, com base em áreas foto-mórficas a partir das imagens, o que de certa forma deve melhorar o rigor.

Esta situação contrasta um pouco com a classificação de 2000-2001, em que se marcaram as áreas teste com base no trabalho de campo. Não tendo exclusivamente em atenção a análise visual e interpretação das imagens, efectuaram-se as marcações porque se conhecia o coberto e a sua posição exacta na data de obtenção da imagem pelo sensor, situação que é declaradamente a ideal.

Rigor = 92.6950 %
Coeficiente Kappa = 0.9207

Classes	Pousio BD	Charneca	Montado	Pousio AD	Esteval	Água	Eucaliptos	Ardido	Mato Denso	Solo a nu	Cereais
Pousio BD	12.919	0.078		0.312						0.565	
Charneca	0.019	8.418			0.214		0.039		0.857	0.156	
Montado	0.078	0.019	2.280								
Pousio AD	0.312			15.822						0.273	
Esteval		1.091			2.846		0.019		1.150		
Água						1.500					
Eucaliptos		0.214			0.019		5.183		0.156		
Ardido								1.871			
Mato Denso		1.306			0.078		0.039		8.613		
Solo a nu	0.214	0.019		0.078						22.935	
Cereais											9.626
Ripícola											0
Pinhal											
Total	13.542	11.145	2.280	16.212	3.157	1.500	5.280	1.871	10.776	23.929	9.626
Erro Atribuição (%)	4.601	24.468	0.000	2.406	9.851	0.000	1.837	0.000	20.072	4.154	0.000
Rigor Consumidor (%)	95.399	75.532	100.000	97.594	90.149	100.000	98.163	100.000	79.928	95.846	100.000

Rigor Médio Consumidor (%) 94.816
Rigor Médio Produtor (%) 92.728

Quadro 4.7 – Matriz de confusão, Classificação para 1995

Observando a matriz de confusão relativa a esta classificação (Quadro 4.7), pode-se constatar que se mantêm basicamente as mesmas misturas e confusão entre classes: herbáceo descontínuo tem confusão com mato, herbáceo contínuo e mineral; mato tem confusão com herbáceo descontínuo, esteval, eucaliptos, mato denso e mineral; mato denso tem confusão com mato, esteval, eucaliptos; mineral com herbáceo contínuo e descontínuo e com mato; etc. No fundo é um óptimo sinal, pois as confusões mantêm as suas características, variando a sua “intensidade”, em relação à classificação de 2000-2001 e com aquilo que, *a priori*, se pensa serem as confusões potenciais entre classes, quando da elaboração e apresentação da pré-legenda.

Nesta matriz existem, contudo, alguns aspectos francamente distintos da classificação anterior:

- Pinhal deixou de apresentar qualquer confusão. Este facto só se pode dever às áreas teste terem sido marcadas exclusivamente com base em foto-interpretação das fotografias aéreas e das imagens de satélite, ao invés da classificação de 2000-2001 onde também se marcaram áreas reconhecidas, de facto, no terreno. A consequência é que para 1995 só as áreas puras de pinhal foram marcadas, sendo que o Perímetro Florestal de Mértola, por apresentar grande confusão com mato denso e também eucaliptal, deixou de ter partes classificadas como pinhal, em termos de extrapolação das áreas teste a toda a imagem;
- À semelhança de pinhal, também as áreas de vegetação ripícola passaram a apresentar um rigor de 100 %. A consequência também é a mesma: há menos áreas classificadas, o que no entanto também pode estar relacionado com as características climáticas dos anos, pois em 1995, sobretudo na imagem de Outono, há uma situação de máxima secura no contexto das três datas em análise;
- O esteval apresenta um enorme grau de confusão, quase exclusivamente com mato e mato denso. Tentou-se em quatro classificações sucessivas melhorar estes valores, mas com base exclusivamente na foto-interpretação das fotografias aéreas não foi possível melhorar tanto quanto se gostaria o rigor da classe esteval, embora em termos do consumidor o rigor seja muito bom, 90.149 %. O facto do rigor em termos do consumidor ser francamente bom, perspectiva uma menor “gravidade” do impacto potencial causado pela dificuldade em definir uma classe mais pura. No entanto, o rigor em termos do produtor é muito baixo, embora a extrapolação tenha produzido resultados muito satisfatórios e coerentes com aquilo que, em função da foto-interpretação e análise visual das imagens, parece ser o melhor que é possível atingir. Também no caso dos estevais, as características climáticas do ano podem desempenhar um papel importante, mas não existe forma de o verificar. Este facto deverá implicar, em termos de extrapolação a toda a imagem, que as porções de mato e mato denso estarão um pouco sobrestimadas a expensas da porção de esteval, embora o resultado final da classificação seja muito correcto em termos espaciais, extensão e forma.

Aplicando a “fuzzy logic” à matriz de confusão (Quadro 4.9) e mantendo a mesma “margem” uniforme de 10 % de confusão entre todas as classes, os resultados melhoram e atingem valores excelentes, persistindo somente confusão nas classes mato, 8.832 % de confusão com mato denso, depois da agregação de valores, e 13.013 % de confusão entre mato denso e mato. A dimensão desta confusão e classes entre as quais ocorre parecem, até, um pouco melhores e mais consentâneas com o que se poderia esperar em função exclusivamente das características dos próprios cobertos e da sua composição e dinâmica.

O esteval, não obstante, mantém um grande grau de confusão com mato e mato denso, o que não se conseguiu melhorar significativamente após várias tentativas. Por isso, como referido, embora a extrapolação a toda a imagem esteja extremamente correcta, é de esperar que o mato esteja sobrestimado em detrimento tanto de esteval como de mato denso. Deve-se referir que os resultados da extrapolação são considerados como absolutamente válidos, depois das sete tentativas e melhoramentos sucessivos da qualidade das áreas teste.

Analisando os valores do coberto vegetal – uso do solo para o Concelho em 1995 (Quadro 4.8), esse e outros factos são perceptíveis, havendo vários aspectos que importa analisar e alguns resultados sobre os quais há alguma reflexão a fazer:

Classes	1995		2001	
	Pixels	%	Pixels	%
Herbáceo Contínuo	339410	23.61	473214	32.91
Mato	478170	33.26	280333	19.50
Herbáceo Descontínuo	161437	11.23	221751	15.42
Esteval	46140	3.21	131943	9.18
Cereais	63125	4.39	85520	5.95
Mato Denso	142889	9.94	65192	4.53
Mineral	175603	12.21	54485	3.79
Montado	15763	1.10	31870	2.22
Ripícola	22	0.00	27249	1.90
Pinhal	357	0.02	22608	1.57
Ardido	1695	0.12	17274	1.20
Eucaliptos	8630	0.60	14557	1.01
Água	4471	0.31	11716	0.81

Quadro 4.8 – Coberto vegetal – usos do solo, 1995 e 2000-2001

Classes	Pousio BD	Charneca	Montado	Pousio AD	Esteval	Água	Eucaliptos	Ardido	Mato Denso	Solo a nu	Cereais	Ripícola
Pousio BD	13.874											
Charneca		8.846							0.857			
Montado			2.377									
Pousio AD				16.407								
Esteval		1.091			2.865				1.150			
Água						1.500						
Eucaliptos							5.572					
Ardido								1.871				
Mato Denso		1.306							8.730			
Solo a nu										23.246		
Cereais											9.626	
Ripícola												0.29
Pinhal												
Total	13.874	11.243	2.377	16.407	2.865	1.500	5.572	1.871	10.737	23.246	9.626	0.29
Erro Atribuição (%)	0.000	21.320	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18.692	0.000	0.000	0.00
Rigor Consumidor (%)	100.000	78.680	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	81.308	100.000	100.000	100.0

Rigor Médio Consumidor (%) 96.922

Rigor Médio Produtor (%) 94.943

Quadro 4.9 – Matriz de confusão, Classificação para 1995, modificada em função de 10 % de “fuzziness”

- Herbáceo contínuo – Faz todo o sentido existir aumento da área em pousio entre as duas datas, formalmente há de facto uma extensificação da agricultura e um aumento enorme da importância da criação de gado. Se se agregarem as duas classes de coberto herbáceo, o valor evoluiu de 34.84 % em 1995 para 48.33 % em 2000-2001, o que faz sentido, embora o valor seja bastante significativo enquanto proporção do total. Mas tendo em conta que há uma mudança da produção de cereais para a criação de gado, avaliável pela diminuição da proporção mineral, pela extensificação e especialização em gado ovino que de facto é verificável no terreno, estes factos permitem com bastante segurança considerar como válidos os valores e a sua evolução entre as duas datas. Mas há um aspecto essencial a ter em atenção: 2000-2001 apresentou condições óptimas para o desenvolvimento do estrato herbáceo, portanto o coberto herbáceo contínuo pode estar muito próximo de um máximo potencial, quando o factor explicativo é exclusivamente de índole climática;
- O valor de mato em 1995 deve estar um pouco “inflacionado”, a expensas de esteval e mato denso, como se tem vindo a referir, em função da indicação que a matriz de confusão permite, em termos de erro potencial de extrapolação. Agregando mato, esteval e mato denso, os valores para as duas datas são: 46.464 % em 1995 e 33.21 % em 2001, indicando uma diminuição importante, mas será que este valor faz sentido ? Em função do que foi dito a propósito do aumento do coberto herbáceo, assumindo que os terrenos com pastagem existem muitas vezes em detrimento de áreas de esteval e mato, esta diminuição faz sentido. Há uma razão, eventualmente, pela qual a diminuição de mato faz ainda mais sentido: os extensos repovoamentos florestais em todo o Concelho, feitos muitas vezes em áreas de declive elevado, por limpeza de mato e mato denso, que são classificados ora como mineral ora como coberto herbáceo. Grande parte destes povoamentos são claramente visíveis nas imagens de 1995, altura em que era mais comum limpar-se o mato todo, ao invés da prática mais corrente e mais generalizada de cultivar em “bandas”;
- O aumento de esteval acontece, em parte, porque as estevas classificaram pior em 1995, mas o valor de 2001 pode também ser indicativo da extensificação, abandono e regeneração a partir de situações de pousio, o que parece verificar-se em termos de análise da território *in loco*. Como o esteval é, realmente, parte do mato e do mato denso, estes três elementos base são um pouco indissociáveis, sendo difícil avaliar com muito rigor, e sobretudo justificar, o sentido dos valores obtidos, em termos de proporção na área do Concelho;
- O facto de os cereais aumentarem faz sentido, há uma prática de agricultura “mineira”, como referia o Professor Mariano Feio, em que se semeia tanto trigo quanto possível pois os subsídios e compensações aos cereais de sequeiro devem acabar a muito curto prazo;

- O mato denso diminuiu, o que parece um pouco difícil de acreditar. O valor de 1995 deverá estar sobrestimado porque o pinhal classificou demasiado bem e porque a classe mato foi mais abrangente, mas também eventualmente por questões de estado de desenvolvimento da vegetação em função das características climáticas do ano. No entanto, houve bastantes povoamentos florestais que tiveram como resultado o arrasamento puro e simples de áreas de mato denso, sobretudo nas áreas de grande declive ao longo das principais linhas de água ou no sopé dos relevos principais, casos da Alcária Ruiva e Serra de São Barão, agora envoltas por um “colar” de repovoamentos florestais. Assim sendo, pode efectivamente ter-se registado uma diminuição, mas talvez menos significativa que os valores fariam prever. Em 2001 o mato denso está um pouco subestimado, como também já referido, pois existe bastante confusão com pinhal e eucaliptal, portanto a diminuição não é, tudo indica, tão acentuada, embora faça algum sentido existir diminuição;
- Mineral diminuiu entre 1995 e 2001, o que faz também todo o sentido. Há menos arroteamentos totais para reflorestação, repovoa-se mais em bandas, há menos abertura de alqueives, mas não se pode esquecer que 2001 foi um ano agrícola péssimo, portanto o valor de 2001 deverá ser inferior ao valor potencial. Uma vez que há um aumento do coberto herbáceo descontínuo, no caso de áreas degradadas a diminuição de solo a nu pode simplesmente representar regeneração, sobretudo porque 2000-2001 foi muito húmido e propício ao desenvolvimento do estrato herbáceo;
- Montado aumenta, mas como a classe que foi classificada como montado inclui substrato em pousio, o aumento de montado deve-se provavelmente mais ao aumento de situações de pousio do que a um aumento de áreas de montado, de “árvores”;
- A vegetação ripícola constitui um mistério, as áreas teste são de uma pureza absoluta, a extrapolação foi correctíssima, mas a porção de vegetação ripícola é muito menor em 1995. Só existem duas explicações que concorrem no mesmo sentido, para esta evolução: 1995 foi muito seco, 2000-2001 muito húmido;
- Pinhal aumenta, não poderia ser mais exacto, os povoamentos existentes vão-se desenvolvendo, tornando-se mais significativos em termos de porção de copa no pixel. No entanto, o valor de 1995 está subestimado, porque a assinatura é absolutamente pura, na extrapolação o Perímetro Florestal de Mértola quase não é classificado, mas esse facto também se prende com o menor crescimento dos pinheiros, o que levou parte desta e outras áreas de pinhal a serem classificadas como mato denso;

- Ardido, como foi indiscutivelmente bem classificado, limita-se a ser uma constatação do facto, pois existem duas manchas de mato denso e esteval ardido, não existindo quase campos de restolho queimado;
- Eucaliptos aumentam, sobretudo devido à maturação e densificação do grande povoamento existente no Nordeste do Concelho. Claro está que o crescimento e o ano húmido de 2000-2001 deverão tornar a porção de copa no pixel mais significativa;
- Água aumenta, o ano de 2000-2001 foi mais húmido, facto que é claramente verificável na análise visual das imagens, pois os perímetros das albufeiras apresentam-se nitidamente mais retraídos em 1995. Existem também mais charcas de média – pequena dimensão, pois o grande crescimento da pastorícia dá-se sobretudo a partir de 1995.

Em função destes resultados pode-se afirmar que houve, entre 1995 e 2000-2001, uma extensificação da actividade agrícola, no sentido dum aumento das situações de pousio, que há muito menos áreas de solo a nu, que o coberto herbáceo assumiu um papel ainda mais dominante, sobretudo o contínuo, há mais água nas albufeiras e mais charcas. Estes factos indicam uma diminuição potencial da degradação ambiental em termos gerais, sobretudo pela diminuição de áreas de solo a nu e aumento da “fracção” herbácea, que representa um mínimo em termos de erosão de solos, embora a área de cereais seja muito variável e 2000-2001 tenha sido um mau ano climático para os cereais.

O aumento de esteval pode, em muitos casos, indicar um claro processo de regeneração, em que as várias espécies de *Cistus* desempenham um papel pioneiro na re-colonização de áreas mais degradadas. Não se deve, contudo, perder de vista as características óptimas de 2000-2001 em termos de desenvolvimento herbáceo e respectivo peso enquanto factor causal em vários aspectos: mais e melhor vegetação natural, maior densidade da cobertura herbácea, menos alqueives e menos cereais ou em pior estado vegetativo e de coberto.

Resulta claro que estas afirmações estão devidamente fundamentadas em termos de imagens, pois todos os indicadores de rigor e qualidade das classificações apontam no sentido de uma significância real igual ou maior que os 90 %. No entanto, parece importante lembrar que qualquer classificação é sempre um compromisso e, até certo ponto, um exercício profundamente interpretativo, logo com uma porção de subjectividade que por menor que seja não deixa de existir. Assim sendo, não se quer de forma alguma questionar a validade dos “números”, a disposição e a “forma” espacial da classificação, mas pretende-se tão somente sublinhar que é essencial interpretar, também, os resultados. Acaba por haver complexidade na interpretação em virtude da complexidade do próprio sistema.

Somente depois de se reflectir e analisar criticamente os valores resultantes da classificação se pode criar uma margem de manobra interpretativa, fugindo tanto quanto possível à “ditadura” dos números que se tomam como indiscutíveis, incorporando também uma certa “fuzziness” na própria interpretação. Parece óbvio que seria possível não ter tantas dúvidas quanto aos valores das classes e confusões entre elas, bastaria para tal a legenda ser mais abrangente, mas nesse caso não constituiria a consubstanciação desejada, e desejável, da verdade geográfica do território. Assim, o preço a pagar por uma legenda tão discriminada, em termos de Teledetecção e classificação das imagens, é assumir clara e frontalmente que existe dúvida, confusão e margens várias de verdade: na Paisagem em primeira instância, na classificação como consequência e nos valores finais em última instância.

Adoptar a Teledetecção como meio, no contexto da Geografia e análise de um território, sem ter em conta ou incorporar estas indefinições várias, que se têm vindo a referir, é um caminho a não seguir de forma alguma. Qualquer classificação temática de uma área será sempre um pouco subjectiva. Recorrendo a imagens de satélite e a uma escolha tão correcta quanto possível de métodos e técnicas, a subjectividade pode ser muitíssimo diminuída, pois a própria natureza da Teledetecção é absolutamente objectiva, mas como em quase todos os processos informáticos “garbage in, garbage out”⁵⁸ (o output depende sobretudo do input). Por isso é essencial problematizar, reflectir, duvidar e analisar o sentido dos resultados, daquilo que o interpretador vê e da própria forma como vê o território que pretende classificar. Apenas enquadrando e assumindo a dúvida se podem produzir resultados que façam sentido; assumir que existem margens de erro e de “confusão” aumenta, e muito, a consistência e coerência tanto dos resultados obtidos como das escolhas ao longo de todo o processo.

Depois da reflexão e análise dos resultados da classificação, do sentido possível desses resultados e do compromisso e margem de incerteza inerente às classificações multi-temporais no contexto de um estudo deste tipo, pode-se então partir para a classificação das duas últimas imagens, relativas ao ano de 1985. Depois de várias tentativas obtiveram-se resultados excepcionais (Quadro 4.10): rigor geral de 99.0997 % e um Coeficiente Kappa de 0.9904. A extrapolação também foi muito boa, mas há vários aspectos sobre os quais se deve reflectir. Por um lado, a simples análise visual da imagem dá efectivamente uma ideia de maior homogeneidade da área em 1985, o mosaico é muito menos retalhado, talvez por essa razão se tenham conseguido melhores valores, pois a marcação das áreas teste foi exclusivamente realizada através de foto-interpretação das fotografias aéreas e da análise visual das imagens.

⁵⁸ Introduce-se “lixo”, sai “lixo”...

Rigor = 99.0997 %
Coeficiente Kappa = 0.9904

Classes	Pousio BD	Charneca	Montado	Pousio AD	Esteval	Água	Eucaliptos	Ardido	Mato Denso	Solo a nu	Trigo
Pousio BD	5.609										
Charneca		15.201			0.173						
Montado			4.051								
Pousio AD				13.019							
Esteval		0.623			3.047						
Água						9.453					
Eucaliptos		0.069					2.355				
Ardido								8.553			
Mato Denso									9.869		
Solo a nu										6.44	
Trigo											20.
Ripícola											
Pinhal		0.035									
Total	5.609	15.928	4.051	13.019	3.220	9.453	2.355	8.553	9.868	6.440	20.
Erro Atribuição (%)	0.000	4.564	0.000	0.000	5.373	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
Rigor Consumidor (%)	100.000	95.436	100.000	100.000	94.627	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.

Rigor Médio Consumidor (%) 99.236
Rigor Médio Produtor (%) 98.019

Quadro 4.10 – Matriz de confusão, Classificação para 1985

Mas existe uma questão relativamente subjectiva, que se prende com o aspecto geral das imagens das três datas: as de 2000-2001 são as que têm um aspecto mais nítido, mais recortado, melhor; as imagens de 1985 têm um “ar” vagamente pardacento e homogéneo, ficando as de 1995 a meio caminho. Quanto à melhor qualidade das imagens de 2000-2001, ela deve-se certamente às melhores características, estado e calibração do sensor ETM +, permitindo a melhor de todas as classificações também graças ao trabalho de campo na data de obtenção da imagem de Abril. As imagens de 1995 e 1985 parecem menos nítidas, com menor contraste, embora as de 1985 registem uma situação muito diferente da actual em termos de coberto vegetal – uso do solo, pois é o último ano antes da adesão de Portugal à CEE.

Em termos de matriz de confusão (Quadro 4.10), os resultados são óptimos e, sobretudo, as confusões entre classes registadas na matriz verificam-se, de facto, na extrapolação a toda a imagem. A questão que se põe é precisamente porquê tanto rigor ? Como referido um pouco atrás, o coberto vegetal – uso do solo parece ser mais homogéneo em 1985, menos recortado, quando se analisam visualmente as imagens. Dado que a identificação de áreas foto-mórficas é feita quase exclusivamente por análise visual e interpretação, a consistência da classificação “ressente-se” pela positiva e as classes serão, porventura, mais abrangentes. No entanto a classificação pode ser considerada como particularmente válida, com base na verificação efectuada através das fotografias aéreas da área e da análise visual comparada da classificação e das imagens de 1985.

Quanto ao rigor do ponto de vista do produtor, mato apresenta confusão com esteval, esteval com mato numa proporção muito maior (16.975 %) e eucaliptos com mato. Se se aplicar a “fuzzy logic” à matriz, mantendo os 10 % de margem, somente a confusão mato com esteval se manteria, sendo essa a principal razão pela qual mato parece estar sobre-classificado em detrimento de esteval. Há também um pouco de eucaliptos a “mais”, depois da extrapolação, por confusão com mato. Tirando estes aspectos, que se revelaram muitíssimo exactos em termos de extrapolação, a classificação pode ser considerada como tendo um rigor excepcional, fazendo total sentido em termos de resultado final, pós-extrapolação.

Em termos de resultados numéricos, por classes de coberto vegetal – uso do solo (Quadro 4.11), quais são as reservas e qual é o sentido geral dos valores ? Analisando classe a classe, como para as outras datas, por forma a poder efectuar o mesmo tipo de exercício, crítico e de reflexão, qual é o sentido dos valores e das suas evoluções:

- Herbáceo contínuo – 1985 apresenta um valor mínimo. Havia muito menos gado ovino e, visualmente por análise das imagens, uma Paisagem menos “retalhada” na maior parte do Concelho, excepto a área do Baldio a Nordeste, os campos de Vale de Açor e Algodor a Noroeste e algumas manchas de agricultura no Sudoeste. Assim, faz sentido que os pousios estivessem mais consolidados e possam ser bastante “confundidos” com mato pouco

denso. Como foi verificado, fotografado e identificado no trabalho de campo de Abril de 2001, são campos com vegetação herbácea densa, aspecto muito florido na Primavera e bastante actividade fotossintética. O valor parece fazer sentido, bem como e sobretudo a sua evolução a partir daí, sempre crescente, tal como o peso do gado ovino na estrutura económica da agricultura do Concelho;

Classes	1985		1995		2001	
	Pixels	%	Pixels	%	Pixels	%
Herbáceo Contínuo	211817	14.73	339410	23.61	473214	32.91
Mato	749512	52.13	478170	33.26	280333	19.50
Herbáceo Descontínuo	82271	5.72	161437	11.23	221751	15.42
Esteval	67794	4.72	46140	3.21	131943	9.18
Trigo	110631	7.69	63125	4.39	85520	5.95
Mato Denso	47433	3.30	142889	9.94	65192	4.53
Mineral	81273	5.65	175603	12.21	54485	3.79
Montado	26460	1.84	15763	1.10	31870	2.22
Ripícola	1442	0.10	22	0.00	27249	1.90
Pinhal	1153	0.08	357	0.02	22608	1.57
Ardido	33686	2.34	1695	0.12	17274	1.20
Eucaliptos	17380	1.21	8630	0.60	14557	1.01
Água	6860	0.48	4471	0.31	11716	0.81

Quadro 4.11 – Valores de uso do solo para 1985, 1995 e 2000-2001.

- Mato – O valor de 1985 é extremo, 52.13 %, decrescendo a partir daí de uma forma consistente e continuada. Será que está um pouco sobrestimado ? Provavelmente está. Em função dos dados da matriz de confusão e da análise visual comparativa da classificação e imagens respectivas, algumas áreas de esteva e campos abandonados terão sido classificados como mato. 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... Logo, o facto de a área de mato ser extrema faz sentido, mas incluindo provavelmente áreas também não agrícolas, como estevais e campos abandonados;
- 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;

- Esteval – Está subestimado, se o quadro de decadência da agricultura e pouca criação de gado (comparando com os valores actuais) faz sentido, então deveria haver mais estevais, tal como em 1995. Grande parte terá sido classificada como mato, sendo que 2000-2001 é o único ano para o qual se pode garantir a qualidade da marcação das áreas teste e possibilidade de verificação dos resultados. Quanto mais áreas de coberto herbáceo contínuo correspondentes a abandono e quanto mais áreas de caça, maior será a proporção de estevas, que são sempre um elemento base do mato e mato denso. Como tal, embora a extrapolação faça sentido visualmente, o valor é um pouco baixo;
- Cereais – É 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. Visto que o valor de 2000-2001 é o mais fiável, 4.53 %, o valor de 1985 que é de 3.30 % não deverá estar muito longe da verdade, até porque há claramente áreas de mato denso que também foram classificadas como mato;
- Mineral – Predomínio da agricultura de cereais de sequeiro, período anterior aos grandes povoamentos florestais, logo o valor faz sentido, é inferior a 1995 e ligeiramente superior a 2000-2001, que tendo uma muito maior extensão de povoamentos os vê confundidos sobretudo com coberto herbáceo porque os repovoamentos são feitos quase exclusivamente em faixas;
- Montado – O valor superior ao de 1995 e inferior ao de 2000-2001 faz sentido, 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;
- Ripícola – Se 1995 constitui o ano de maior secura 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. Caso existissem o valor aproximar-se-ia do de 2000-2001, portanto parece fazer sentido tal como a extrapolação a toda a imagem, espacialmente e em função do que se pôde verificar a partir das fotografias aéreas;

- 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 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.

Outro aspecto importante é a forma como esta evolução do coberto vegetal – uso do solo se processou, entre as várias classes, apesar de todas as questões ligadas à confusão entre classes e margens de dúvida intrínsecas. Para efectuar esses cálculos foi necessário importar as classificações para um ambiente SIG, neste caso para o ArcView 3.1. A preocupação com todos os aspectos de geo-referenciação e sistemas de coordenadas deu claramente os seus frutos, pois após as conversões de Datum as classificações puderam ser associadas a um vasto conjunto de informação temática, existindo sobreposição dos “layers” com um rigor absoluto.

No contexto deste trabalho o recurso um SIG terá exclusivamente por objectivo fazer as contagens da evolução do uso do solo por classes, bem como a determinação das áreas mais estáveis das classificações, aquelas que nas três datas apresentavam o mesmo coberto vegetal – uso do solo. No entanto, é essencial referir que existiria um potencial gigantesco de análise, uma vez integradas as classificações com outra informação temática, que embora se possua e se tenha produzido não se utilizará, pois estaria fora dos objectivos e contexto deste trabalho.

O tipo de tratamentos e análise possíveis permitiria cruzar a informação das classificações com várias informações temáticas, alguma não disponível ou de escala não apropriada, mas que se passa a referir: geologia, tipo de solos, declives e exposição das vertentes (processados a partir do modelo digital de terreno do Concelho), informação demográfica reportada à secção, etc. O tipo de análise possível, nalguns casos de natureza causal, constitui declaradamente um objecto de análise no futuro, mas mereceria por si só um exercício da natureza, dimensão e características do presente trabalho.

Seria contudo incorrecto não referir a importância das questões metodológicas abordadas, sobretudo em termos de rigor cartográfico, sistemas de coordenadas e Datums, pois são de uma importância capital para a possível integração das classificações num ambiente SIG, constituindo um input da máxima importância, passível de actualização e apuramento. A extrapolação de dados obtidos experimentalmente no campo, amostras de vários tipos, pode também ser efectuada, sobretudo georeferenciando essas amostras no terreno graças à utilização de GPS.

Passando à análise da evolução do coberto vegetal – uso do solo, apresentam-se os resultados da evolução no período 1985 – 1995 (Quadro 4.12):

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	7.5	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	0.1
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 4.12 – Evolução do coberto – uso do solo entre 1985 e 1995.

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;
- Mato – Quase metade da área mantêm-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 mantêm entre as duas datas, o que só faz sentido lembrando 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 % passam 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 ardido), por 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 – Mantêm-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.

Quanto à evolução entre 1995 e 2001 (Quadro 4.13), 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);

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 4.13 – Evolução do coberto – uso do solo entre 1995 e 2001.

- Mato – A sua estabilidade diminui (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. Mantém-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 %). Mantém-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. Mantém-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 ardidas 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); 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 4.14).

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 4.14 – 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** 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: área com solos de maior aptidão agrícola, mancha extensa de montado de azinho, grande propriedade e muitos campos de cereal, área em pousio proporcionalmente baixa (em relação ao resto do Concelho). Áreas de mato a partir do Vale do Guadiana e Cobres;
- **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;

Importa referir que existem outras classificações do coberto vegetal – uso do solo, efectuadas por classificação de imagem de satélite, para a região de Mértola: a classificação do Corine Land Cover, para 1985, uma classificação da “sub-região de Mértola” para 1978 (RAMALHO, J.; JAN, L.; PERDIGÃO, M.V.; OLIVEIRA, E.; HENRIQUES, R.G. (1988)) e uma classificação para várias datas (1985, 1987, 1989, 1991 e 1994), de uma área que vai desde a fronteira para Oeste até Castro Verde, Almodovar a Sul, quase até Serpa a Norte, na latitude do Concelho de Mértola, embora não o abrangendo na totalidade (SEIXAS, J.F. (1998)).

Estas classificações serão referidas sinteticamente e os resultados serão apresentados não tanto para comparação desses resultados mas para análise das legendas, que sendo função dos objectivos e metodologias escolhidas acabam por tornar extremamente difícil qualquer comparação de valores de coberto vegetal – uso do solo, pois são muito díspares. Além disso, somente no caso do Corine existe uma chave da foto-interpretação e critérios de definição das classes, aliás muitíssimo completos, que permite compreender quais as características das classes. Nos outros casos a definição, limites, conteúdo e significado temático não são tão claros. Assim, a análise dos resultados dirá mais respeito às legendas em si, sua adequação, confusão potencial entre classes e questões de conteúdo, do que aos valores em si.

Começando pelo Corine. Embora a legenda seja frequentemente considerada como pouco precisa e muito abrangente, não se adaptando particularmente bem a áreas conhecidas pelos investigadores, convém lembrar que o seu grande atributo resulta de ter sido aplicada, homogeneamente, a toda a União Europeia. Embora as imagens utilizadas tenham sido Landsat TM, a escala a que deveria ser analisada é eminentemente nacional, residindo aí a sua virtude e constância de critérios. Mas como se compreende, a legenda teria que ser suficientemente abrangente e não específica de dada área, resultando sim de uma abordagem “bottom-up” que garantisse o sentido final da classificação. Não obstante, em termos de metodologia e apresentação dessa metodologia, o exercício é correctíssimo (EEA (1994) e EEA (2000)).

Uso - 1985	% Área
Culturas Anuais Associadas às Culturas Permanentes	24.68
Zonas de Utilização Agrícola fora dos Perímetros Florestais	21.30
Terras Ocupadas Principalmente por Agricultura com Espaços Naturais Importantes	20.46
Vegetação Esclerofítica	19.97
Territórios Agro-Florestais	9.55
Floresta Folhosas	1.58
Planos de Água, Lagos	0.79
Floresta Resinosas	0.46
Espaços Florestais Degradados	0.39
Solos sem Cobertura Vegetal	0.38
Tecido Urbano Contínuo	0.33
Zonas Incendiadas Recentemente	0.04
Landes e Matagal	0.03
Tecido Urbano Descontínuo	0.02
Culturas Permanentes - Vinhas	0.01

Quadro 4.15 – Classificação Corine Land Cover para o Concelho de Mértola, 1995.

Como se pode observar no Quadro 4.15, a legenda é muito diferente da utilizada: muito abrangente por um lado e por outro desagregando classes que, aparentemente e em função da sua designação, parecem muito semelhantes. Alguns valores parecem excessivos: culturas anuais e zonas de utilização agrícola (excepto se consideram os pousios). Outros valores são demasiado baixos: vegetação esclerofítica, solos sem cobertura vegetal, landes e matagal. Por outro lado, sabendo de antemão as confusões potenciais entre classes de coberto – uso num ecossistema com estas características, classes como espaços florestais degradados ou terras ocupadas principalmente por agricultura com espaços naturais importantes parecem de difícil e “confusa” classificação. Outro aspecto é a designação das classes, onde espaço agro-florestal é a que levanta mais dúvidas quanto ao conteúdo. Vinha não parece sequer existir na realidade.

A classificação seguinte, para 1978, foi efectuada sobre imagens MSS de 1978, com um pixel de 79 por 79 metros, o que logo à partida implica uma diferente escala de análise. Por outro lado, a área classificada diz respeito a uma imagem de 512 por 512 pixels, “rente” à fronteira, logo muito diferente da totalidade da área do Concelho. Por último, o facto de a imagem ser de 1978 impossibilita qualquer comparação, tendo sido obtida em Agosto.

Uso	Área (%)
Eucaliptos	10.44%
Incultos	27.03%
Pinheiros	6.02%
Solo a descoberto	19.73%
Azinheiras	29.56%
Água	1.20%

Quadro 4.16 – Classificação para a “sub-região” de Mértola, 1978 ((RAMALHO, J.; JAN, L.; PERDIGÃO, M.V.; OLIVEIRA, E.; HENRIQUES, R.G. (1988)).

Como se pode observar no Quadro 4.16, a legenda é também muito diferente, sendo muitíssimo abrangente, e como não há uma definição aprofundada das classes, a legenda acaba por ser pouco clara. O valor para eucaliptos parece excessivo, embora a área da Mina de São Domingos ocupe uma proporção grande da imagem, mas deverá haver confusão com mato. Também o valor para pinheiros e azinheiras é demasiado elevado, sobretudo o último, provavelmente também há muita confusão com mato e mato denso.

O valor de solo a descoberto também é demasiado elevado, embora a imagem seja de Agosto e, como referido, a proporção dos afloramentos rochosos e áreas de solo a nu da Mina possam ter maior proporção na imagem, mas os alqueives ainda não tinham sido feitos. A classe mais discutível é incultos, pois como não houve diferenciação de cereal ou lavrado (a imagem é de Agosto), nem de herbáceo – pousio, não se torna muito claro qual o conteúdo efectivo desta classe. Além disso, em Agosto, tanto as áreas de restolho como o coberto herbáceo apresentam uma assinatura espectral semelhante.

A terceira classificação (SEIXAS, J.F. (1998)) diz respeito a uma área que se estende para Oeste até Castro Verde, para Sul até Almodovar e para Norte quase até Serpa, portanto também não directamente comparável em termos de valores de área. Como se pode observar no Quadro 4.17, a legenda é diferente, mas apresenta também sobreposições e misturas, sobretudo porque todas as imagens utilizadas eram de Agosto. Um primeiro aspecto prende-se com o facto, também referido para a classificação anterior, de as áreas de pousio e restolho poderem ter uma assinatura espectral muito semelhante: o restolho está seco e o coberto herbáceo deverá estar também bastante seco.

%	1985	1987	1989	1991	1994
Pousio	12.0	12.0	12.4	10.9	12.7
Restolho	17.4	20.0	23.4	27.2	18.7
Vegetação Dispersa	32.5	26.2	26.5	29.1	44.6
Mato ("scrub")	26.5	34.0	32.0	26.2	18.3
Floresta	11.0	6.8	4.6	5.7	4.7
Água	0.5	1.0	1.0	0.8	0.9
Urbano	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Quadro 4.17 – Evolução do uso do solo para várias datas, classificação para a área de Mértola, Oeste até Castro Verde, Sul até Almodovar e Norte até Serpa (SEIXAS, J.F. (1998, p. 183)).

A separação de vegetação dispersa e mato, pela descrição do conteúdo, é pouco estanque, embora por natureza exista confusão e indefinição de limites, não sendo fácil perceber onde acaba mato denso e começa mato, onde acaba mato e começa vegetação dispersa. Em termos de evolução dos valores, muito dificilmente pousio se poderia manter com valores tão baixos e apresentar uma proporção tão regular. Restolho está sobrestimado, muito dificilmente existe tal proporção de cereais, a confusão é certamente com herbáceo seco, e também dificilmente se mantinha uma proporção tão constante: somente possuindo imagens da Primavera se pode realmente classificar as áreas de cereais.

Os valores de vegetação dispersa e a sua evolução parecem indicar confusão com algum tipo de herbáceo – pousio, que apresente uma densidade grande e alguma vegetação arbustiva. Os valores de mato começam por ser baixos, o aumento não parece muito plausível e o valor final um pouco baixo. Assim, torna-se menos claro o conteúdo da classe vegetação dispersa e a sua fronteira com mato. Quanto à classe floresta, deverá também haver confusão com mato denso ou situações de montado abandonado.

Os valores são difíceis de comparar e aprofundar mais seria entrar em escolhas de métodos e conhecimento do terreno, o que é obrigatoriamente inerente às escolhas e objectivos de cada trabalho. Este facto mostra a importância do método escolhido, do trabalho de campo efectuado e da legenda escolhida. Como tal tornar-se-ia um exercício talvez demasiado crítico, por comparação com as escolhas levadas a cabo neste trabalho, o que não é absolutamente correcto e sairia do contexto e rumo definido. Resulta relativamente claro que com diferentes legendas e sem uma definição muito clara do conteúdo de cada classe os resultados podem ser muito dispares. Acresce a este facto a natureza confusa e heterogénea do coberto vegetal, as diferentes épocas do ano em que as imagens são obtidas e, claro está, todas as questões ligadas à percepção que cada investigador tem, tanto da Paisagem como do coberto vegetal, bem como da relação coberto – uso.

Neste ponto do trabalho, quais são as conclusões e reflexões que se podem tirar e fazer ?

- As três classificações são absolutamente válidas em função da análise de qualidade permitida pelas matrizes de confusão, em função da verificação da qualidade da extrapolação com base na fotografia aérea e em função do sentido que os valores e sua evolução entre as três datas parecem fazer;
- A melhor classificação é a de 2000-2001: é menos homogeneizante em termos das classes, o sensor ETM + é nitidamente melhor e mais sensível que o TM, a marcação das áreas teste com base quase exclusivamente no trabalho de campo e conhecimento do terreno é de longe a que garante melhores resultados. Pode afirmar-se isto categoricamente porque a verificação dos resultados é também possível com base no mesmo trabalho de campo, fotografias e conhecimento de terreno actual;
- O rigor geral das classificações, conforme avaliação através das matrizes de confusão, é inversamente proporcional à qualidade objectiva do processo de marcação de áreas teste e posterior verificação em cobertura de fotografia aérea: 2000-2001 tem o valor menor, mas é naturalmente a melhor classificação; segue-se 1995, rigor melhor, verificação em fotografias aéreas 1:26.000; 1985 tem o melhor rigor segundo a matriz de confusão, mas apresenta a maior dificuldade de marcação de áreas teste e verificação da extrapolação, com base em fotografias aéreas 1:33.000;
- Quanto mais “visualmente” for feita a identificação e interpretação das imagens, bem como a posterior marcação das áreas teste, melhor será o rigor da classificação conforme a avaliação permitida pelas matrizes de confusão. Pois as classes são provavelmente mais homogêneas e abrangentes, logo é uma questão de escala da fotografia aérea e de limitação por não se possuir a “verdade do terreno” na data de obtenção das imagens;
- Parece existir uma gradação na qualidade visual das imagens, entre 1985 e 2000-2001; em 1995 o TM tinha problemas mas foi re-calibrado, em 2000-2001 o ETM + é uma enorme mais valia, além de possuir a banda pancromática, que foi somente utilizada para identificação e interpretação de áreas foto-mórficas, o que realça ainda mais a qualidade da classificação de 2000-2001 em função das imagens e instrumentos disponíveis;
- As classificações apresentam rigor e precisão largamente suficientes para serem utilizadas num estudo multi-temporal de análise do coberto vegetal – uso do solo, pois os rigores do ponto de vista do produtor e do consumidor, estritamente em termos de qualidade das áreas teste, bem como a avaliação da qualidade das extrapolações assim o indicam;

- Eventualmente, a escolha de pares de imagens Outono – Primavera (como em 2000-2001) para cada ano de análise, será mais eficaz e permitirá maior grau de discriminação radiométrica do que a escolha Primavera – Outono do mesmo ano, como para 1985 e 1995. Será um interessante aspecto a investigar e esclarecer;
- A utilização de duas datas distintas para cada ano, em períodos similares, aumenta claramente a precisão com que se definem as classes no espaço radiométrico, as assinaturas espectrais são muito mais complexas mas também mais discriminantes;
- Procedeu-se a duas classificações não supervisionadas das imagens, utilizando os algoritmos ISODATA e K-Means. Os resultados só foram positivos para as áreas humanizadas, comprovando um pouco o que foi referido como vantagem e desvantagem das classificações supervisionadas. As áreas homogêneas existentes, estritamente em função dos valores radiométricos, para um número de classes total entre 12 e 15, parecem não fazer grande sentido ou poderem ser interpretadas à luz das comunidades vegetais existentes.

Ficam portanto cumpridos os objectivos essenciais desta parte do trabalho:

- Produzir uma classificação multi-temporal do coberto vegetal – uso do solo tão rigorosa quanto possível;
- Reflectir criticamente sobre os métodos e técnicas disponíveis e a sua adequação aos objectivos do “exercício” e à especificidade geográfica da área;
- Definir o posicionamento da metodologia escolhida no contexto da problemática da Teledetecção e da epistemologia da Geografia;
- Reflectir sobre as implicações que diferentes escalas de análise (temporal e sobretudo espacial) têm para a escolha de métodos e técnicas, bem como para as possibilidades de interpretação dos resultados e respectivo enquadramento qualitativo e quantitativo;
- Escolher o sensor mais adequado, as imagens que maior discriminação permitem em termos estacionais e enquadrar devidamente os anos de obtenção das imagens dum ponto de vista climático;
- Adequar a legenda tanto quanto possível à realidade do território, às características ecológicas e funcionais de cada classe e à composição e dinâmica do tipo de ecossistema presente;

- Avaliar sempre que possível a qualidade dos resultados, interpretar e enquadrar o seu sentido em função do conhecimento do terreno em todos os seus aspectos, de uma forma crítica e tão objectiva quanto possível;
- Assumir que existe um significativo grau de “confusão” em termos de delimitação física e temática das classes, que pode ser incorporado nos testes de qualidade das classificações (matrizes de confusão) e deve estar completamente subjacente à interpretação dos resultados;
- Abordar a questão das diferentes percepções que diferentes indivíduos ou grupos de indivíduos têm de uma área e dos seus elementos primários, bem como dos problemas de confusão de ordem lexical;
- Tentar levantar uma série de questões acerca da adequação do método escolhido, para estudos de Teledetecção em áreas com estas características: vegetação pouco densa, dispersa, Paisagem humanizada num contexto marcadamente Mediterrâneo.

A mais valia que se apresentará de seguida, a análise da Paisagem numa nova perspectiva de Ecologia da Paisagem, deverá permitir uma análise muitíssimo rica e diversificada do mosaico da Paisagem como um todo e mancha a mancha, sendo uma abordagem conceptualmente diferente daquilo a que os geógrafos estão habituados. A Teledetecção é o processo fundamental, pois produz de facto a matéria prima para análise, a cartografia temática do coberto vegetal – uso do solo, razão pela qual, sendo este um trabalho sobre aplicação de métodos e técnicas, se aprofundou tanto a questão central e fulcral, tentando examinar adequadamente as questões relacionadas com a escolha de métodos e técnicas para uma utilização adequada da Teledetecção, adequação aos objectivos do trabalho e às características da Paisagem da área em estudo.

Sem uma boa matéria prima para análise, produzida graças à Teledetecção e classificação das imagens, observando um plano definido, escalonado, hierarquizado e crítico, toda e qualquer análise resultaria estéril, pois o objecto em análise não corresponderia grandemente à realidade. Por isso a própria organização do trabalho e o seu trajecto, desvios, cruzamentos, pontos de decisão, pontos de reflexão e de análise estão hierarquizados, partindo-se do objecto que se quer estudar – o coberto vegetal - uso do solo – para a técnica e método que o permitiram classificar – a Teledetecção e classificação das imagens, passando-se depois à análise e à interpretação numa perspectiva nova e diferente – Ecologia da Paisagem.

Capitulo V

Ecologia da Paisagem

But you widen your view three hundred miles,
Then discover a mosaic,
And see it change,
By going up one flight of stairs.

Wang Chih-Huan, Dinastia Tang 618-906

1. Origem – Definição

A origem da Ecologia da Paisagem, enquanto disciplina da Ecologia, está envolta numa certa indefinição, embora o próprio termo seja atribuído ao Geógrafo Alemão TROLL, C. (1950). Segundo FARINA, A. (2000) foram criadas duas grandes “escolas”, entre os anos 30 e os anos 80. A primeira tem as suas raízes na Europa, concentrando-se na gestão, planeamento e procedimentos de avaliação das Paisagens modificadas pelo Homem. A segunda, originária da América do Norte, lidando com o comportamento dos padrões e processos no espaço (numa escala paisagística entre micro e macro).

A Ecologia da Paisagem é reconhecida pela comunidade científica internacional há quase 80 anos, quando passou de uma disciplina aplicada na Europa, adoptando uma base científica na América do Norte. Os paradigmas foram integrados com sólidas teorias e modelos, tornando-a numa ciência sólida graças ao trabalho de inúmeros autores, entre os quais se destacam NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. (1984), FORMAN, R.; GODRON, M. (1986), FORMAN, R. (1995), e FARINA, A. (1998).

Existem diversas formas de ver a Paisagem, segundo MEINIG, D.W. (1979), essas formas podem ser descritas como: natureza, habitat, artefacto, sistema, problema, saúde, ideologia, história, lugar e estética. Mas cada indivíduo tem sentimentos próprios e subjectivos quanto à Paisagem, como foi anteriormente referido a propósito da psicologia ambiental. Assim, torna-se difícil encontrar uma definição única e sintética de Paisagem, pois as abordagens, definições e interpretações são extremamente diversas. Em termos de Ecologia da Paisagem interessa encontrar uma definição, na confluência entre as ciências naturais e sociais, sem de forma alguma se pretender aprofundar aqui a discussão em torno do conceito.

Em Geografia, onde a Paisagem desempenha um importante papel e pode ser considerada uma unidade central (como durante a “fase” Possibilista), a definição centra-se essencialmente nas relações dinâmicas entre o meio físico e os grupos humanos. Como escreveu J.B. Jackson (citado por FORMAN, M.; GODRON, R. (1986, p. 7)), “... o conceito continua a iludir-me. Talvez uma das razões para tal seja porque persisto em vê-la [a Paisagem] não como uma entidade cénica ou ecológica mas como uma entidade política ou cultural, mudando ao longo da história [...] Cheguei ao ponto onde em vez de tentar estabelecer distinções entre Paisagens, tento descobrir semelhanças [...] tentando

percepcionar a universalidade subjacente à diversidade”. Grande parte dos primeiros “ecologistas da Paisagem” possuíam formação da Geografia e Biologia, tendo utilizado e incorporado fortemente conceitos das respectivas ciências.

TROLL, C. (1950) definiu a Ecologia da Paisagem como o estudo das relações físico – biológicas que governam as diferentes unidades numa região, tendo considerado que as relações eram tanto verticais (dentro de uma unidade espacial) como horizontais (entre unidades espaciais). Embora grande parte dos estudos em Ecologia se tenham concentrado na relação vertical (*i.e.* relações entre plantas, animais, ar, água e solo numa determinada área), o que torna a Ecologia da Paisagem única é o seu enfoque na relação horizontal, nas relações entre unidades espaciais, convergindo claramente com a Geografia e a sua análise da Paisagem. É no contexto desta relação horizontal, entre unidades espaciais, que se pretende utilizar os paradigmas e métodos da Ecologia da Paisagem para aprofundar o estudo do uso do solo, previamente identificado e cartografado.

ZONNEVELD, I.S. (1979) definiu Paisagem da seguinte forma “...[uma] parte do espaço da superfície terrestre, consistindo num complexo de sistemas, formada pela actividade das rochas, água, ar, plantas, animais e Homem, que pela sua fisionomia constitui uma entidade reconhecível”. Do ponto de vista da Ecologia da Paisagem, segundo FORMAN, R.; GODRON, M. (1986), Paisagem é “uma área heterogénea do território, composta por um acervo de ecossistemas em interacção, que se repete no espaço de forma similar. As Paisagens variam em tamanho até somente alguns quilómetros de diâmetro. A fotografia aérea é por vezes útil para identificar os ecossistemas que compõem uma Paisagem bem como a sua fronteira, que é geralmente distinta, especialmente em termos da estrutura da vegetação”. Uma Paisagem é, assim, um mosaico ecológico, ao qual os princípios da Ecologia da Paisagem se aplicam a qualquer escala.

A definição mais completa de Paisagem, do ponto de vista da Ecologia da Paisagem, é a de FARINA, A. (2000, p. 11), que será a adoptada como paradigma: “Uma Paisagem é uma configuração espacial de manchas, com dimensões relevantes para o fenómeno a ser estudado. Paisagem, do ponto de vista morfológico, é a extensão espacial, seguida por uma área espacial heterogénea. Paisagem é mais do que um lugar, mais do que um local geográfico ou um mosaico de cobertos, é na realidade o contexto físico e funcional em que os processos ecológicos e organismos relacionados ocorrem a diferentes escalas espaciais e temporais [...] poderíamos definir Paisagem simplesmente como «uma porção do mundo real», na qual estamos interessados em descrever e interpretar processos e padrões”.

Segundo TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (1991, p. 173): “As Paisagens, como outras unidades ecológicas de estudo, são dinâmicas na sua estrutura, função e padrões espaciais. Tal como as comunidades, são compostas de espécies e populações, as Paisagens são conjuntos de habitats, comunidades e tipos de uso do solo. A configuração espacial destes elementos pode ser atribuída a uma combinação de factores ambientais e forças humanas”. Importa realçar, deste texto, as

referências a – estrutura, padrões espaciais e tipos de uso do solo – pois a aplicação da Ecologia da Paisagem, no contexto deste trabalho, será feita segundo esses três vectores.

O cariz dinâmico das Paisagens introduz outro aspecto, o desenvolvimento ou formação da Paisagem, que resulta de três mecanismos que interagem entre os limites de uma Paisagem, de acordo com FORMAN, R.; GODRON, M. (1986) estes mecanismos são: processos geomorfológicos específicos que ocorrem durante muito tempo, padrões de colonização pelos organismos e perturbações locais dos ecossistemas em curtos períodos – regimes de perturbação. Assim, uma Paisagem é: “uma unidade distinta e mensurável, definida pelos seus ecossistemas interactuantes, reconhecíveis e espacialmente repetitivos, pela geomorfologia e regimes de perturbação” (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, p. 11)).

“Como uma célula de uma planta ou um corpo humano, este sistema vivo [a Paisagem] exhibe três características gerais: estrutura, funcionamento e mudança. **Estrutura** da Paisagem é o padrão espacial de arranjo dos elementos da Paisagem. **Função** é o movimento e fluxo de animais, plantas, água, vento, materiais e energia através da estrutura. **Mudança** é a dinâmica ou alteração nos padrões espaciais e funcionamento através do tempo” (DRAMSTAD, W.E.; OLSON, J.D.; FORMAN, R. (1996, p. 15)).

Consequentemente, a Ecologia da Paisagem concentra-se em três características fundamentais e “nucleares” da Paisagem (McGARIGAL, K.; MARKS, B.J. (1995, p. 2)):

- **Estrutura – Forma** – As relações espaciais entre os distintos elementos ou ecossistemas presentes, mais especificamente, a distribuição de energia, materiais e espécies em relação às dimensões, formas, número, tipo e configuração dos ecossistemas;
- **Função – Processo** – As interacções entre os elementos espaciais, ou seja, os fluxos de energia, materiais e espécies entre as componentes do ecossistema;
- **Mudança** – A alteração na estrutura e função do mosaico ecológico, ao longo do tempo.

Como definição, portanto, a “Ecologia da Paisagem envolve o estudo dos padrões da Paisagem, das interacções entre manchas num mosaico de Paisagem e a forma pela qual estes padrões e interacções mudam no tempo. [...] Considera o desenvolvimento e dinâmica da heterogeneidade espacial e os seus efeitos nos processos ecológicos e a gestão da heterogeneidade espacial” (RISSER, P.G. (1984)). A definição baseia-se, largamente, na ideia de que os padrões dos elementos da Paisagem (manchas) influenciam, forte e determinantemente, as características ecológicas. Assim, poder quantificar a estrutura da Paisagem é um pré-requisito para se poder estudar a função e mudança da Paisagem, na relação horizontal, entre várias unidades espaciais.

A definição mais sintética é a seguinte “Ecologia da Paisagem é o estudo da variação espacial nas Paisagens numa grande variedade de escalas. Inclui as causas e consequências biofísicas e societárias da heterogeneidade da Paisagem. Acima de tudo, é largamente interdisciplinar” (WIENS, J.A. (1992)).

As Paisagens podem, contudo, ser percebidas de diferentes formas pelos organismos. Segundo FARINA, A. (2000) são três as diferentes percepções possíveis:

Percepção humana da Paisagem – “Poderia parecer que a Paisagem, tal como é percebida pelos humanos, é uma integração dos processos mentais com a realidade. De acordo com esta perspectiva pode-se assumir que ocorrem dois tipos de Paisagens (orientada para a natureza e orientada para a cultura); a primeira é o produto indirecto das nossas necessidades, como uma Paisagem agrícola, enquanto a segunda é o resultado duma evolução cultural e do estilo de vida, constituindo o produto estocástico de políticas orientadas aleatoriamente para o Ambiente” (FARINA, A. (2000, p. 15)).

O tipo de Paisagem na área de estudo, bem como o processo de definição da legenda são, em grande parte, orientados por uma percepção humana da Paisagem, não só porque essa própria Paisagem é fortemente humanizada mas, também e sobretudo, porque a percepção dessa Paisagem é altamente subjectiva e pessoal, como foi discutido e analisado anteriormente. Desta forma, a óptica de análise e avaliação da Paisagem será feita de uma perspectiva claramente de percepção humana.

Percepção animal da Paisagem – Nos animais, a “percepção” da Paisagem é um produto genético e da experiência, “[...] reconhecimento do espaço circundante é vital para a maior parte dos animais. Na realidade, um organismo usa o espaço circundante extensivamente para múltiplas funções, como acasalamento, alimentação, criação. [...] Existem pelo menos três importantes processos comportamentais envolvidos nesta espacialidade: a capacidade de regressar a «casa», a capacidade de dispersão em ambientes hostis e a capacidade de encontrar os recursos necessários para sobreviver, num equilíbrio contínuo entre output de energia e input de energia. [...] A maior parte dos animais tem a capacidade de criar um mapa espacial orientado pelos sentidos (visual, auditivo e olfactivo) e, conseqüentemente, saber onde se encontra” (FARINA, A. (2000, p. 17)).

Embora exista um vasto campo, na Ecologia da Paisagem, orientado para estudos comportamentais e espaciais dos animais, essa não será claramente a abordagem seguida. No entanto, a forma e estrutura do mosaico condiciona fortemente os comportamentos e comunidades animais, em termos de dimensão e isolamento das manchas e fragmentação da Paisagem, existindo uma extensa obra de casos-estudo para incontáveis espécies animais. Dado que os tipos de coberto vegetal – uso do solo possuem comunidades faunísticas próprias, que foram referidas na descrição das classes, salvaguarda-se assim um pouco a relevância desta percepção animal da Paisagem, embora somente quanto às comunidades presentes em cada classe.

Percepção “vegetal” da Paisagem – “As plantas parecem ter uma «percepção» diferente da dos animais e humanos, mas se nos deslocarmos numa escala temporal extremamente curta, à qual os animais reagem, para uma escala temporal mais alargada, podemos encontrar padrões similares nas interações plantas – Paisagem. Os mecanismos de tentativa e erro usados pelos animais e especialmente pelos humanos, são também utilizados pelas plantas, favorecendo formas mais adaptativas. As plantas reagem em muito pouco tempo a perturbações como o fogo, fluxos de nutrientes e disponibilidade de água. Quando passamos de espécies de plantas para comunidades de plantas podemos encontrar grandes semelhanças com os animais” (FARINA, A. (2000, p. 19)).

Não obstante, em termos das percepções de Paisagem e da representação cartográfica dessa mesma Paisagem, enquanto carta de coberto vegetal – uso do solo, convém lembrar e sublinhar que “... é inegável que os objectos, as formas e suas combinações, que podem ser percebidas como Paisagem, são realidades que existem independentemente do observador. [quanto à sua cartografia] [...] o espaço da carta é universal, abstracto, objectivo; o da Paisagem é singular, concreto, subjectivo” (ROUGERIE, G; BEROUTCHACHVILI, N. (1991, pp. 129-130)).

No contexto deste trabalho o uso e recurso à Ecologia da Paisagem será, exclusivamente, direccionado para a relação horizontal entre unidades de Paisagem, manchas, classificadas graças à Teledeteção e processamento digital de imagem de satélite, ou seja: análise da estrutura – forma e sua mudança em termos de Paisagem humana. Deste modo, a análise vertical, dentro de cada unidade, mais direccionada para as funções – processos não será efectuada, até porque está fora do âmbito da formação geográfica do autor, pressupondo conhecimentos bastante mais profundos no domínio da Biologia e Ecologia.

2. Enquadramento - Contextualização

A análise dos padrões da Paisagem, do mosaico, será efectuada sobre as classificações para as três datas, através de métodos de avaliação da Paisagem. Antes, contudo, importa enquadrar o recurso à Ecologia da Paisagem dum ponto de vista do geógrafo e em termos de utilização da Teledeteção, pois existem vários aspectos que importa definir e acautelar.

2.1 Geografia

Como definido a propósito da Teledeteção, o objecto de estudo e técnicas da Geografia são, segundo NRC (1997, p. 3), os seguintes:

- Os geógrafos estudam tanto a integração “vertical” de características que definem um lugar como as conexões “horizontais” entre lugares [...] concentram-se também na importância da escala (no espaço e no tempo) nestas relações;

- As perspectivas da Geografia são suportadas por um corpo de técnicas de observação, como o trabalho de campo, Teledetecção e amostragem espacial, e de técnicas de análise e visualização de informação geográfica, como a cartografia, estatística espacial e SIG's.

Dum ponto de vista da Ecologia da Paisagem, tanto as relações verticais como horizontais das unidades espaciais são dois elementos estruturantes da Paisagem, bem como as noções de escala e tempo. Assim sendo, o objecto da Geografia confunde-se profundamente com o estudo das características fundamentais da Paisagem, estrutura – forma e mudança, mas quase nada com a função – processo a nível das manchas da Paisagem, visto que essa relação vertical é sobretudo de índole Biológica e Ecológica, embora o meio físico também constitua parte desses elementos “verticais” de uma mesma unidade espacial: geomorfologia, solos, clima.

Também as técnicas de observação, análise e visualização utilizadas pela Geografia são particularmente adequadas e, até, coincidentes com as da Ecologia da Paisagem (ou deveriam ser). Portanto, o objecto de estudo e as técnicas são coincidentes e convergentes, particularmente no âmbito da relação horizontal entre unidades espaciais. Além deste facto, a Geografia também “estuda” a Paisagem e possui uma acuidade própria para as questões relacionadas com o conceito de escala, a nível de análise, observação e escala inerente a fenómenos e processos vários: “... os Geógrafos reconhecem que as respostas a questões de investigação são frequentemente dependentes da escala. No entanto, este princípio e as suas ramificações, para compreender fenómenos e processos num contínuo geográfico de escala, não são bem reconhecidos nas comunidades das ciências sociais e naturais, sendo a Ecologia a notável excepção” (NRC (1997, p. 143)).

Existem também geógrafos que trabalham no domínio da Bio-Geografia, “...investigando os padrões espaciais e a dinâmica de espécies e comunidades de animais e plantas, bem como os ecossistemas em que ocorrem, em relação tanto aos processos naturais como antropogénicos. Esta pesquisa é levada a cabo a escalas locais a regionais, concentrando-se nas características espaciais das espécies e comunidades, como reveladas por trabalho de campo e/ou análise de imagens da Teledetecção” (NRC (1997, p. 35)).

Uma das definições de Paisagem mais aceites, no contexto da Geografia, é a seguinte: “A Paisagem é, numa porção de espaço, o resultado da combinação dinâmica, logo instável, de elementos físicos, biológicos e antropogénicos que, reagindo dialecticamente entre si, tornam a Paisagem num conjunto único e indissociável” (BERTRAND, G. (1968)). Esta definição, bem como outras do mesmo tipo, caracterizam bem a abordagem da Geografia à Paisagem, que também possui muitos elementos comuns às definições no âmbito da Ecologia da Paisagem. Contudo: “...no mundo ocidental, a Paisagem dos Geógrafos é um termo e uma noção de uso essencialmente pedagógico, é uma forma cómoda – e quase ritual – de apresentar as coisas, mas que alia duas das principais críticas feitas à Geografia: uma disciplina literária e uma abordagem descritiva” (ROUGERIE, G; BEROUTCHACHVILI, N. (1991, p. 55)).

Sem se pretender aprofundar ou debater em demasia esta opinião, é contudo importante referir a posição defendida no contexto deste trabalho: em termos estritos de estudos do uso do solo e sua evolução, não poucas vezes a abordagem é muito descritiva, pouco interpretativa e pouco ou nada quantitativa, logo subjectiva. O objectivo do uso e recurso aos paradigmas e, sobretudo, métodos da Ecologia da Paisagem neste trabalho é, assumidamente, tentar avaliar e testar os seus métodos quantitativos de análise espacial da Paisagem. Esse tipo de abordagem poderá permitir, *a priori*, uma análise francamente mais rica, profunda e frutífera do que uma simples análise das proporções de espaço afecto a cada coberto vegetal – uso do solo. É, por assim dizer, uma entrada no domínio da análise da estrutura da Paisagem e análise dos padrões espaciais dessa mesma Paisagem, de uma forma eminentemente quantitativa e devidamente alicerçada em paradigmas validados no seio do corpo científico da Ecologia da Paisagem.

A posição e orientação a seguir são claras: enquanto geógrafo, num claro enquadramento Geográfico, estudar o coberto vegetal – uso do solo no Concelho de Mértola, recorrendo aos métodos e técnicas da Ecologia da Paisagem, para efeitos de avaliação da Paisagem, enquanto mais valia clara e novo patamar de análise quantitativa e cognitiva da Paisagem. “Quando o conceito de heterogeneidade da Paisagem é estendido para lá da Geografia, Geomorfologia e comunidades vegetais, para níveis em que o que constitui uma «mancha» se torna visualmente menos óbvio, os métodos quantitativos assumem enorme importância” (TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. (1991, p. 18)).

Como se pode observar na Figura 5.1, ambas as escolas da Ecologia da Paisagem “beberam” de várias fontes, estando enquadradas por várias disciplinas e temáticas. As que constituem os vectores fundamentais deste trabalho prendem-se com a Geografia (globalmente e como substracto intrínseco), o estudo da Paisagem e do coberto vegetal – uso do solo através da Teledeteção, utilizando métodos de análise de padrões espaciais e estrutura da Paisagem.

Este enquadramento e contexto exclui os aspectos ligados à relação vertical nos ecossistemas, eminentemente ligados a aspectos físicos da Paisagem, Biologia e Ecologia, bem como questões de gestão ambiental, planeamento e ordenamento do território. O objectivo do “exercício” é explorar, testar e validar os métodos e técnicas da Ecologia da Paisagem para avaliação da Paisagem, declaradamente enquanto instrumentos para uma nova abordagem do estudo da Paisagem em Geografia. A convergência entre Geografia e Ecologia da Paisagem valida este objectivo, porque a Paisagem é o objecto de estudo de ambas, porque ambas possuem um carácter francamente interdisciplinar, porque partilham métodos e técnicas e porque prestam particular atenção a questões de escala.

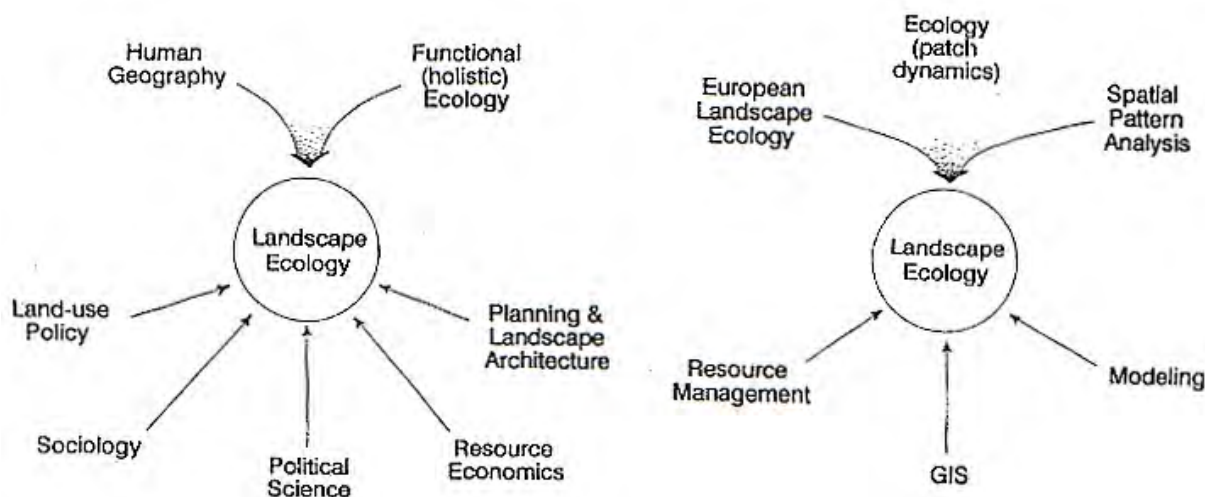


Figura 5.1 – Exemplificação do desenvolvimento histórico da Ecologia da Paisagem na Europa (esquerda) e América do Norte (direita) (FARINA, A. (2000, p. 10)).

2.2 Teledetecção

O seu uso, como técnica de observação e análise em Geografia, foi justificado e sinteticamente validado no Capítulo II, Ponto 2, a propósito de estudos e investigação relacionados com o coberto vegetal e uso do solo. A questão que agora e aqui se põe prende-se com a adequabilidade da Teledetecção, enquanto técnica, para efeitos de avaliação da Paisagem no âmbito da Ecologia da Paisagem, bem como com as limitações e “cautelas” a ter nessa mesma utilização. Claro está que a Teledetecção, seja aérea ou de satélite, constitui uma técnica essencial para estudos da Paisagem, coberto vegetal e uso do solo por parte da Geografia, como tal esse facto valida parcialmente a sua utilização.

- Por um lado, a própria Geografia pode permitir “melhoramentos” no uso da Teledetecção, “A contribuição dos cientistas sociais poderá permitir [até] aos especialistas da Teledetecção «ver» padrões da Paisagem nos dados da Teledetecção não aparentes previamente” (RINDFUSS, R.R.; STERN, P.C. (1998, p. 3));
- “A Teledetecção é há muito utilizada para providenciar dados para estudos ambientais. Contudo, até à data o uso da Teledetecção para caracterizar padrões da Paisagem e relacioná-los com processos ecológicos não foi rigorosamente ou profundamente abordada” (FROHN, R.C. (1998, p. 4)). Ou seja, a Teledetecção tem sobretudo desempenhado um papel na análise de padrões espaciais, relação horizontal entre unidades espaciais, cara à Geografia e absolutamente enquadrada em estudos do coberto vegetal e uso do solo. Assim, o uso que se pretende «dar» à Teledetecção é não só válido como comum. Pouco trabalho tem sido realizado e/ou aprofundado em termos da relação vertical, eminentemente ecológica e biológica e funcional: “Mudanças em padrões de escala apreciável podem ser medidos com tecnologia de Teledetecção, sendo que a

compreensão das relações padrões – processos permitirá que as mudanças funcionais sejam inferidas” (TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. (1991, p. 5));

- No entanto, em termos de análise da Paisagem, há cuidados a ter dum ponto de vista da Geografia, pois “...outras ferramentas fantásticas e quase mágicas são os documentos da Teledetecção, aérea ou de satélite. São por vezes consideradas como Paisagens. Mas não é nada assim, são somente imagens, documentos de aproximação que contêm uma informação que se tem que interpretar por forma a saber de que é feita a Paisagem” (ROUGERIE, G; BEROUTCHACHVILI, N. (1991, p. 126)). Utilizar imagens sem uma correcta e aprofundada interpretação é, portanto, delicado e desaconselhável, devendo-se ter inúmeros e sérios cuidados até produzir as classificações do coberto vegetal – uso do solo que constituem o input para a avaliação da Paisagem. A extensão, *quicá* um pouco excessiva, com que se abordou as limitações, concessões, descrição e significado da legenda da classificação no Capítulo IV – Ponto 1 (Definição da Pré-Legenda), pretendeu minimizar os erros de interpretação e balizar tanto quanto possível as escolhas efectuadas;
- É um facto insofismável que “O mundo real é tão complexo e variável que a cartografia de padrões ambientais a partir de dados da Teledetecção está sempre sujeita a alguma dúvida e erro” (BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999, p. 52)). Mas as imagens da Teledetecção fornecem da Paisagem “uma visão exterior, de conjunto, global mesmo, mas simultaneamente redutora, mesmo se podem fornecer as chaves de acesso ao coração da Paisagem” (ROUGERIE, G; BEROUTCHACHVILI, N. (1991, p. 246));
- Um facto essencial é que “A Teledetecção existe como forma de integrar respostas especialmente heterogéneas num formato mais facilmente mensurável, ao quantificar respostas espectrais a uma determinada escala [o pixel]. Logo, o domínio multi-espectral existe como factor de integração de fenómenos relacionados com escala” (QUATTROCHI, D.A.; PELLETIER, R.E. (1991, p. 57)). Desta forma, o grão da Paisagem, quando observado pela Teledetecção enquanto técnica, tem uma escala intrinsecamente definida pela resolução espacial do sensor, que passa a ser a escala de análise para toda a imagem. Esta “simplificação” é absolutamente objectiva e homogénea, baseando-se em aspectos físicos e propriedades de reflectância dos objectos no terreno, sendo não uma limitação da Teledetecção mas sim uma grande vantagem. “...o valor do pixel é o valor médio que existe naquela unidade [espacial] para determinado quadro temporal [...] O problema da extensão espacial está resolvido, permitindo a identificação e caracterização da variabilidade e heterogeneidade de uma imagem, para determinada resolução” (SEIXAS, J.F. (1998, p. 43)). Não obstante, quando se passa à avaliação da Paisagem, a escala do sensor, que passa a ser a escala de análise da Paisagem, tem que estar presente na interpretação e análise dos resultados, pois “...quando encontramos uma mancha representada pelo mesmo tipo de pixels designamos essa mancha como homogénea, mas a homogeneidade é uma questão de escala e não existe na

natureza como um padrão estrutural” (FARINA, A. (2000, p. 99)). As questões ligadas à escala de análise da Paisagem e resolução das imagens de satélite serão abordadas posteriormente;

- Em termos da eventual existência de uma dicotomia entre Paisagens naturais e humanas, a Teledetecção “resolve” também esse problema, de uma forma mais uma vez objectiva, homogeneizante e regular. “Portanto, a Teledetecção constitui uma espécie de memória em que são registadas diferentes camadas de informação, «somando» a história de ciclos sucessivos de comportamento humano à superfície da Terra. O estrato mais recente não apaga a evidência de fases prévias de actividade” (Comissão Europeia (2000)). Pois, “Virtualmente todas as Paisagens são, de facto, Paisagens culturais que mantêm vestígios de práticas de gestão antigas, assim como práticas actuais. Portanto, a questão do impacto humano nas Paisagens é uma questão de grau, não de tipo” (DUNN, C.; SHARPE, D.; GUNTENSPERGEN, G; STERANS, F.; YANG, Z. (1991, p. 175)).

A validade da Teledetecção é, portanto, absoluta para efeitos de avaliação da Paisagem segundo os métodos e técnicas da Ecologia da Paisagem. Há que interiorizar ideias e conceitos da Geografia, proceder a uma interpretação cuidada das imagens, resistindo ao uso das imagens de satélite como Paisagens, interiorizar claramente que a resolução das imagens é a escala intrínseca de análise. Embora a validade seja um dado adquirido, existem segundo (QUATTROCHI, D.A.; PELLETIER, R.E. (1991, p. 55)) várias respostas que a Teledetecção pode dar em termos de Ecologia da Paisagem, mas o seu uso levanta também várias questões:

Questões de **Espaço**

O que é que existe ?

Uso do solo, coberto vegetal, elementos de Paisagem...

Qual é o arranjo, distribuição e padrão dos elementos da Paisagem?

Heterogéneo, contínuo, disperso, linear...

Qual é a escala espacial adequada à análise ?

Questões de **Tempo**

Qual é a dinâmica temporal da Paisagem ?

Discreta, contínua, aleatória, caótica...

Qual é o intervalo temporal necessário para análise ?

Curto, médio, longo, multi-temporal...

Questões de **Dinâmica**

Que tipo de processos dão forma à Paisagem ?

Explícitos, implícitos, naturais, antrópicos...

Qual é a natureza destes processos ?

Estática, constante, consistente, perturbada...

Em termos das questões de espaço a Teledetecção responde claramente às duas primeiras, se utilizada como meio de uma forma adequada e com uma enorme proximidade, em termos de conhecimento do terreno, à Paisagem a analisar. Já a questão da escala mais adequada deve ser posta antes da escolha do sensor a utilizar, como foi feito no caso deste trabalho. Contudo, em termos Ecológicos a escala pode não ser a mais adequada, o que não invalida obrigatoriamente a escolha do sensor, pois se o óptimo é inimigo do bom, há claramente uma escolha finita e limitada quanto aos sensores a escolher. Assim sendo, como previamente discutido para este caso, os sensores TM e ETM+ são adequados, tendo em conta que maximizam as vantagens existentes.

A área de análise, uma unidade espacial administrativa como o Concelho de Mértola, não é provavelmente relevante em termos ecológicos ou estritamente paisagísticos, mas visto que o objectivo é testar e validar métodos de análise espacial, parece ser aceitável e até justificável essa escolha, pois existe uma série de mais valias não negligenciáveis, sobretudo a nível de dados sócio – económicos e demográficos que pode permitir compreender, francamente melhor, a porção antrópica que age dialecticamente com o Meio físico.

Quanto às questões de tempo, a escolha do sensor e das datas deve ser, claramente, efectuada após uma análise profunda do tipo de ecossistema e dos processos dominantes, tanto no presente como num passado suficientemente amplo para proporcionar uma clara imagem evolutiva do tipo de Paisagem em análise. A escolha dos períodos do ano mais propícios para aquisição das imagens, bem como o período temporal escolhido e aposta em duas datas por ano como forma de melhor caracterizar e classificar as imagens, enquadra-se plenamente neste princípio. Pressupôs, como foi anteriormente explicado, um conhecimento do terreno, do ecossistema, da sua dinâmica temporal e tendências recentes. Somente depois de se encontrarem respostas para estas questões se pode, seguindo esta linha de abordagem, escolher e utilizar adequada e proveitosamente a Teledetecção como técnica de observação válida para uma avaliação da Paisagem pelos métodos da Ecologia da Paisagem.

Por último, em termos dos processos presentes na Paisagem, sua natureza e tipo, passa-se um pouco o mesmo que com as questões temporais, das quais a dinâmica é quase intrinsecamente indissociável. Somente através de um conhecimento perspectivo, coadjuvado com um correcto e profundo conhecimento do terreno (nunca é de mais referir este aspecto), se pode identificar os processos presentes. Tentou-se, no caso deste trabalho, não só identificar e caracterizar aquele que é considerado o mais importante – degradação num extremo, regeneração no extremo oposto – como apoiar o conhecimento e compreensão do processo e processos adjacentes com dados experimentais.

Dessa forma, não só se concorre para um ainda maior conhecimento da Paisagem como se pode, potencialmente, adequar melhor o uso da própria Teledetecção, os problemas e “confusões” que a Paisagem levanta para a sua utilização e melhor enquadrar e balizar a interpretação posterior dos

resultados. Este enquadramento é não só particularmente válido para o produto final da utilização das imagens de satélite como, também e nesta fase, para melhor compreender a Paisagem nesta nova perspectiva de forma – função – mudança que a Ecologia da Paisagem oferece.

Resulta claro que a Teledetecção responde, de facto, a uma série de questões mas que, sem se saber a resposta para uma série de outras questões em termos de tempo e dinâmica, antes de escolher sensor, datas e período multi-temporal de análise, a própria utilização da Teledetecção fica um pouco comprometida como técnica válida para utilização no contexto da Ecologia da Paisagem. Mas, efectivamente, também a própria utilização da Teledetecção *per se* fica comprometida até certo ponto se, igualmente, não se responder a uma série de questões antes de analisar, interpretar e classificar as imagens. Se essas questões forem equacionadas, aprofundadas e esclarecidas para o uso “puro” da Teledetecção, então, inerentemente, a sua utilização é absolutamente válida para avaliação da Paisagem com os métodos e técnicas da Ecologia da Paisagem.

Concluindo, em termos da aplicabilidade da Teledetecção e segundo SEIXAS, J.F. (1998 pp. 67-68): “O modelo de dados da Teledetecção, ou modelo raster, diz respeito a gradientes ambientais. O arranjo espacial e distribuição dos dados espectrais está relacionado com algumas variáveis ambientais, como a vegetação ou características do solo, revelando o contínuo que ocorre na natureza. Os dados da Teledetecção estão numa grelha regular e resultam numa população subjacente contínua. [...] Dum ponto de vista analítico, o modelo de dados raster acomoda correctamente a variabilidade espacial que ocorre naturalmente nas Paisagens. [...] Dum ponto de vista funcional, a noção de vizinhança ecológica é conseguida no âmbito do modelo de dados raster [...] devido à sua amostragem espacial exaustiva. [...] Se a ecologia do pixel está a mudar, as suas propriedades espectrais também mudam e a trajectória pode ser avaliada ao longo do tempo”.

3. Estrutura da Paisagem

Segundo a Ecologia da Paisagem, a estrutura de uma Paisagem é composta por três tipos distintos de elementos: Patches (**manchas**, áreas, polígonos), Corridors (**corredores**) e Matrix (**matriz**). Estes elementos base são a raiz cognitiva que permite a comparação entre Paisagens distintas, permitindo desenvolver princípios gerais. A linguagem espacial torna-se evidente “quando se considera como as manchas, corredores e matriz se combinam para formar a variedade de «land mosaics» na terra” (DRAMSTAD, W.E.; OLSON, J.D.; FORMAN, R. (1996, p. 15)).

3.1 Manchas

Estas manchas (patches) podem ser definidas como uma “superfície não linear, diferindo em aparência da sua vizinhança. As manchas variam largamente em termos de tamanho, forma, tipo, heterogeneidade e características de fronteira. Além disso, as manchas estão por vezes embebidas numa matriz, área circundante que possui uma diferente estrutura de espécies ou composição.

Normalmente, as manchas na Paisagem são comunidades de plantas ou animais, isto é, conjuntos de espécies. Contudo, algumas manchas podem não ter vida, ou conterem somente microorganismos, sendo então caracterizadas mais proeminentemente pela presença, por exemplo, de rocha, solo, pavimento ou edifícios.” (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, p. 83)).

As origens das manchas podem ser várias, em função de mecanismos causais ou origem. Muito sinteticamente ⁵⁹ (Figura 5.2):

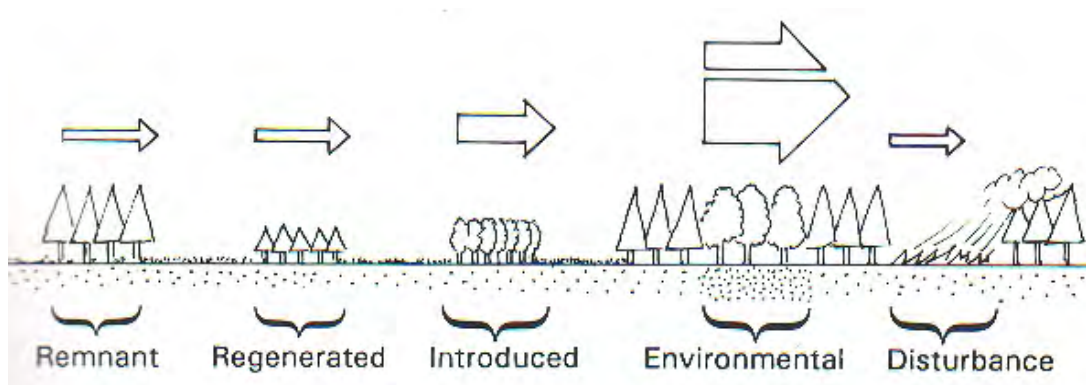


Figura 5.2 – Tipos de manchas, sua origem e persistência. A Paisagem original era Floresta de Coníferas. Dimensão da seta é proporcional à persistência (FORMAN, R. (1995, p. 45)).

- **“Disturbance patches”** – Manchas de perturbação – várias perturbações estão na sua origem: deslizamentos, temporais, sobrepastoreio, exploração florestal, fogos e queimadas, minas a céu aberto, entre outras. Depois da perturbação há várias dinâmicas distintas na mancha, que afectam as espécies aí existentes: extinção, diminuição das populações ou “dormência” (caso das sementes, esporos, após um incêndio). As mudanças nos quantitativos de algumas espécies, consequentemente, podem também alterar com o tempo as proporções das espécies restantes na mancha. Por último, além da emigração de algumas espécies pode também existir imigração de novas espécies, que colonizam o espaço aberto ou estão adaptadas às novas condições (por essa razão as estevas colonizam facilmente áreas queimadas, tornando-se dominantes). O tipo de perturbação, consoante é pontual ou crónica (repetitiva), gera também regimes diferentes, sendo que nalguns casos o próprio sistema pode ser dependente da perturbação, o que ocorre sobretudo no caso das perturbações antrópicas. Em muitos casos, como referido para as áreas agrícolas, a fauna presente está profundamente adaptada ao próprio regime de perturbação; assim a mancha é de perturbação mas encontra-se em equilíbrio com a matriz que a envolve. Como referido antes, até certo ponto, um montado é um tipo de mancha dependente de perturbação;

⁵⁹ Esta classificação baseia-se nos princípios enunciados por FORMAN, M.; GODRON, R. (1986) e FORMAN, R. (1995), para quase todos os autores estas obras constituem a pedra basilar epistemológica da Ecologia da Paisagem.

- **“Remnant patches”** – Manchas remanescentes – perturbação generalizada em torno duma pequena área, que escapa a essa perturbação, o “negativo” do mecanismo das manchas de perturbação. Reminiscência da comunidade anterior (à perturbação) de plantas e animais, encaixada na matriz que foi perturbada. No entanto, visto que há perturbação à volta deste tipo de manchas, elas não se podem considerar como absolutamente originais, pois há movimento de espécies entre estas áreas e a envolvente perturbada, podendo até as manchas ficarem isoladas durante muito tempo, o que pode pôr sérios problemas a nível de recursos genéticos. Nalguns casos estas manchas remanescentes podem também resultar de regimes de perturbação crónica, podendo parecer semelhantes a manchas de regeneração;
- **“Regeneration patches”** – Manchas de regeneração – um sector integrado numa área de perturbação crónica liberta-se dessa perturbação, permitindo a recuperação, é o caso dos montados abandonados ou do mato que “segue” o abandono dos campos agrícolas. Assemelham-se por vezes às manchas remanescentes mas a sua origem é diversa, a perturbação cessou;
- **“Environmental resource patches”** – Manchas de recurso ambiental – ao invés das manchas de perturbação, são manchas estáveis e não relacionadas com perturbação, que constituem áreas colonizadoras e de manutenção de espécies. Na área de estudo, as áreas de mato denso não perturbado, nalguns topos e ao longo dos vales mais encaixados, constituem manchas de recurso ambiental. Os processos dinâmicos de flutuação, imigração e extinção da população estão presentes, mas a um nível muito baixo;
- **“Introduced patches”** – Manchas introduzidas – introdução humana de organismos (plantas, animais, pessoas, usos). Subdividem-se em: plantadas (nomeadamente actividades agrícolas, florestais ou jardins), casas e habitações (perturbação que envolve a eliminação parcial ou total do ecossistema natural nesse ponto). As actividades de “manutenção”, que pretendem evitar ervas daninhas, sucessão nos campos agrícolas, roedores e predadores das culturas, a própria drenagem, fertilização e rega do solo resultam numa longa persistência das manchas plantadas. Passa-se o mesmo com a introdução de animais, como os rebanhos, que constituem por si só uma “mancha” animal na matriz animal global, exercendo perturbação nas manchas vegetais, que se for prolongada ou inadequada pode dar origem a perturbação grave das manchas, degradação ambiental. No caso das habitações, este sistema inclui quatro tipos de espécies: pessoas, plantas e animais introduzidos, pestes inadvertidamente introduzidas e imigração de espécies. Como é altamente artificial depende do grau de manutenção exercido pelos humanos;
- **“Ephemeral patches”** – Manchas efémeras – Concentrações sazonais e/ou momentâneas de espécies vegetais/animais (migrações, floração, abate de árvores, etc.).

Quais são, então, os aspectos que influenciam e controlam estas manchas ?

- **Tamanho** – A dimensão, área de cada mancha, influencia a nível da energia e nutrientes disponíveis e o número, tipo e fluxo de espécies. Segundo FORMAN, R. (1995, p. 47), os valores ecológicos das manchas grandes e pequenas podem ser resumidos da seguinte forma:

Manchas Grandes

1. Protecção da qualidade da água para aquíferos e lagos;
2. Conectividade de uma baixa ordem na rede de drenagem, bom para movimento geral e para as comunidades piscícolas;
3. Habitat capaz de sustentar populações de espécies interiores (de manchas);
4. Habitat interior, núcleo e área de fuga para grandes vertebrados;
5. Fonte de espécies em dispersão na matriz;
6. Proximidades de micro-habitat para espécies multi-habitat;
7. Regimes de perturbação próximos do normal. Algumas espécies evoluíram e requerem perturbação, vivem sobretudo nas margens;
8. Efeito tampão contra processos de extinção durante modificações ambientais.

Manchas Pequenas

1. Habitat e pontos de passagem para dispersão de espécies, re-colonização após extinção de espécies interiores;
2. Alta densidade de espécies e grande dimensão das populações de margem;
3. Heterogeneidade da matriz que reduz a amplitude dos processos (e.g. a erosão) e permite refúgio dos predadores;
4. Habitat para espécies restritas a pequenas manchas. Algumas espécies não persistem em manchas grandes;
5. Protegem pequenos habitats dispersos e espécies raras.

Resumindo

Manchas grandes, grandes benefícios, manchas pequenas, pequenos benefícios suplementares.

- **Forma** – O significado mais importante da forma prende-se com o efeito de margem: quanto mais irregular a forma, maior será a proporção de áreas de margem que têm características próprias de grande diversidade e dinâmica mas diferentes das comunidades do interior de manchas. A relação entre a área interior e a margem influencia várias características ecológicas, entre uma mancha circular e uma alongada, a última funciona mais como corredor, tem provavelmente maior diversidade interior e maior margem ao longo da qual interage com a matriz. Uma mancha circular tem potencialmente maior diversidade de espécies, menos barreiras no seu

interior e apresenta uma maior eficácia em termos de alimentação para os animais no seu interior. Mas a forma das manchas correlaciona sobretudo com a intensidade da actividade humana, quanto mais lineares e angulares são as margens mais antrópico o elemento da Paisagem. Relacionando o alongamento da mancha (rácio entre o comprimento e largura) com a convolução, somente as formas circulares ocorrem tanto naturalmente como produzidas pela actividade humana (Figura 5.3).

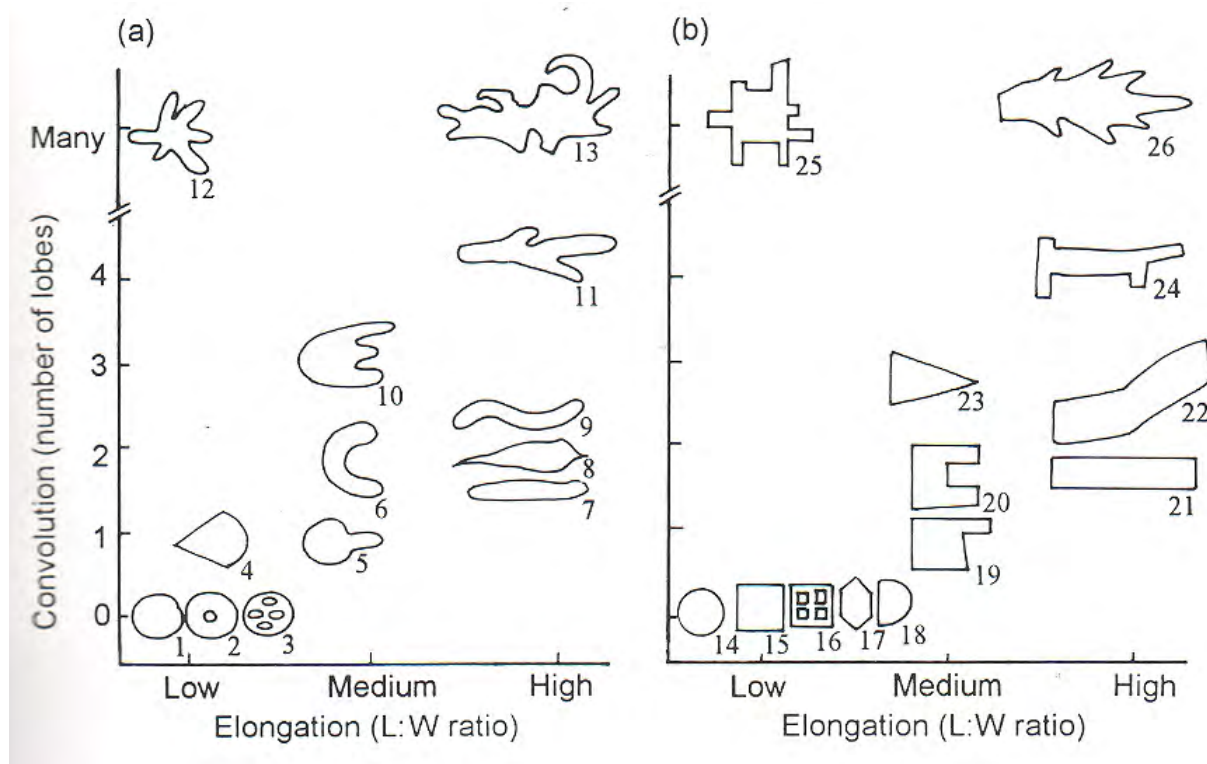


Figura 5.3 – Formas de manchas na Paisagem, ordenadas por origem e forma. (a) Manchas naturais (curvilíneas ou em forma de ameba). (b) Manchas de origem humana (geométricas). Alongamento e convolução são considerados os dois primeiros componentes da forma. Exemplos para cada mancha numerada são: (1) Pântano, cratera, lago em circo glacial, ponto elevado numa área húmida; (2) Vertente em torno de um topo, área de inundação em relevo tipo Karst; (3) Perturbação no interior de uma mancha; (4) Delta, cone de dejectação aluvial; (5) Deslizamento, avalanche, mancha florestal ao longo de uma linha de água; (6) Lago de origem glacial em forma de ferradura, duna barkan; (7) Área húmida ou lago glacial; (8) Duna, ilha num rio; (9) Manchas florestais ao longo de linha de água ou rio; (10) Topo com coada de lava, cabeceiras em torno de um fiorde; (11) Manchas florestais ao longo de rio com tributários; (12) Vegetação num topo estendendo-se pelas cumeadas adjacentes, perturbação por pisoteio de mamíferos em volta de um ponto de água; (13) Perturbação devida a incêndio, perturbação por erupção de uma praga; (14) Povoação em torno de um poço ou fonte, irrigação circular com pivot; (15) Quarteirão residencial, corte de um lote de árvores em floresta; (16) Manchas de árvores no interior de uma área de corte; (17) Padrões de uso do solo em torno de uma localidade central; (18) Pequena albufeira e barragem numa exploração agrícola (charca); (19) Mancha de árvores em terreno agrícola, cemitério numa cidade; (20) Mancha florestal numa área residencial de baixa densidade; (21) Campo cultivado; (22) Fairway num campo de golfe, pista de esqui; (23) Campo cortado diagonalmente por estrada posterior; (24) Mancha de árvores na área de intersecção de várias explorações agrícolas; (25) Vila ou cidade com crescimento ao longo dos principais eixos de transporte; (26) Albufeira de uma barragem (FORMAN, R. (1995, p. 117)).

Os principais atributos da forma de uma mancha (alongamento, convolução, interior e perímetro) apresentam vantagens e desvantagens, de acordo com três princípios de forma e função: “(1) As formas compactas são eficientes na conservação de recursos. Protegem recursos interiores contra efeitos negativos do exterior. Em formas compactas os grupos militares minimizam o perímetro exposto ao inimigo e as lebres árticas, com as suas orelhas pequenas, minimizam a exposição ao vento e vento envolventes. (2) Formas convolucionadas são eficientes ao ampliar as interações com o Meio envolvente. Uma margem longa e comum entre dois objectos fornece uma maior probabilidade de movimentos através da fronteira por unidade de área, numa ou em ambas as direcções. Um bosque com vários braços tem movimentos consideráveis de vida selvagem, em ambos os sentidos, um edifício com várias alas troca imensa energia com a envolvente. (3) Além da interacção activa com a envolvente, redes ou formas labirínticas tendem a possuir um sistema «canalizado» de transporte. Uma rede de estradas, sistema fluvial ou sistema telefónico transmitem objectos ou informação de uma porção da rede a outra” (FORMAN, R. (1995, p. 125)).

Em termos de manchas, um importante pressuposto base é que as mudanças de uso do solo, desde as actividades agrícolas, num início, até a um processo efectivo de urbanização, modificam não só a dimensão e forma das manchas, mas também a distância entre elas, constituindo isso um processo de fragmentação da Paisagem (Figura 5.4). Aqui importa realçar um facto a nível da Ecologia da Paisagem, que foi inicialmente desenvolvida, em maior profundidade, para meios florestais, considerados como ponto de partida, implicando esse facto que se considera a heterogeneidade como uma “degradação” de uma mancha inicial, contínua. No caso da Paisagem Mediterrânea, há muito humanizada e com um mosaico clara e intrinsecamente heterogéneo, a interpretação e análise das características das manchas deve ser devidamente enquadrada no tipo de mosaico que se considera como original.

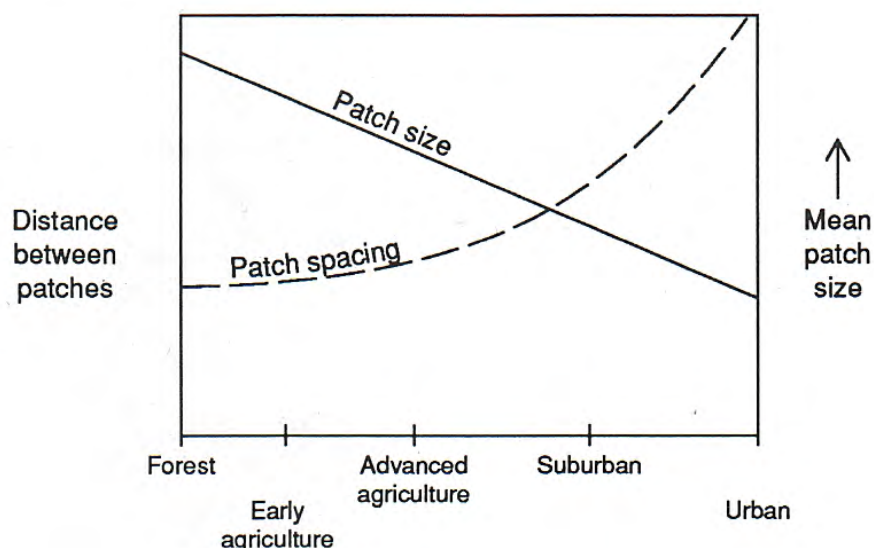


Figura 5.4 – Mudanças de dimensão e espaçamento das manchas com a evolução do uso do solo de natural a urbano (MARSH, W.M. (1997, pp. 363)).

Não obstante, analisando a Figura 5.4, resulta claro que graus sucessivos de maior e mais intensa acção antrópica implicam, potencialmente, diminuição da dimensão das manchas e aumento da distância entre elas. A questão que se põe é, no contexto da área em análise, ancestralmente agrícola e claramente Mediterrânea, se uma maior ou menor fragmentação da Paisagem consiste num processo de degradação ambiental. No caso da área em análise, o abandono da agricultura deverá formalmente levar a uma maior heterogeneidade espacial que, claramente, não pode ser considerada como degradação mas sim como um processo de recuperação.

Resumindo, em termos de manchas: "...elas são elementos estruturais proeminentes e ubíquos da Paisagem. Perturbação, heterogeneidade de recursos ambientais e introdução pelo Homem causam estas manchas de organismos, o resultado final são padrões altamente diversos de dinâmica de espécies, estabilidade e recuperação entre manchas. [...] A dimensão das manchas é uma variável essencial que afecta a biomassa, produção e armazenamento de nutrientes por unidade de área, bem como a composição das espécies e diversidade. [...] A forma das manchas tem também enorme importância para a Paisagem, particularmente como resultado do efeito de margem" (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, pp. 119-120)).

3.2 Corredores

O "uso de corredores para efeitos de transporte, protecção, recursos e efeitos estéticos penetra quase todas as Paisagens de uma forma ou outra" (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, p. 121)). Os usos mais óbvios são o transporte (ferrovias, auto-estradas, estradas, canais, caminhos para efeitos de lazer, linhas de transporte de energia, água, gás, etc.), que promovem a mobilidade de bens e pessoas através da Paisagem. Além de transporte promovem protecção e constituem em si um recurso.

Estes corredores são também, espacial e cognitivamente, margens e fronteiras. De facto, um corredor pode ser, no contexto da Ecologia da Paisagem, a parte exterior de uma mancha, onde as condições diferem significativamente do interior da mancha. As margens podem ser "políticas ou administrativas, ou seja, divisões artificiais entre o interior e o exterior [da mancha], que podem não corresponder a limites ou margens ecológicas [...] a estrutura vertical e horizontal, largura, composição de espécies e abundância, na margem duma mancha, diferem das condições interiores, e em conjunto definem o efeito de margem. Quer um limite seja curvilíneo ou recto, influencia o fluxo de nutrientes, água, energia ou espécies através dele" (DRAMSTAD, W.E.; OLSON, J.D.; FORMAN, R. (1996, p. 27)).

Segundo FORMAN, R. (1995, pp. 145-146) os corredores de vegetação contribuem para vários objectivos da sociedade de uma forma muito significativa:

1. Promovem protecção da biodiversidade, incluindo habitats ripícolas essenciais, espécies raras e em perigo de extinção, espécies generalistas e constituem rotas de dispersão e recolonização. No caso da área de estudo, o vale do Guadiana e todas as outras linhas de águas desempenham este importante papel, como anteriormente referido estão até, consequentemente, na origem da criação do Parque do Guadiana e constituem biótopos Corine, além de estarem integrados na Rede Natura 2000;
2. Permitem uma melhor gestão da água, controlo de cheias, controlo de sedimentação, capacidade das albufeiras, qualidade da água, sustentabilidade das comunidades piscícolas e pesca. Infelizmente, a uma escala diferente, são poucas as albufeiras que possuem uma margem de protecção com vegetação, visto que é a vegetação ao longo das próprias linhas de água que funciona maioritariamente como corredor, este tipo de vantagem é espacialmente pouco significativo;
3. Corredores lineares em povoamentos florestais podem melhorar a produção agro-florestal actuando como quebra ventos, controlando a erosão do solo, providenciando lenha e diminuindo a degradação do solo. Em termos de povoamentos florestais na área, quase nenhum tem “intervalos” significativos entre manchas, que no entanto, em termos sobretudo de distância entre linhas, deveriam existir sob pena de não aprovação do projecto. As restantes funções e vantagens, neste tipo de Paisagem, acabam por ser desempenhados pelo montado, não enquanto corredor, mas onde a existência das árvores dispersas acaba por desempenhar parcialmente o mesmo papel;
4. Recreação e lazer nos corredores inclui a gestão de caça, conservação da natureza, passeios, trilhos e actividades náuticas, funções existentes, possíveis e programadas para o vale do Guadiana, bem como nalguns dos afluentes principais;
5. A coesão cultural e da comunidade pode ser aumentada com corredores e cinturas verdes, criando identidade de vizinhança e corredores para a vida selvagem. Estas funções fazem mais sentido em áreas urbanas, suburbanas segundo os padrões Norte Americanos, mas existe, até, um perímetro florestal em torno da Vila de Mértola;
6. Os corredores constituem rotas de dispersão para espécies isoladas em reservas, ou para penetrar mais longe na matriz. Este papel é claramente desempenhado por todos os vales com vegetação, ao longo dos quais existem intensos movimentos de animais. Prova disso é o facto de uma lontra (pelo menos) ter chegado à albufeira de Vale Formoso, através da Ribeira do Vale Côvo, a uma distância significativa do Guadiana e atravessando por este corredor extensas áreas agrícolas e de pastagens.

Os corredores desempenham cinco tipos de funções (FORMAN, R. (1995, pp. 147-153)), Figura 5.5:

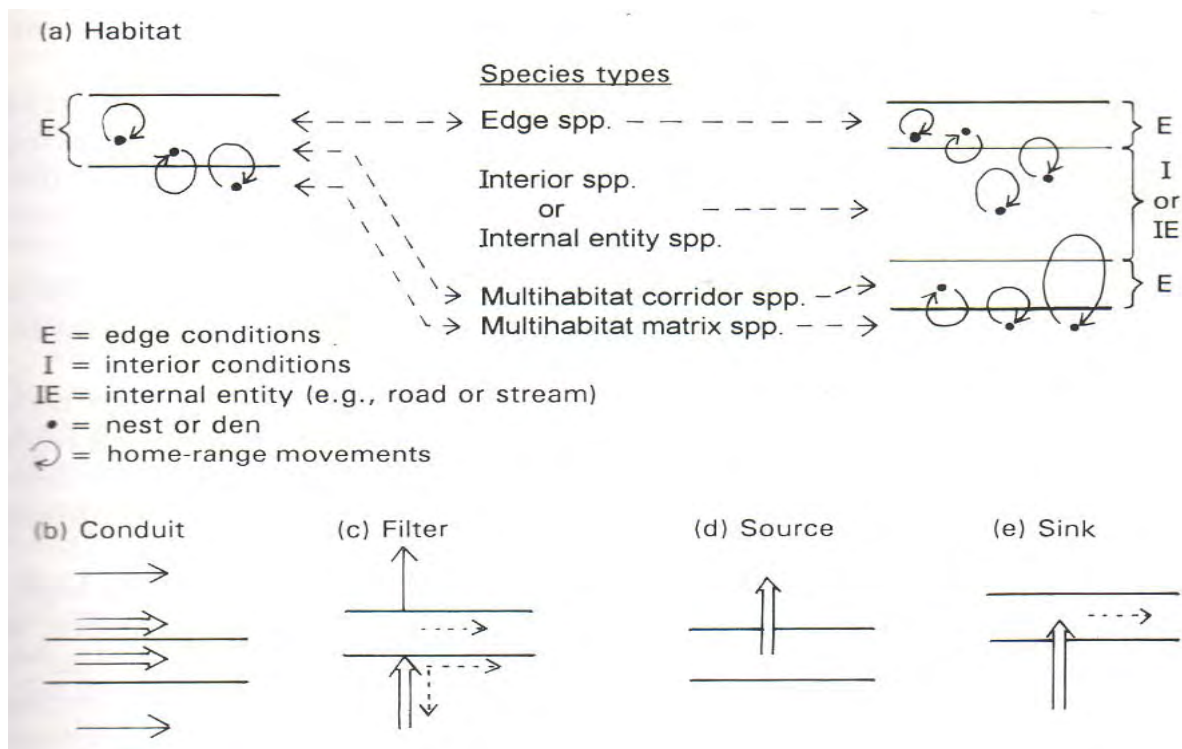


Figura 5.5 – Funções dos corredores. Corredor estreito à esquerda, largo à direita; espécies com um nicho ecológico mais largo usam um ou dois habitats, interior ou de margem. Em baixo as funções conduta, filtro, fonte e sumidouro (FORMAN, R. (1995, pp. 149)).

Habitat – Predominam espécies adaptadas às margens e generalistas, se o corredor for suficientemente largo pode até ter espécies de interior, sendo as áreas ripícolas um exemplo de especialização da comunidade vegetal e animal. Espécies raras ou ameaçadas estão geralmente ausentes, a não ser que estes corredores representem a única vegetação natural remanescente, o que acontece no Concelho de Mértola, embora também exista nalguns topos;

Conduta – No caso das linhas de água, ou em qualquer caso em que o transporte e movimento predominam, embora potencialmente todos os corredores possuam pelo menos parcialmente esta função. Nos corredores deslocam-se pessoas, bens, veículos, água, sedimentos, nutrientes, animais e matéria orgânica. Quase todas as linhas de água principais desempenham também esta função, em termos de movimentos de animais, além de toda a rede hidrográfica funcionar graças à função de conduta das linhas de água.

Filtro – Quando o fluxo que atravessa o corredor é filtrado, no caso do Guadiana somente alguns animais o podem atravessar. Rios, ribeiras, estradas, caminhos, valas, paredes e outras barreiras diminuem a permeabilidade de passagem, dependendo da escala de análise e tipo de movimento.

Fonte – Se o corredor for a única “mancha”, por assim dizer, na matriz, é dele que vão dispersar-se e colonizar o espaço envolvente. Também esta função é desempenhada pelos corredores que as principais linhas de águas constituem, é sobretudo a partir delas que se dá a regeneração e recolonização vegetal após o abandono da actividade agrícola. Outro caso é a dispersão de ruído, pó e poluentes a partir de estradas e caminhos.

Sumidouro – Quando elementos que vêm da matriz, como a água, sedimento ou animais, “desaparecem” no corredor. É o caso dos sedimentos e águas que atingem o Guadiana ou outra qualquer linha de água, mas também dos animais que morrem ao atravessar vias de comunicação, estradas ou um rio, bem como as sementes que ficam retidas em sebes.

Os corredores são classificáveis, segundo MARSH, W.M. (1997, p. 366), quanto à sua estrutura, independentemente da sua origem, uso humano e tipo de Paisagem, como :

- **“Line corridors”** – Corredores em linha, caminhos, estradas, sebes, limites de propriedade, valas de drenagem e canais de irrigação dominados por espécies específicas. Podem ser mais altos ou mais baixos que a envolvente, mais altos no caso de um corredor verde, mais baixos no caso de um aceiro num pinhal.;
- **“Stream (riparian) corridors”** – Corredores ripícolas, margens de linhas de água, variam em largura consoante a importância da linha de água, controlam o fluxo de água, nutrientes minerais, reduzindo assim a probabilidade de cheias e assoreamento. Organizados hierarquicamente;
- **“Interfluve corridors”** – Corredores de interflúvio, organizados em dedos e individualizados por entre os corredores das linhas de água, ao longo dos topos. Também organizados hierarquicamente;
- **“Grid corridors”** – Corredores de grelha, associados a sebes, limites de estradas, valas de drenagem, decalcam uma estrutura rectilínea e por vezes ortogonal; em áreas onde existem sebes vivas decalcam a estrutura cadastral, possuem células de diversas dimensões;
- **“Segmented corridors”** – Corredores segmentados, quando um dos tipos anteriores é segmentado, basicamente por actividades humanas, como um rio interrompido por barragens, pontes ou diques.

Resumindo, em termos de corredores: “...uma das principais características dos corredores é a conectividade, ou presença de quebras. Nós contendo espécies interiores estão geralmente «agarrados» a corredores, formando uma estrutura tipo colar de contas. Os corredores têm gradientes fortes, em termos micro – climáticos e de solo, entre um lado e outro. O centro é tipicamente um

habitat único, parcialmente determinado pelo transporte ou movimento que se desenrola ao longo do corredor. Os corredores [linha] são estreitos e compostos basicamente de espécies de margem, ou mais largos e contendo uma abundância significativa de espécies interiores ao longo do seu eixo. [...] O efeito de largura do corredor exerce um controlo chave na natureza do mesmo, aplicando-se estas características tanto quando é mais alto, como mais baixo que a envolvente” (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, pp. 153-155)).

3.3 Matriz

Por último, em termos de elementos fundamentais da Paisagem, há a matriz, que constitui, embora não de uma forma aparente, o elemento mais importante para a análise e compreensão efectiva da estrutura da Paisagem. Por definição, a matriz é o tipo de Paisagem mais extenso e mais conectado, que portanto desempenha um papel dominante no funcionamento da Paisagem. A sua definição não é fácil, pelo contrário, é francamente subjectiva e deve obedecer aos seguintes critérios (Figura 5.6):

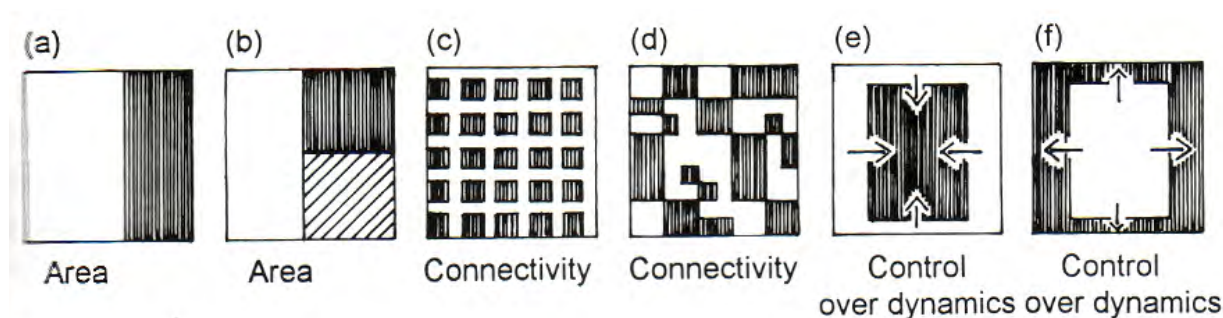


Figura 5.6 – Características determinantes da matriz de uma Paisagem. Uso do solo branco é a matriz e cobre 60 % (a), 45% (b) e 50% nos restantes. As setas indicam a direcção dos fluxos. O factor chave para determinação da matriz é indicado para cada grelha (área, conectividade, controlo sobre a dinâmica) (FORMAN, R. (1995, p. 277)).

- **Área relativa** – quando um tipo de elemento da Paisagem é consideravelmente mais extenso que os outros, parece lógico considerá-lo a matriz;
- **Conectividade** – a matriz é o elemento mais conectado com os restantes tipos de manchas (num caso de “bocage”, embora a área seja menor, este tipo apresenta a maior conectividade);
- **Controlo da dinâmica** – a matriz exerce um maior controlo na dinâmica da Paisagem, dando origem à Paisagem futura.

No que diz respeito ao Concelho de Mértola, de entre as várias classes de coberto vegetal – uso do solo, qual deverá ser a matriz ? Seguindo os vários critérios, coberto herbáceo (contínuo e descontínuo) é de facto e de longe o tipo de elemento dominante, sendo a soma dos dois tipos

sempre superior a qualquer outro tipo. Analisando visualmente as imagens e as classificações, tendo também presente tudo o que foi referido e discutido acerca das “confusões” físicas, temáticas e de percepção entre tipos, o coberto herbáceo está um pouco presente entre todos os outros tipos de elementos: ora adjacente (caso dos terrenos agrícolas, cereais, lavrados e montado), ora no interior (mato e mato denso).

Assim, pode-se afirmar com uma razoável certeza que, conceptual e fisicamente, o coberto herbáceo será de facto o elemento potencialmente mais conectado na Paisagem. Em termos de dinâmica da Paisagem, tanto o abandono da cultura de cereais como o início da regeneração da vegetação se fazem, tendencial e teoricamente, a partir de uma “etapa” herbácea. Deste modo, embora não seja o elemento que comanda a dinâmica da Paisagem, o coberto herbáceo também pode ser considerado matriz segundo esse critério, pois é tanto uma fase inicial de regeneração como uma fase de interrupção na actividade agrícola, funcionando como ponto intermédio que, por isso, é também mais abundante.

As parcelas agrícolas que aparecem nas imagens, áreas de cereais e terrenos lavrados, são facilmente perceptíveis como interrupções na matriz, regressões por assim dizer. As manchas de vegetação densa nos topos de alguns relevos, bem como os corredores de vegetação ao longo das principais linhas de água são claramente manchas remanescentes ou de recurso ambiental, como tal a expansão, regeneração e dispersão que se podem verificar a partir delas só se podem fazer para e sobre a matriz, que é globalmente a extensa área de coberto herbáceo de várias densidades, o que reforça a sua definição como matriz.

Seria, com certeza, muito interessante discutir se a matriz da Paisagem seria a mesma originalmente ou há 100 anos, mas é difícil documentar e quantificar essa discussão, além de sair um pouco deste contexto de apresentação geral dos paradigmas da Ecologia da Paisagem. Quanto ao fim do Século XIX pode-se claramente afirmar, segundo os dados da Carta Agrícola de Pery (1888-1897), que o elemento dominante era o pousio (42.86 %). Embora haja uma profunda e extensa intervenção humana na área, como já referido a propósito do uso do solo e do tratamento das imagens de satélite, num passado mais longínquo a matriz seria provavelmente o mato.

No entanto, considerar o mato como matriz, presentemente, é retirar toda a história, riqueza e cariz humano desta Paisagem agro – silvo – pastoril, o que não faz sentido e seria indutor de erros de análise. Neste tipo de área e ecossistema o Homem é indissociável da Paisagem, ela deve portanto ser analisada com base nesse pressuposto, de perturbação e introdução de novos elementos (como manchas florestais), pois é francamente difícil tentar construir um modelo do padrão natural original da Paisagem.

Este facto é sobretudo importante quando o tipo de ecossistema é extremamente complexo e heterogéneo a múltiplas escalas, pouco tendo a ver com um pressuposto modelo original de contínuo florestal com pouca ou nenhuma intervenção humana. Também por isso, como referido acerca da fragmentação da Paisagem, é aceitável argumentar que uma maior fragmentação pode representar uma regeneração e regresso ao “natural” ao invés de uma simplificação antrópica.

Existem ainda dois conceitos, relacionados com a matriz, que importa abordar pelas suas implicações e possibilidades quantitativas de avaliação da Paisagem: a porosidade e a forma das margens das manchas sobre a matriz.

3.3.1 – Porosidade

Porosidade é a medida da densidade de manchas na Paisagem: quanto maior o número de manchas com fronteiras fechadas maior a porosidade, independentemente da dimensão das manchas, sendo que a porosidade é também independente da conectividade, como se pode observar na Figura 5.7. A porosidade pode dar uma indicação global do grau de isolamento das espécies e pode ser um indicador do grau de efeito de margem. Em termos humanos, a porosidade é um factor na economia das colheitas, visto que a dimensão e proximidade das parcelas condiciona a actividade agrícola. No contexto da Geografia Humana a porosidade permite estudar os padrões de distribuição de casas e aglomerados na matriz.

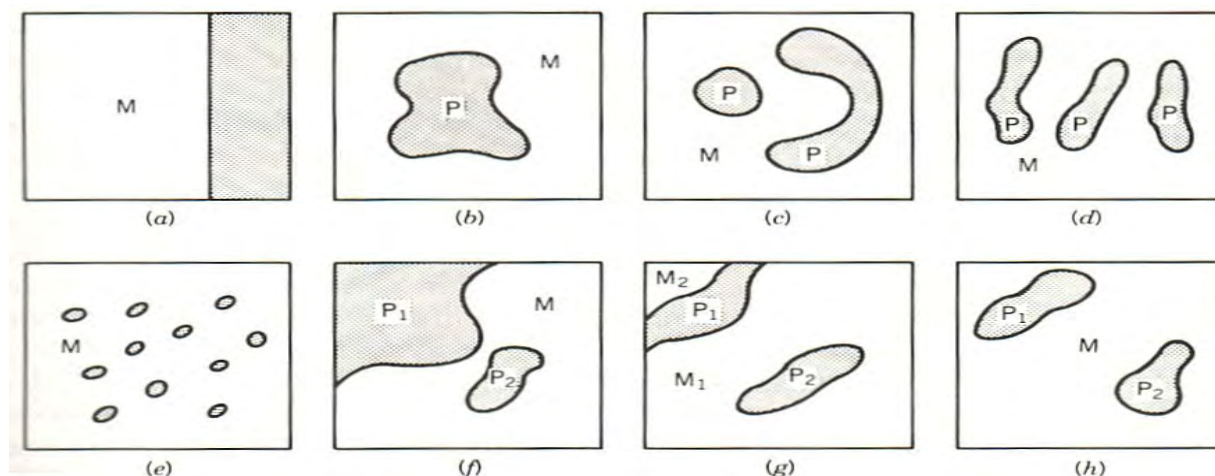


Figura 5.7 – Porosidade e conectividade na matriz. M = matriz, P = mancha. (a) O caso mais simples, em que a porosidade é 0 (zero). (b) Porosidade = 1 (um). (c) Porosidade = 2. (d) Porosidade = 3. (e) Porosidade = 11. (f) Porosidade = 2, a conectividade da matriz é completa, mas não é claro se M ou P deveriam ser a matriz. (g) Porosidade = 2, mas a conectividade não é completa. (h) Porosidade = 2 e a conectividade é completa (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, p. 169)).

3.3.2 – Forma da Margem

Nos exemplos até aqui apresentados, as margens das manchas têm sido representadas como linhas suaves, embora possam ser extremamente irregulares e convolucionadas, independentemente da forma da mancha em si. Na Figura 5.8 pode ver-se um caso simples, onde se teria dificuldade em decidir qual dos elementos (esquerda ou direita) é a matriz. Se o elemento da esquerda (escuro em (a)) se expande, os pontos A, B e C tornam-se “testas de ponte” eficientes para conquistar terreno. A área conquistada será claramente maior no caso em que o elemento da esquerda se expande ((b) por oposição a (c)), pois os esforços de conquista são duplicados perto dos pontos A, B e C. Neste caso, o terceiro critério de definição da matriz (controlo da dinâmica) faz sentido e é o mais válido, pois o elemento à esquerda, com margens côncavas, conquista território mais eficientemente e, logo, é a matriz. No entanto, com o tempo a margem côncava vai-se transformando numa margem convexa.

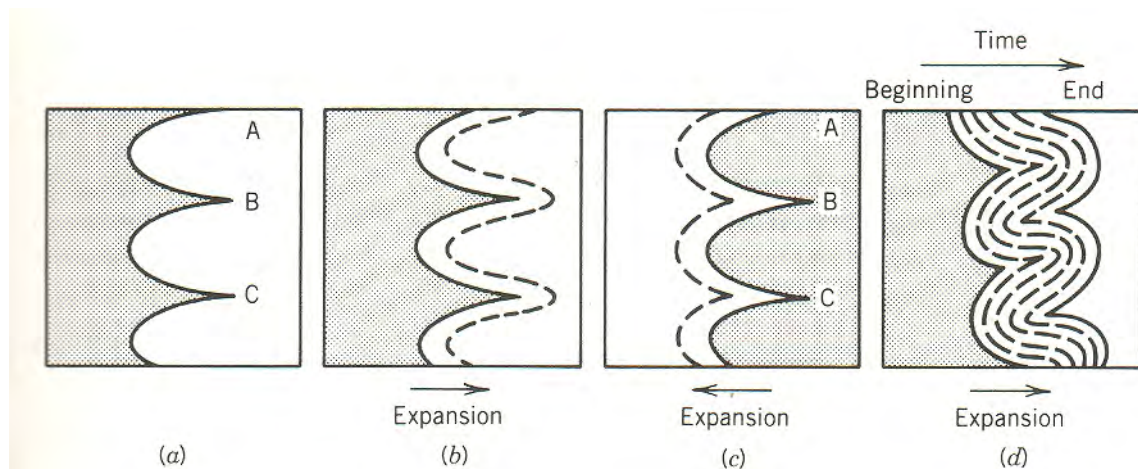


Figura 5.8 – Margens côncavas e convexas. (a) Elemento à esquerda com margem côncava, à direita com mancha convexa. (b) Linha a tracejado indica a nova fronteira conforme o elemento da esquerda se expande. (c) Linha a tracejado indica a nova fronteira conforme o elemento da direita se expande. (d) Com o tempo, a margem côncava do elemento em expansão torna-se convexa (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, p. 175)).

Este tipo de raciocínio permite diferenciar elementos em expansão na Paisagem, os que se estão a expandir na periferia apresentando margens convexas, e elementos relíquia, que estão num processo de retracção e têm margens côncavas. Estes padrões são claramente verificáveis em áreas áridas, onde se dá uma passagem muito rápida da forma convexa para uma margem côncava de expansão. Há, no entanto, excepções, como quando há regeneração da vegetação a partir das linhas de água, embora as margens de expansão sejam côncavas, porque decalam a rede hidrográfica.

Segundo um princípio de forma e função, que também se aplica a Paisagens, “A interacção entre dois objectos é proporcional à superfície de margem comum. A forma arredondada ou circular, com um mínimo de apêndices, ou seja, com um rácio mínimo entre perímetro e área, é característica de sistemas onde é importante conservar recursos como a energia, materiais ou organismos. Esta forma

é importante em Ecologia animal ou para uma força militar. Em contraste, uma margem convolucionada com um elevado rácio perímetro – área é característica de sistemas com significativo intercâmbio de energia, materiais ou organismos com a envolvente – e.g. pulmões ou a folhagem de uma árvore. Uma terceira forma, a dendrítica, está sobretudo associada a transporte – e.g. nervos, redes ferroviárias. Este princípios fundamentais relacionam as formas das margens e elementos da Paisagem com a sua função, sobretudo os fluxos entre e para a matriz circundante” (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, p. 177)).

Acresce a esta relação forma – função que as margens podem ter vários padrões, em termos de proporções e forma entre os elementos de ambos os lados. Muitas vezes as margens não são nítidas, marcadas, como discutido acerca da “confusão” e indefinição de limites, existe sim um gradiente de concentração em cada mancha. Existem três mecanismos que desenvolvem margens de vegetação na Paisagem, segundo FORMAN, R. (1995, p. 83): “(1) um ambiente físico «manchado», tal como um mosaico de solos ou formas de relevo; (2) perturbações naturais, incluindo fogos, tornados; e (3) actividades humanas, tais como arroteias. [para efeitos agrícolas, florestais ou urbanos] Em muitos casos as perturbações naturais e a actividade humana tornam as margens mais «afiadas», aumentando o contraste na Paisagem”.

Nas áreas naturais predominam margens curvilíneas, contendo superfícies côncavas e convexas ((a) e (b) na Figura 5.9). Os sistemas adjacentes estão inter-digitados, sugerindo uma considerável interacção de movimentos entre eles, é o caso dos exemplos (a), (c) e (d), sendo (a) a forma mais comum resultante de processos naturais, ao invés de (e) que é típica de áreas com forte intervenção humana. Claro está que as margens, tal como os corredores, desempenham também e por si várias funções: habitat, conduta, filtro, fonte e sumidouro.

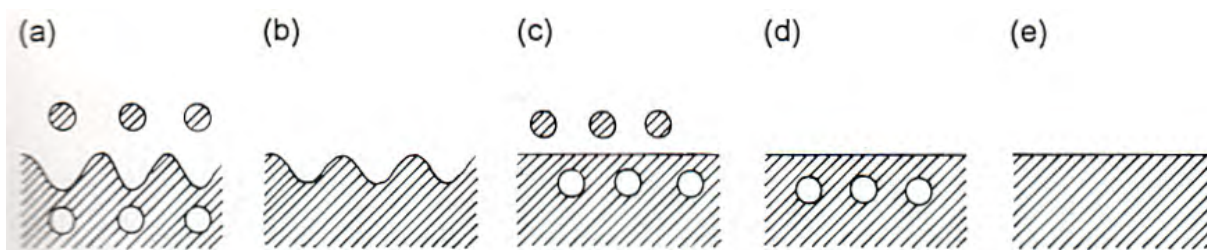


Figura 5.9 - Padrões de margens entre dois ecossistemas. Margem pode ser curvilínea ou recta, com pequenas manchas próximas, de um ou de ambos os ecossistemas. (a) é a mais comum em áreas naturais, (e) predomina em áreas com forte intervenção humana (FORMAN, R. (1995, p. 83)).

3.4 Estrutura Global

Se a Paisagem tem uma composição, que diz respeito à presença e quantidade de manchas, tem também um padrão, que diz respeito à distribuição espacial e configuração dessas mesmas manchas. Deste conjunto resulta a estrutura global da Paisagem. Para a analisar é necessário ter presente um

conjunto de aspectos, como a escala de análise e a resolução, que no caso de uma análise a partir de imagens da Teledetecção é, intrinsecamente, a resolução espacial do sensor, neste caso 30 metros. Existem também dois extremos de heterogeneidade: micro – heterogeneidade quando o arranjo dos tipos de elementos da Paisagem em torno de um ponto é semelhante em qualquer ponto da Paisagem (e.g. a mancha de menor cobertura herbácea na proximidade imediata de uma azinheira); macro – heterogeneidade quando o arranjo dos elementos da Paisagem varia entre porções da área observada (e.g. variações em altitude dos povoamentos florestais). Claro está que nenhuma Paisagem é completamente micro ou macro heterogénea, há sim misturas e cambiantes. Independentemente da análise de heterogeneidade, é importante caracterizar os padrões de distribuição dos elementos da Paisagem, a configuração, bem como o grau de contraste e grão da Paisagem.

3.4.1 – Configuração

A configuração da Paisagem é, basicamente, a forma como as manchas, corredores e matriz estão distribuídos espacialmente na Paisagem: “Uma lei básica da Geografia declara que tudo está inter-relacionado, mas que os objectos mais próximos estão mais relacionados que os objectos mais distantes. [...] Os animais, sementes, calor, nutrientes, genes, informação e muito mais movem-se entre ecossistemas. [...] Da ciência dos ecossistemas sabemos que a energia e os nutrientes minerais fluem de um objecto para outro, dentro dos ecossistemas ou entre ecossistemas. Da ciência comportamental sabemos que as espécies, porque encontram habitats mais adequados, apresentam movimentos direccionais para manchas do mesmo tipo. Combinando estes princípios com a lei geográfica obtém-se um princípio de fluxo – espacial, útil para estimar quais os ecossistemas a considerar em termos de gestão ou planeamento. Todos os ecossistemas estão interrelacionados, com o grau de movimento ou fluxos a diminuir marcadamente com a distância, mas mais gradualmente entre ecossistemas do mesmo tipo” (FORMAN, R. (1995, pp. 286-287)).

Os agrupamentos de manchas, nível hierárquico da organização espacial, situam-se entre os ecossistemas locais e a Paisagem, são elementos espaciais ligados por um intercâmbio significativo de energia ou matéria. Se existe de facto um princípio de auto – organização pode-se esperar que, dado um conjunto de cobertos vegetais - usos do solo e passado um tempo determinado, este conjunto apresentasse um arranjo limitado a um certo número de hipóteses. Alguns padrões espaciais, portanto, auxiliam a percepção da configuração espacial dos elementos, os mais elementares são segundo FORMAN, R. (1995, pp. 291-292):

Regular – Padrões regulares têm ecossistemas ou usos do solo semelhantes, sensivelmente equidistantes, estando rodeados por uma matriz ou rede. Exemplos podem ser as escolas numa área metropolitana, cortes de árvores em povoamentos florestais extensos, campos numa estrutura cadastral ortogonal, polígonos de solo na tundra ou manchas de vegetação no deserto;

Agregado – Padrões agregados, como grandes superfícies em eixos de saída de uma grande cidade, parques industriais, campos agrícolas no fundo de vales;

Linear – Distribuições lineares de manchas, bastante comuns, como os oásis ao longo de um vale no deserto, manchas de árvores ao longo de um rio, povoações ao longo da costa;

Paralelo – Corredores paralelos são também comuns: estradas, alinhamentos de topos, linhas de água guiadas pela tectónica ou sebes em áreas ventosas.

Invariavelmente, uma Paisagem vai ter como padrão uma combinação de vários padrões dos seus elementos base, formando um padrão global, que até certo ponto revela um tipo de organização no espaço, resultante da estrutura e função do sistema.

3.4.2 – Contraste

Grande parte das combinações de padrões estão relacionadas com actividades humanas. Um dos primeiros resultados de actividades como a agricultura, reflorestação ou construção urbana é o aumento do contraste na Paisagem. O contraste é tanto maior quanto maior for a diferença entre elementos adjacentes da Paisagem, passando as transições e gradientes mais naturais a diminuir ou desaparecer. Há portanto estruturas de baixo e de alto contraste:

Baixo Contraste – Um bom exemplo de estrutura de contraste mínimo é a floresta tropical, ao invés de áreas desérticas com pouca vegetação e alto contraste produzido por processos geomorfológicos. Quanto mais natural, sem corredores, menos contraste, o que parece ter vantagens para uma série de animais, embora a homogeneidade dependa sempre da escala de análise. Por isso um tapete florestal contínuo, numa área equatorial, pode parecer extremamente homogéneo numa fotografia aérea ou imagem de satélite, mas internamente apresenta uma enorme heterogeneidade. Dum ponto de vista ecológico, o contraste de uma Paisagem como um todo é baixo porque é o meio único para a maior parte da fauna.

Alto Contraste – No caso de Paisagens naturais, por mecanismos e processos naturais, podem ocorrer situações de alto contraste, sobretudo quando as condições do solo controlam a distribuição das espécies dominantes de plantas e animais. No entanto, a maioria esmagadora das Paisagens de alto contraste são criadas por influência humana, como todas as parcelas agrícolas em meio semi-natural, manchas florestais introduzidas. “A micro-heterogeneidade introduzida pelas actividades humanas no seio da macro-heterogeneidade natural é extremamente comum e cobre, talvez, a maior parte das Paisagens rurais do hemisfério Norte. Nestas regiões, contudo, é difícil encontrar estruturas de alto contraste resultantes exclusivamente da influência humana, pois esta influência é tão extensa e profunda que se sobrepõe e é espacialmente congruente com as manchas naturais existentes numa Paisagem de alto contraste” (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, p. 216)).

3.4.3 – Grão

As Paisagens têm grão fino ou grosseiro de acordo com a dimensão dos elementos da Paisagem presentes. Assim, a escala de análise é crucial para enquadrar e entender o grão da Paisagem, bem como a resolução, que no caso das imagens de satélite utilizada é de 30 metros. Desta forma, qualquer estrutura regular, mancha inferior a 30 metros não é “visível” e, logo, não é classificável. Mas o grão não é obrigatoriamente da dimensão do pixel, pois quase todos os cobertos vegetais – usos do solo apresentam manchas que resultam de conjuntos de pixels, sejam eles campos agrícolas, manchas de esteval ou povoamentos florestais. A forma mais simples de medir o grão é simplesmente medir a dimensão média dos elementos da Paisagem presentes, como um todo para a Paisagem ou para cada tipo de elemento, o que indica também a tendência para a agregação de cada um.

3.5 Princípios Gerais da Ecologia da Paisagem

Estão até este ponto introduzidos, muito sinteticamente, os princípios gerais da Ecologia da Paisagem quanto à estrutura da Paisagem, os seus elementos base, as propriedades destes elementos em termos de forma, função e padrão, bem como os arranjos globais da Paisagem como um todo e os factores adicionais inerentes. Falta acrescentar que, destes conceitos e abordagem, resulta um conjunto de sete princípios, largamente suportados por provas directas e indirectas mais do que conclusivas. Os dois primeiros princípios estão relacionados com a estrutura da Paisagem, os três seguintes relacionados com função e os últimos dois com mudança, sendo estrutura – função – mudança os elementos fundamentais da Paisagem (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, pp. 24-28)):

Princípio da Estrutura e Função da Paisagem

Cada ecossistema (ou elemento da Paisagem) à escala de uma Paisagem pode ser reconhecido como sendo uma mancha, um corredor ou a matriz de fundo. Os objectos ecológicos (num sentido lato) como animais, plantas, biomassa, energia calorífica, água e nutrientes minerais estão distribuídos heterogeneamente entre os elementos da Paisagem, que por sua vez variam em dimensão, forma, número, tipo e configuração. Determinar estas distribuições espaciais é compreender a estrutura da Paisagem (relação horizontal na Paisagem, a que vai ser analisada neste caso). Contudo, os objectos ecológicos, deslocam-se ou fluem entre elementos da Paisagem. Determinar e prever estes fluxos ou interações entre os elementos da Paisagem é entender a função – funcionamento da Paisagem (relação vertical). O primeiro princípio fornece uma linguagem comum ou enquadramento para a compreensão multi-disciplinar das Paisagens:

As Paisagens são heterogéneas e diferem estruturalmente na distribuição de espécies, energia e materiais entre as manchas, corredores e matriz presente. Consequentemente, as Paisagens diferem funcionalmente nos fluxos de espécies, energia e materiais entre estes elementos estruturais da Paisagem.

Princípio da Diversidade Biótica

Um grande grau de heterogeneidade na Paisagem (seja resultante de perturbação natural, actividade humana ou heterogeneidade ambiental) resulta, por um lado, em menos manchas grandes e, consequentemente, existência de relativamente poucas espécies que requerem o ambiente interior de grandes manchas. Por outro lado, uma tal Paisagem contém uma grande quantidade de habitats de margem com espécies de margem, favorecendo também os animais que utilizam mais do que um ecossistema na proximidade, seja para se alimentarem, acasalarem ou descansarem. A diversidade total de espécies da Paisagem é contudo elevada, porque estão presentes muitos tipos de ecossistema, cada um com o seu conjunto distinto de espécies ou comunidades.

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 do Fluxo de Espécies

A distribuição de espécies e a estrutura da Paisagem estão ligadas num sistema de “feedback”. A perturbação natural ou humana que forma os elementos da Paisagem causa a diminuição da distribuição de espécies sensíveis, enquanto favorece a dispersão de outras espécies para áreas perturbadas. Simultaneamente, a reprodução e dispersão de espécies pode eliminar, mudar ou criar elementos da Paisagem completamente novos. A heterogeneidade, uma diferença entre localizações, é uma causa fundamental do movimento de espécies e outros fluxos.

A expansão e contracção de espécies entre os elementos da Paisagem tem um importante efeito e é controlada pela heterogeneidade da Paisagem.

Princípio do Fluxo de Energia

Com uma heterogeneidade crescente, aumentam também os fluxos de energia através das margens dos elementos da Paisagem. A “Paisagem” heterogénea de um tabuleiro de xadrez, com quadrados pretos e brancos, tem um elevado grau de fluxo de energia, isto porque tem um elevado comprimento total de margem (elevado rácio perímetro – área), bem como um elevado grau de fluxo através de cada margem, pois existe um efeito cumulativo de fluxos das manchas mais próximas. Quanto mais pequenas e em maior número forem as manchas, maior é a proporção de espécies de margem e mais frequente o movimento e fluxo entre manchas.

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 da Mudança da Paisagem

A estrutura horizontal relaciona espécies, energia e materiais com a dimensão, forma, número, tipo e configuração de manchas, corredores e matriz. Na sequência de uma perturbação, é fornecido um efeito de homogeneização pelos processos de colonização e crescimento das plantas, modificação do solo e colonização animal. No entanto, nunca é atingida uma Paisagem homogênea porque os graus de mudança diferem em cada elemento da Paisagem e porque as perturbações intervêm. Perturbações moderadas estabelecem normalmente mais manchas e corredores na Paisagem. A perturbação severa pode eliminar algumas manchas e corredores, resultando por exemplo numa Paisagem mais homogênea, ou alternativamente uma cobertura vegetal regular pode ser eliminada passando o substrato heterogêneo a estar exposto.

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 estabilidade da Paisagem

Estabilidade diz respeito à resistência que uma Paisagem apresenta à perturbação, bem como à sua recuperação dessa perturbação. Cada elemento da Paisagem tem o seu próprio grau de estabilidade, portanto a estabilidade global de uma Paisagem reflecte a proporção de cada tipo de elemento presente. Quando não há virtualmente qualquer biomassa num elemento da Paisagem, como no caso de uma estrada ou duna de areia sem qualquer vegetação, o sistema pode rapidamente mudar as suas características físicas (e.g. temperatura e irradiação de calor). Contudo, sem uma superfície fotossintética para capturar a luz solar, o sistema é quase constante biologicamente. Com um baixo nível de biomassa presente (em relação ao mesmo habitat noutro lugar da Paisagem) o sistema tem pouca resistência à mudança, mas pode recuperar rapidamente da perturbação, como no caso de um campo cultivado. Com uma quantidade considerável de biomassa presente, como numa floresta, o sistema é geralmente muito resistente à perturbação mas recupera lentamente.

A estabilidade do mosaico da Paisagem pode aumentar de três formas distintas: (a) estabilidade física do sistema (caracterizada pela ausência de biomassa), (b) recuperação rápida depois da perturbação (baixa proporção de biomassa), ou (c) elevada resistência à perturbação (geralmente grande quantidade de biomassa presente).

À luz do que foi dito, apresentam-se alguns exemplos da área de estudo, devidamente caracterizados de acordo com a abordagem da Ecologia da Paisagem e sua nomenclatura (Figura 5.10).

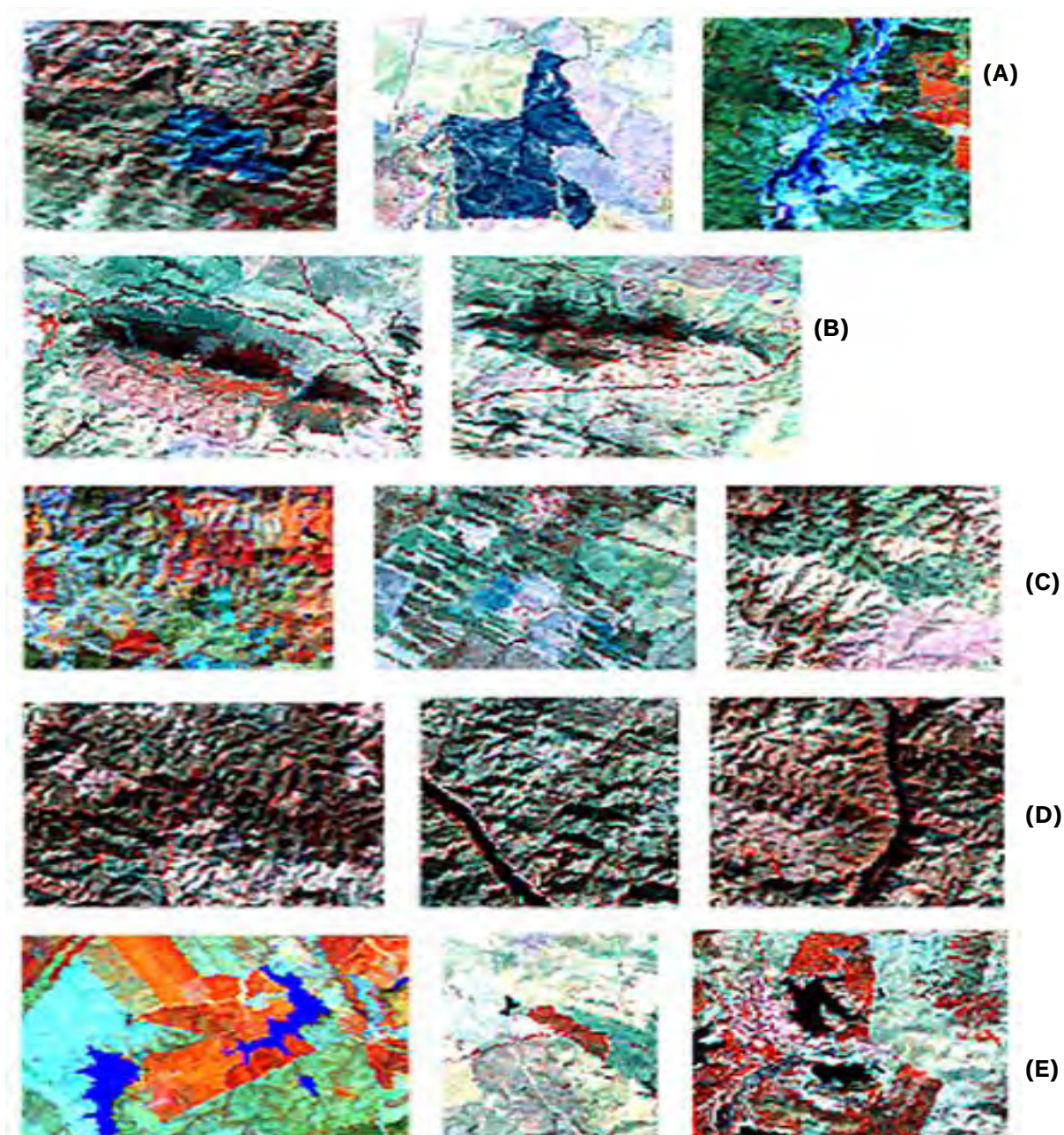


Figura 5.10 – Linha (A) manchas de perturbação, da esquerda para a direita: incêndio no perímetro florestal de Mértola (azul), queima de restolho perto de Azinhal (azul), área de rocha a nu na Mina de São Domingos (azul claro); Linha (B) manchas remanescentes, serra da Alcaria Ruiva e cerro da Texigueira perto da Moreanas (verde escuro avermelhado); Linha (C) manchas de regeneração no baldio da Serra de Mértola (pequenas manchas mais escuras, courelas abandonadas há muito tempo), área de Espírito Santo (manchas mais escuras) e próximo de Monte da Ponte (verde mais escuro); Linha (D) manchas de recurso ambiental, manchas de vegetação mais densa (verde acastanhado), pouco perturbada, ao longo das linhas de água mais encaixadas (são portanto, também, corredores), Barranco do Vale Côvo, Guadiana perto de Mesquita e Guadiana perto da Corte Sines; Linha (E) manchas introduzidas, parcelas agrícolas perto de Vale de Açor, mancha de Eucaliptos no limite Oeste do Concelho e manchas urbana da Mina de São Domingos (branco avermelhado) e povoaamentos de eucaliptos (vermelho escuro). Imagens de 2000 – 457 RGB e 2001 – 453 RGB.

4. Transformações da Paisagem

Como referido nos princípios gerais da Ecologia da Paisagem, a estrutura horizontal da Paisagem quando não perturbada, tende progressivamente para a homogeneidade. Uma perturbação moderada rapidamente aumenta a heterogeneidade e uma perturbação importante pode aumentar ou diminuir a heterogeneidade. Portanto, uma Paisagem está em equilíbrio dinâmico em qualquer ponto no tempo, sujeita a dois conjuntos opostos de forças: desenvolvimento e perturbação. Num equilíbrio deste género, as principais características da Paisagem – estrutura vertical, estrutura horizontal e grão – mudam rapidamente quando um grupo de forças se torna predominante sobre o outro.

Visto que uma das mais importantes características ecológicas da perturbação é a sua duração e periodicidade, quando um factor ambiental como a temperatura ou a disponibilidade de alimento oscila com um determinado ritmo, a memória genética dos organismos permite-lhes aperceberem-se das flutuações, adaptando-se progressivamente até que, em determinado ponto, esse factor não pode já ser considerado como uma perturbação. Esta ciclicidade, que no caso diário controla tanto os animais como as plantas, é também sazonal, mas se a sua amplitude e intensidade for extrema, os organismos não poderão adaptar-se, ou levarão um longo período a recuperar.

No caso da acção antrópica, quais são então os métodos, ou ferramentas, utilizadas que modificam a Paisagem ? Segundo FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, pp. 281-286):

Alteração e extracção de recursos naturais

Os caçadores recolectores iniciais não modificavam a Paisagem muito mais do que outros animais presentes, mas no fim do Paleolítico a modificação era já significativa. Com o início da agricultura, e domesticação de animais as populações aumentaram, mas o impacto era ainda pequeno, tornando-se somente significativo quando o Homem começou a utilizar o fogo de uma maneira generalizada, sobretudo para grandes arroteias. A partir deste ponto foram ultrapassadas as capacidades de auto-regeneração dos sistemas naturais, tendo a dimensão espacial desta perturbação crescido incessantemente. Também a extracção de minério e inertes excede largamente a capacidade de auto-regeneração dos sistemas naturais e das espécies presentes, que constituem assim marcas de longa duração na Paisagem (o caso da Mina de São Domingos é paradigmático).

Introdução de métodos agrícolas

Quando a agricultura evolui, envolvendo o favorecimento de somente algumas espécies e a introdução de novas espécies, o Homem passa a ter que exercer um esforço significativo para manter estas espécies, que em condições normais dificilmente poderiam competir com as espécies naturais nativas. Também a introdução de energia mecânica, inicialmente com animais de tiro (bois, cavalos), modifica significativamente o sistema, pois permite um enorme aumento do input de energia por

unidade de área cultivada, resultando também na necessidade de pousios. Aumentando a população aumentam as necessidades alimentares, aumentando o uso de energias fósseis aumenta também a quantidade extraída anualmente. A utilização de fertilizantes e pesticidas constitui, também, um aumento no input de energia, levando a uma maior homogeneidade das parcelas cultivadas, com cada vez menos manchas de ervas daninhas ou parasitas.

Catalisadores de decisão

As decisões políticas, económicas e sociais são um factor importantíssimo de modificação da Paisagem, quase todas as características da estrutura da Paisagem, do seu funcionamento e mudanças operam ao nível dessas forças. As decisões humanas são os catalisadores que podem ser transmitidos à Paisagem, ou elementos da Paisagem, podendo modificá-la com enorme rapidez; é o caso das divisões dos baldios, Campanha do Trigo ou mais recentemente a política de subsídios, que tem implicado grandes mudanças de uso do solo e coberto vegetal, modificando bastante a estrutura da Paisagem.

4.1 Gradiente de Modificação da Paisagem

Assumindo um gradiente de modificação da Paisagem, num extremo sem impacto humano significativo (Paisagem natural) e noutro com um grau máximo de artificialização (Paisagem Urbana), existem quatro tipos principais de Paisagem, ao longo das quais as características das manchas, corredores e matriz se vão modificando (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, pp. 286-310)):

Paisagem Natural (Figuras 5.11 e 5.12)

Impacto humano pouco significativo, matriz muito conectada, relativa baixa densidade de manchas naturais e corredores, grão geralmente grosseiro onde em muitos casos as fronteiras entre elementos da Paisagem são pouco nítidas. A maior parte das manchas são de recurso ambiental, embora existam manchas de perturbação, os poucos corredores presentes são quase sempre corredores ao longo de linhas de água. A dimensão média das manchas é grande, existindo contudo uma grande variabilidade dessa dimensão. A biomassa, ou energia potencial acumulada pela vegetação, está quase sempre no seu máximo. O nível de fotossíntese é elevado, mas porque é necessária muita energia para suportar tal quantidade de biomassa e porque os decompositores estão activos, a produção bruta para colheita humana auto-sustentável é mínima (sem modificar a Paisagem). A colonização destas Paisagens Naturais pode envolver pastoreio itinerante ou criação de clareiras para cultivo, aumentando a densidade dos corredores e das manchas e diminuindo a conectividade da matriz. Estes novos elementos da Paisagem, resultantes da actividade humana, constituem os núcleos a partir dos quais se dá a dispersão de pessoas e ferramentas para a matriz adjacente.

Paisagens “Geridas”

Existem grandes mudanças quando se passa para áreas de pastagem ou florestas em exploração: a matriz mantém-se extensa (Figuras 5.11 e 5.12), embora seja dominada por uma ou algumas espécies que são geridas para produção, sendo afectada pela acção humana sobretudo através da extracção e aumento ou diminuição da frequência dos fogos. Existem acervos de habitações, corredores lineares associados a comunicação e colheitas, que cortam marcadamente a conectividade da matriz. A densidade das manchas continua a aumentar, existem mais manchas de perturbação enquanto a dimensão média das manchas e a variabilidade dessa dimensão diminuem. A diversidade das espécies pode aumentar ou diminuir, talvez em muitos casos o número de espécies nativas que desaparecem seja maior que o número de espécies não nativas que são introduzidas em manchas da Paisagem, mas o factor mais importante é a relativa homogeneização da matriz.

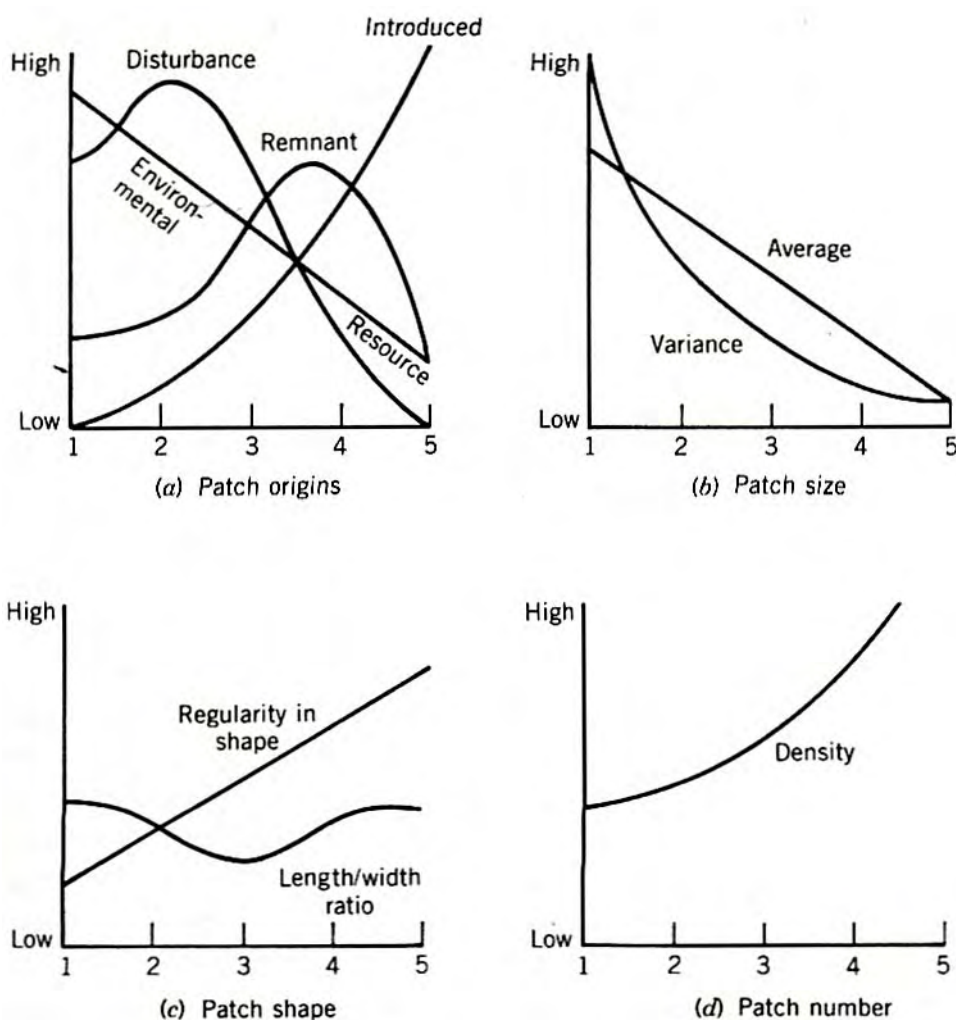


Figura 5.11 – Características das manchas, mudança ao longo do gradiente de modificação da Paisagem. Os graus de modificação são (1) natural, (2) gerido, (3) cultivado, (4) suburbano e (5) urbano (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, p. 287)).

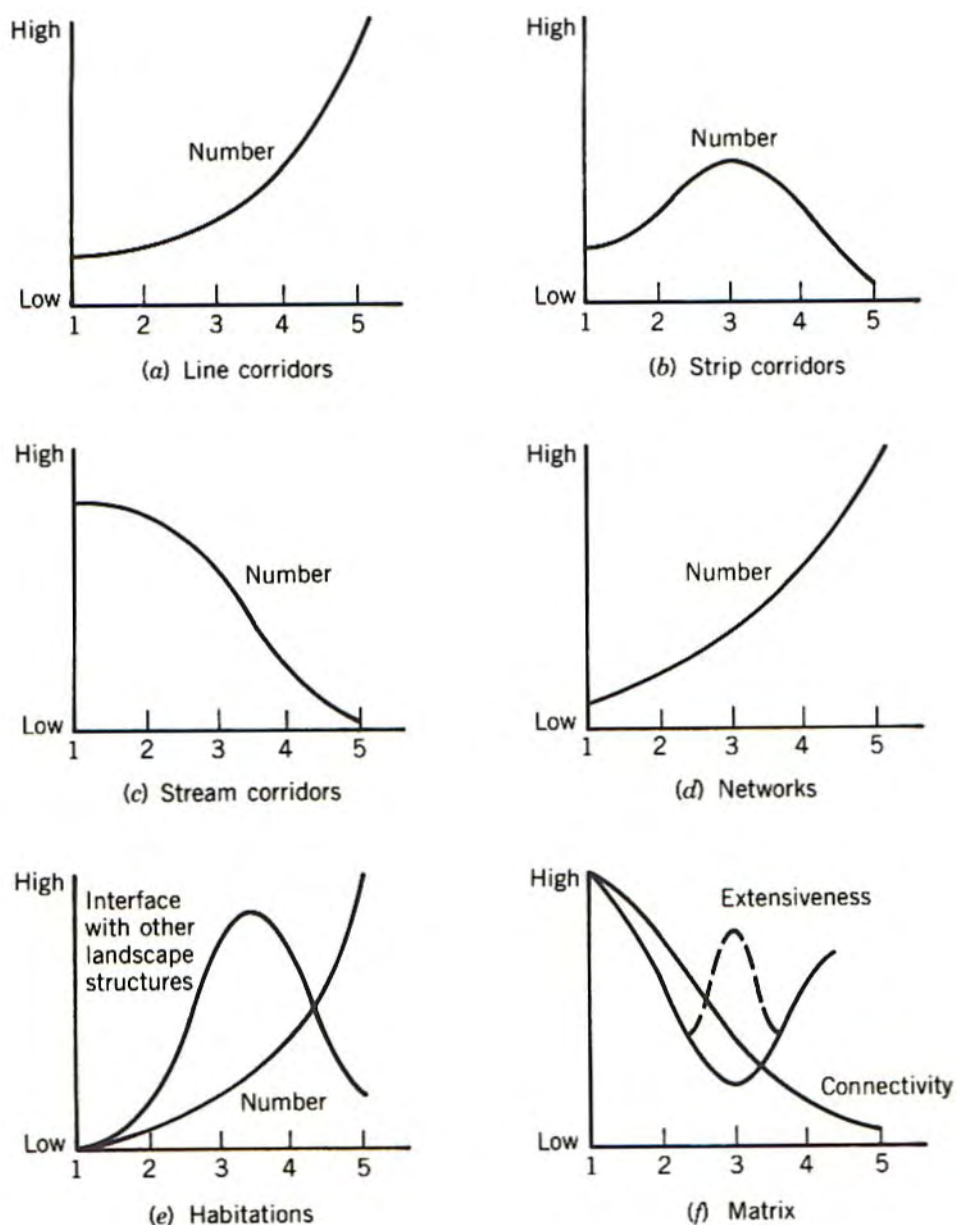


Figura 5.12 – Corredores e outros elementos da Paisagem em mudança ao longo do gradiente de modificação da Paisagem. Os graus de modificação são (1) natural, (2) gerido, (3) cultivado, (4) suburbano e (5) urbano. A matriz de uma área cultivada é extensa quando predomina uma só cultura, mas baixa quando existem várias culturas predominantes com proporções semelhantes (FORMAN, R.; GODRON, M. (1986, p. 287)).

Paisagens Cultivadas

O cultivo de manchas é o maior passo humano na alteração de Paisagens naturais ou geridas, são as manchas introduzidas que concorrem para diminuir, mais uma vez, a conectividade da matriz, a dimensão média das manchas, aumentando a regularidade das formas e a densidade de manchas.

Diminuem as manchas de perturbação e aumentam as introduzidas (Figuras 5.11 e 5.12). O número de corredores aumenta, tal como as redes, as povoações desenvolvem-se, estruturam-se funcionalmente aumentando em muito a densidade de manchas e a regularidade das formas. A evolução entre tipos de agricultura faz-se da seguinte forma: (1) agricultura tradicional onde existe uma matriz de grão fino, algo heterogénea, com campos de formas irregulares; (2) combinação de agricultura tradicional e moderna, semelhante à anterior mas com manchas grandes, persistentes e homogéneas nas áreas de melhor solo; (3) agricultura moderna com restos da fase tradicional, matriz de parcelas grandes e homogéneas com manchas dispersas de agricultura tradicional e manchas naturais remanescentes.

A característica mais marcante da Paisagem cultivada é a “geometrização”, a formação de elementos lineares, poligonais e ortogonais, estradas, valas e canais. Muitos corredores nas linhas de água são destruídos, enquanto os lineares, de comunicação entre povoações ou usados no cultivo e colheita, se generalizam. A diversidade das espécies decai consideravelmente, dominando algumas espécies associadas às culturas, enquanto as outras são removidas mecanicamente ou com pesticidas. As manchas naturais remanescentes, muito espalhadas, são pouco ricas em espécies como resultado de perturbações repetidas de vários tipos e isolamento crescente. A produção bruta é máxima, na área cultivada, com intervalos entre colheitas de grande regularidade. Os inputs de nutrientes, sob a forma de fertilizantes, são elevados, permitindo uma elevada produção. Os outputs de nutrientes são também elevados, as linhas de água transportam elevadas cargas de sedimento.

Paisagens Urbanas

As cidades representam um tipo de estrutura organizada, onde circulam bens, pessoas, informação e energia. Por um lado há especialização das pessoas que aí residem e trabalham, desempenhando diferentes funções. A própria cidade apresenta uma organização espacial funcional, estruturada. Existem poucos animais e plantas, sendo o sistema biológico polarizado pelas necessidades humanas. A cidade é basicamente uma Paisagem de redes, ruas, manchas de dimensões mínimas com características funcionais. A produtividade bruta da Paisagem é negativa, pois todo o ecossistema se baseia em inputs maciços de alimentos animais e vegetais, água, combustíveis, bens manufacturados. Os outputs são esgoto, resíduos sólidos, água, calor e poluentes vários. Em certo sentido a cidade resulta da sobreposição de dois ecossistemas com ligações geralmente mínimas: a produtividade primária da Paisagem, relva, árvores e outras plantas suportam uma estrutura trófica muito simplificada que inclui alguns herbívoros e carnívoros; o outro sistema, centrado nos humanos, envolve inputs de alimento e água e outputs de resíduos e esgoto, existindo carnívoros (como as pulgas) e decompositores (como as bactérias e gaivotas); um pequeno sub-sistema centrado nos animais de estimação está ligado ao sistema ecológico humano.

4.2 Processos Espaciais de Transformação da Paisagem

Na sequência da análise do gradiente de modificação da Paisagem torna-se evidente o conceito que lhe está subjacente, a fragmentação da Paisagem. Este processo, a divisão de grandes habitats (manchas) em parcelas mais pequenas, implica dificuldades para muitas espécies que não podem manter populações viáveis em pequenas manchas, o que resulta em extinção e perda de biodiversidade, bem como na ruptura da integridade da rede hidrográfica, da qualidade da água, do regime natural de perturbação no qual as espécies evoluíram e persistiam além de outros processos ecológicos.

No entanto, a fragmentação é somente uma fase na sequência mais larga de transformação da Paisagem por processos naturais ou antrópicos, que inclui outros processos espaciais (FORMAN, R. (1995, pp. 407-409)):

Perfuração – Processo de criar “buracos” num habitat ou tipo de coberto, processo mais comum de iniciar a modificação do território) seja para corte de madeira, abertura de clareiras ou aparecimento de edifícios) (Figura 5.13);

Dissecação – Corte ou subdivisão de uma área por linhas de largura regular, o que acontece sobretudo com a abertura de estradas, aceiros ou instalação de linhas de electricidade;

Fragmentação – Quebra de um habitat ou coberto em parcelas mais pequenas, as manchas têm dimensões e uma distribuição espacial irregular. Embora o processo seja parecido com a dissecação, não há regularidade, os efeitos podem ser semelhantes ou muito diferentes, consoante o corredor de dissecação seja ou não uma barreira ao movimento de espécies;

Contracção – Diminuição da dimensão das manchas, processo universal de transformação da Paisagem, geralmente com as manchas remanescentes que vão diminuindo de dimensão para efeitos de agricultura ou construção;

Atrito – Desaparecimento de manchas e corredores, geralmente desaparecem as manchas pequenas, mas o desaparecimento de manchas grandes pode ter especial significado ecológico.

O número e densidade de manchas aumenta com a dissecação e fragmentação, diminuindo com o atrito. A dimensão média das manchas diminui geralmente nos primeiros quatro processos, aumentando tipicamente com o atrito, pois as manchas mais pequenas têm maior probabilidade de desaparecer. A quantidade total de habitat interior diminui com todos os processos. Mas os cinco processos sobrepõem-se ao longo da transformação do território, além de estarem geralmente ordenados pela sua importância relativa: começando com a perfuração e dissecação e terminando no

atrimento, de uma forma cronológica. A perfuração e dissecação estão associadas às fases iniciais, a fragmentação e contracção à fase intermédia de transformação, sendo a fase final o atrimento.

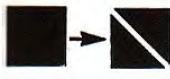
Spatial processes	Patch number	Average patch size ¹	Total interior habitat ²	Connectivity across area ³	Total boundary length ⁴	Habitat	
						Loss	Isolation
 Perforation	0	-	-	0	+	+	+
 Dissection	+	-	-	-	+	+	+
 Fragmentation	+	-	-	-	+	+	+
 Shrinkage	0	-	-	0	-	+	+
 Attrition	-	+	-	0	-	+	+

Figura 5.13 – Principais processos espaciais de transformação do território e os seus efeitos em atributos espaciais; + representa um aumento, - um decréscimo e 0 nenhuma mudança. Os efeitos são medidos para o tipo preto de habitat – coberto (FORMAN, R. (1995, pp. 407)).

5. Quantificação da Estrutura da Paisagem

Estão já apresentados, muito sinteticamente, vários aspectos paradigmáticos da Ecologia da Paisagem: a estrutura e os elementos base da Paisagem (manchas, corredores e matriz), conceitos relacionados com a matriz (porosidade e forma das margens), a estrutura global da Paisagem (configuração, contraste e grão), os princípios gerais da Paisagem, bem como as transformações da mesma (gradiente de modificação e processos espaciais de transformação). Quais são, então, as ferramentas para “medir” o mosaico num contexto de avaliação da estrutura espacial da Paisagem ?

Uma vez que em Ecologia da Paisagem o principal objecto a ser medido é a estrutura e a complexidade da Paisagem, os índices da Paisagem (“Landscape Metrics” – “Métrica” da Paisagem) baseiam-se na análise da distribuição, forma e arranjo espacial das manchas. A aplicação destes índices pode fazer-se a três níveis: à resolução individual das manchas (todas, uma – a – uma), à escala das classes de manchas (tantas quantas as classes da classificação que se utilizar como material de base) e à escala da Paisagem como um todo (calculando as interações entre diferentes classes de manchas). No caso da aplicação feita neste estudo a análise será efectuada somente à escala da Paisagem como um todo e classe a classe.

Por sua vez, esta análise pode ser efectuada segundo duas abordagens distintas (FARINA, A. (2000, p. 169)), a composição da Paisagem e a sua configuração, que independentemente ou em conjugação afectam os processos ecológicos e os organismos:

Composição da Paisagem – Descreve a qualidade e quantidade de elementos (manchas) que compõem a Paisagem. Por outras palavras, a composição da Paisagem engloba a variedade e abundância dos tipos de manchas na Paisagem, mas não a posição e localização dessas mesmas manchas no mosaico, sendo por isso descrita numericamente e não espacialmente, portanto não é espacialmente explícita. Existem múltiplas formas de quantificar a composição: proporção de Paisagem por tipo de manchas, riqueza de manchas, equidade de distribuição de manchas, diversidade de manchas entre muitas outras.

Configuração da Paisagem – Descreve a distribuição física das manchas na Paisagem. Algumas das variáveis consideradas são isolamento das manchas, dimensão e forma da área interna das manchas, justaposição e distância entre manchas do mesmo tipo ou complexidade da fronteira, que descrevem o carácter espacial das manchas. Alguns índices são espacialmente explícitos somente porque representam, ao nível da Paisagem, a localização relativa individual das manchas, reconhecendo que os processos ecológicos e organismos são afectados pela inter-dispersão e justaposição de tipos de manchas numa Paisagem.

No entanto, nem todos os índices podem ser facilmente classificáveis como representando a composição ou a configuração da Paisagem. Índices como a dimensão média das manchas e densidade das manchas não são realmente espacialmente explícitos, pois não dependem explicitamente do carácter espacial ou posição relativa das manchas. Além disso, a dimensão média das manchas e a sua densidade reflectem tanto a quantidade de um tipo de manchas presente (composição), como a sua distribuição espacial (configuração).

Outros índices, como o total de margens ou densidade de margens (função da quantidade de margens entre manchas), que representam claramente a heterogeneidade espacial, não dependem explicitamente da localização relativa das manchas na Paisagem ou do seu carácter espacial individual. Para uma determinada densidade de margens podem existir cinco ou cinquenta manchas, podem estar agrupadas espacialmente ou dispersas, agrupadas num sector da Paisagem ou distribuídas de uma forma mais ubíqua.

Assim, "... mais importante do que classificar os índices da métrica da Paisagem numa dicotomia composição – configuração, é reconhecer que a estrutura da Paisagem consiste tanto da composição como da configuração e que foram desenvolvidos vários índices para representar estes aspectos da estrutura da Paisagem, separadamente ou de uma forma combinada" (McGARIGAL, K.; MARKS, B.J. (1995, p. 11)).

Em termos de métrica da Paisagem existem quatro grandes tipos de índices, espacialmente explícitos ou não, que serão devidamente descritos e debatidos quando da aplicação às classificações nas três datas, para a Paisagem como um todo e para cada classe de coberto vegetal – uso do solo:

1. Forma – dimensão das manchas

- Área total por tipo de mancha;
- Proporção ocupada pela maior mancha;
- Número de manchas e dimensão média das manchas;
- Desvio padrão e variância da dimensão das manchas;
- Total de margens e sua densidade;
- Margem média por mancha.

2. Complexidade – irregularidades

- Índice de forma da Paisagem;
- Índice de forma ponderado pela área;
- Dimensão fractal média das manchas e da Paisagem.

3. Arranjo – organização espacial

- Distância média à mancha mais próxima;
- Índice médio de proximidade;
- Índice de inter-dispersão e justaposição.

4. Diversidade

- Índice de Diversidade de Shannon;
- Índice de Equidade de Distribuição de Shannon.

5.1 Crítica

“Existem várias ferramentas para efectuar procedimentos de avaliação numa Paisagem a uma determinada escala, da «métrica da Paisagem» à Teledetecção e SIG, com o auxílio de estatística espacial” (FARINA, A. (2000, p. 112)). No entanto, existem várias limitações quanto à aplicação da métrica da Paisagem: segundo HERZOG, F.; LAUSCH, A (1999) a aplicação está muito limitada pelo modelo de dados utilizados (raster – vector), mas utilizando imagens da Teledetecção (intrinsecamente raster) há menos generalização que no modelo vector, conservando-se a informação espacial. Como já foi debatido, a utilização de imagens uniformiza a escala de “generalização” da Paisagem, permitindo medir propriedades espaciais, “...informação sobre a geometria e posição (e.g.

dimensão, forma, arranjo e textura) [...] informação pontual (por pixel) e espacial (integração das propriedades espaciais) [...] e capacidade de análise multi-temporal” (QUATTROCHI, D.A.; PELLETIER, R.E. (1991, p. 60)).

O que se torna relevante é a relativa impossibilidade de comparar as medidas efectuadas sobre imagens de diferentes resoluções, pois sendo distintos, os graus de generalização intrínsecos vão modificar a Paisagem mensurável, originando variações significativas nalguns índices (BLASCHKE, T.; PETCH, J. (1999), sobretudo a nível da configuração, pois há uma efectiva mudança de escala de análise. Como afirma FROHN, R.C. (1998), se os índices de Paisagem são imprevisíveis como consequência da resolução espacial, então as mudanças nos valores dos índices podem ser uma função da resolução espacial em adição a mudanças efectivas da estrutura da Paisagem, o que torna os valores imprevisíveis e o seu significado pouco claro. Mantendo-se a escala mantém-se a coerência e compatibilidade da métrica da Paisagem.

No entanto, a maior limitação é o número de classes, mais dependente dos objectivos do estudo que dos dados efectivamente disponíveis, por isso se tentou construir uma legenda tão coerente, sólida e ecologicamente relevante. Portanto, para efeitos de comparação de áreas a legenda deve ser comum, pois a agregação de classes ou simplificação da legenda (tal como o inverso) modificaria completamente a composição e configuração da Paisagem. Desta forma torna-se difícil comparar índices calculados sobre Paisagens classificadas tematicamente de forma diversa (HARDIS, C.D. ; BISSONETTE, J.A. ; DAVID, J.L. (1998).

Outro aspecto prende-se com os filtros de baixa frequência aplicados às classificações: o objectivo comum e primeiro é a remoção do “sal e pimenta” e o aumento da coerência espacial das manchas. No entanto, a aplicação destes filtros modifica dramaticamente os valores dos índices, segundo GILLESPIE, M.K.; BARR, C.J.; HOWARD, D.C.; BUNCE; R.G.H (1999, p. 68) as variações chegam a aumentos ou diminuições da ordem dos 100 por cento. Deve portanto evitar-se, a todo o custo, a aplicação de filtros à classificação, mantendo assim a composição e configuração da Paisagem tão próxima da classificação quanto possível.

Em jeito de conclusão pode-se afirmar que “... o valor interpretativo de uma medida da Paisagem tem pouco valor interpretativo: ao invés ele deve ser usado como um valor comparativo” (BLASCHKE, T.; PETCH, J. (1999, p. 83)). Ou ainda, “ Acreditamos que os índices da Paisagem, enquanto descritores espaciais, oferecem uma valiosa visão das similaridades e diferenças entre mosaico de coberto vegetal em diferentes Paisagens, merecendo assim o interesse e entusiasmo que têm atraído. Embora a ligação entre o padrão espacial e a biodiversidade seja, ainda, pouco claro, os índices da Paisagem parecem capazes de quantificar muitos atributos da Paisagem. [...]

O perigo reside na sua interpretação e aplicação [sobretudo a nível da integração vertical, mais ecológica e no âmbito de cada mancha]. Favorecemos a utilização continuada de índices da Paisagem

para descrever e comparar padrões espaciais complexos, mas a nossa experiência indica que quando vários índices são utilizados em conjunto podem revelar muito melhor informação sobre uma Paisagem” (FJELLSTAD, W.J.; DRAMSTAD, W.E.; FRY, G.L.A (1998, p. 67)).

Concluindo, para se poder proceder a comparações deve-se, imperativamente, manter a resolução espacial das imagens (e classificações resultantes), no fundo o grão da Paisagem, manter o número e tipo de classes (legenda) e não proceder a qualquer filtragem de baixa frequência dos resultados (classificações). Não obstante, deve novamente frisar-se que a abordagem escolhida privilegia unicamente a componente horizontal entre manchas, não a vertical – ecológica em cada mancha, pois não é possível (neste trabalho) relacionar com segurança as formas com as funções ecológicas.

Uma última questão diz respeito ao contexto da Paisagem, que neste caso é uma unidade administrativa – o Concelho de Mértola – e implica um isolamento artificial da área em análise. Cada Paisagem está inserida num contexto regional, sendo um sistema aberto no qual existem trocas com a envolvente, mas neste caso a Paisagem do Concelho é tratada de uma forma isolada. Dado que a abordagem é horizontal, relação entre as manchas da Paisagem, este isolamento acaba por ser muito menos grave do que no caso de um estudo eminentemente ecológico e de integração vertical.

Além disso, a não ser que a unidade de análise fosse física (uma bacia ou conjuntos de bacias hidrográficas), seria sempre arbitrariamente “cortada” do contexto envolvente, como tal este isolamento artificial deverá ser entendido como um mal menor, ou até necessário. O grão da Paisagem adequa-se à dimensão espacial da análise, que por sua vez está perfeitamente enquadrada num espaço com as dimensões do Concelho de Mértola, até porque, como referido anteriormente existiram várias vantagens objectivas nesta escolha.

Capitulo VI

Quantificação da Estrutura da Paisagem – Concelho de Mértola

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

Estando acautelada a aplicação dos índices, inerentes a uma modificação mínima da composição e configuração efectiva da Paisagem, nomeadamente em termos de resolução, área em análise, legenda e ausência de filtros da classificação, surgem algumas questões práticas que importa salientar e explicar. Esta preocupação prende-se, também e sobretudo, com o cariz deste trabalho, eminentemente metodológico, crítico na definição das escolhas e pedagógico na medida do possível.

Assim, o primeiro problema que se põe é como aplicar estes índices, o que pressupõe a escolha de Software, específico ou não. O pacote Idrisi para Windows 2.0 possui algumas possibilidades em termos de aplicação de índices a ficheiros raster: ferramentas de análise, no âmbito dos “context operators”, “pattern analysis” mas são insuficientes e, sobretudo, limitados a uma análise por uma janela de três por três pixels. Também o Grassland e o Arcview permitem o uso de estatísticas espaciais, mas não cumpriam minimamente os objectivos, não possibilitando também a construção dos índices que se pretendiam aplicar, alguns dos quais são estatisticamente bastante elaborados.

Contudo, foi possível encontrar disponível na Internet um pacote dedicado – Fragstats 2.0 (McGARIGAL, K.; MARKS, B.J. (1995)) – que calcula cerca de 50 “Landscape Metrics” diferentes e é “public domain” para sistemas UNIX e DOS ⁶⁰, embora exista também uma versão comercial mais sofisticada ⁶¹. O Fragstats 2.0 é um programa de análise de padrões espaciais para quantificação da estrutura da Paisagem, funciona por comando de linha, permitindo a importação de ficheiros raster (Erdas, Idrisi, ASCII, binário 8 e 16 bits). Exige a introdução de um conjunto complexo de parâmetros, quanto à escala, extensão da Paisagem, grão e unidade espacial. O produto final são várias tabelas em formato ASCII com os valores dos índices, para a Paisagem como um todo ou, em alternativa, classe a classe, que devem então ser importadas e tratadas numa folha de cálculo (como o Excel).

Quando se iniciou o teste deste pacote de Software, pouco prático e complexo, sem qualquer interface gráfica (com todas as desvantagens inerentes), rapidamente foi possível detectar uma enorme limitação. Além de ser delicado exportar as classificações a partir do ENVI, forçosamente exportadas primeiro para Idrisi 2.0, documentadas por edição do cabeçalho e somente depois utilizáveis pelo Fragstats, existe um limite na dimensão do ficheiro que o programa pode processar. Este facto implicaria um “ressample” das classificações que, conforme debatido no ponto anterior, modificaria completamente a composição e configuração da classificação, funcionando como um filtro de baixa frequência, embora o processo utilizado fosse a convolução cúbica.

⁶⁰ Disponível em <ftp.fsl.orst.edu> no directório pub/fragstats.2.0/

⁶¹ Ver <http://www.innovativegis.com/products/fragstatsarc/>, funciona com ficheiros vector.

Deste modo seria impraticável e contrário a todos os devidos cuidados e ressalvas, na aplicação dos índices às classificações, utilizar este pacote que, não obstante, excluindo a limitação na dimensão das imagens e a pouca agradabilidade de utilização (pouco ou nada “user friendly”), era ideal pelos cálculos que permitia. Depois de uma busca demorada foi possível encontrar um pacote de Software alternativo, o Patch Analyst (Grid) 2.1 ⁶². Este programa é uma extensão do Software de SIG ArcView 3.1, que funciona desde que o Spatial Analyst esteja activo, permitindo calcular quase todos os índices do Fragstats e acrescentando outras funcionalidades.

O Patch Analyst (Grid) é mais fácil de utilizar, os índices mantêm as definições do Fragstats 2.0 e permite a análise da Paisagem como um todo e classe a classe, embora o Fragstats permitisse a análise mancha a mancha. Depois de vários testes com ficheiros fictícios conclui-se que um ficheiro da dimensão das classificações era “processável”, embora o tempo de processamento ronde as sete – oito horas para cada classificação. Embora não seja “Public Domain”, este Software pode ser utilizado para investigação mediante a aprovação do pedido de registo online.

A utilização do ArcView permitiu, assim, importar as classificações no formato BIL (Band Interleaved by Line ⁶³) mantendo as coordenadas geográficas, embora se tenha procedido a conversões da projecção e Datum por forma a compatibilizar estes novos “overlays” com a restante informação disponível. Embora a importação não tenha sido tão pacífica como poderia transparecer, é viável e permite o uso do Patch Analyst (Grid), aumentando 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.

Ficaram assim plenamente resolvidas as “questões práticas” que, não obstante, são extremamente complexas e difíceis de resolver quando se tem que utilizar diversas plataformas de Software, podendo-se partir para o processamento – aplicação dos índices e sua análise.

1. Índices à Escala da Paisagem

A aplicação dos índices será feita de duas formas distintas: uma temporal, por forma a analisar a variação dos índices entre as três datas (1985, 1995 e 2001), para a Paisagem como um todo e classe a classe; a outra espacial, comparando três sub-sectores distintos, representativos dos três grandes

⁶² Disponível em <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempe/patch/>

⁶³ As imagens em formato BIL têm a primeira linha da primeira banda seguida pela primeira linha da segunda banda, agrupadas pelo número de bandas (este formato permite um compromisso de desempenho entre processamento espacial e espectral). Os outros formatos são BSQ (Band Sequential Format), forma mais simples, em que a cada linha se sucede a seguinte da mesma banda (formato ideal para acesso espacial – XY – a qualquer porção de uma banda); e BIP (Band Interleaved by Pixel Format), que tem o primeiro pixel de todas as bandas em formato sequencial, seguindo do Segundo pixel de todas as bandas, agrupado pelo número de bandas (ideal para acesso espectral aos dados da imagem).

tipos de Paisagem presentes no Concelho (Sul, Noroeste e Nordeste). O objectivo é analisar e validar as possibilidades da aplicação dos índices como forma de aprofundar de maneira significativa a análise das modificações do uso do solo, analisando os padrões espaciais através da quantificação da estrutura da Paisagem.

A análise dos resultados será feita tendo em conta tudo o que foi referido quanto à problemática, indefinições e “confusões” possíveis e eventuais das classificações, embora a sua análise, crítica e controlo de qualidade tenham já sido efectuados. Devem portanto ficar a um nível subliminar, pois nesta fase consideram-se como absolutamente válidas para aplicação dos índices, não se debatendo de forma alguma possíveis relações entre a qualidade das classificações e os valores obtidos na análise dos índices da Paisagem.

Quer isto dizer que, de aqui para a frente, no contexto deste método de análise, as classificações constituem uma verdade absoluta (*for argument sake*), pois somente assim se pode avaliar devidamente estes resultados, sem tentar contornar ou justificar o seu significado com base em questões ligadas à complexidade do processo de classificação das imagens e complexidade da própria Paisagem. Os índices devem valer por si, em absoluto, pois não concorrem com as classificações, utilizam-nas como input e permitem um novo olhar, muito mais detalhado espacial e estruturalmente, sobre o mosaico da Paisagem.

Claro está que existe sempre uma subjectividade potencial em termos interpretativos, mas o que está aqui verdadeiramente em questão é tanto a análise como a validação do método de análise, estando-se portanto numa nova e diferente escala temática de análise. Nunca é de mais referir que, assumida e declaradamente, se recorre a este método exclusivamente na componente horizontal da Ecologia da Paisagem, de relação espacial entre manchas e não vertical, para cada mancha. É uma perspectiva aparentemente redutora mas é assumida e exclusivamente essa componente deste método que se pretende utilizar e avaliar.

1.1 Evolução Temporal à Escala da Paisagem

Apresenta-se inicialmente o Quadro 6.1, com os valores para todos os índices, embora esses valores sejam retomados e explicados na análise índice a índice, além de quantificada a sua evolução. Os índices estão divididos em: índices de manchas, índices de complexidade da Paisagem, de organização espacial e de diversidade. Embora alguns índices possam parecer ligeiramente redundantes, optou-se pela sua apresentação e análise, pois nalguns casos as diferenças que poderiam parecer subtis permitem diferentes interpretações quando os valores são diferentes. Também por essa razão, ligada às diferenças subtis, se adoptará sempre a apresentação dos valores com três casas decimais.

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
Coeficiente 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 Área	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
Coeficiente 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 6.1 – Índices da Paisagem para as três datas, Concelho de Mértola.

Pode-se então passar à análise e interpretação, índice a índice. As fórmulas e enquadramento conceptual são extraídas e adaptadas de McGARIGAL, K.; MARKS, B. (1995), FARINA, A. (2000) e FORMAN, R.T. (1999):

ÍNDICES DE MANCHAS

Número de Manchas

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
79929	99974	139550	+ 25.1 %	+ 39.6 %	+ 74.6 %

É o número total de manchas, representa um indicador da configuração da Paisagem embora não espacialmente explícito: quando existem conjuntos de pixels adjacentes da mesma classe existe uma mancha, tal como no caso de pixels isolados (no total existem 2.560.000 pixels). É um indicador de heterogeneidade da Paisagem, quanto mais manchas menor é o grão da Paisagem, a

heterogeneidade espacial ocorre a uma menor escala. Embora não dê nenhuma informação quanto à área, distribuição ou densidade das manchas, constitui a base de cálculo para uma série de outros índices.

A evolução entre 1985 e 2001 é claramente de aumento da heterogeneidade da Paisagem, há um aumento de 25.1 % no número total de manchas entre 1985 e 1995 e um aumento, ainda maior, de 39.6 % entre 1995 e 2001. Independentemente dos valores brutos das classes de coberto vegetal – uso do solo, ou do conhecimento do que se passa em cada uma das classes, cuja análise será feita posteriormente, existe uma clara fragmentação da Paisagem, tornando a sua textura mais fina. O valor global de variação é excepcionalmente expressivo: há um aumento de 74.6 % no número de manchas entre 1985 e 2001, embora exista uma maior fragmentação entre 1995 e 2001 do que entre 1985 e 1995.

O número de manchas de um determinado habitat pode influenciar uma grande variedade de processos ecológicos. Por exemplo: a determinação do número de sub-populações duma população espacialmente dispersa, pode alterar a estabilidade das interações e oportunidades de coexistência em sistemas de predador – presa e sistemas competitivos. Quanto maior a subdivisão da Paisagem, maior número de manchas, maior a resistência potencial à propagação de perturbações (doenças, fogo), podendo as manchas persistir mais facilmente do que se o seu número fosse diminuto, mas menos manchas corresponde a manchas menores o que corresponde a menores habitats interiores.

Índice da Maior Mancha

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
47.407 %	10.506 %	2.916 %	- 77.8 %	- 72.2 %	- 93.8 %

Representa a percentagem de Paisagem que a maior mancha tem (se o valor fosse 100 % a maior mancha conteria toda a Paisagem). Somente analisando os índices para cada classe de coberto vegetal – uso do solo se poderá ver qual a classe que tem a mancha de maior dimensão, mas deverá provavelmente ser a classe mato, pois é a que maior proporção apresenta em 1985 (52.13 %) e herbáceo contínuo em 2001 (32.91 %).

A evolução temporal do índice é proporcionalmente maior que o aumento do número de manchas *per se*, pois se a maior mancha em 1985 representava 47.407 % da área total da Paisagem, a diminuição da proporção da maior mancha é de 77.8 % para 1995 e de mais 72.2 % para 2001, num total entre 1985 e 2001 de 93.8 %. Assim, actualmente a maior mancha ocupa somente 2.916 % do total da Paisagem, o que reforça e confirma a ocorrência de uma significativa fragmentação da Paisagem, que se torna mais heterogênea e de grão mais fino.

Contudo, este índice por si só não é um bom indicador da heterogeneidade para Paisagens com diferentes extensões espaciais. Além disso a mancha de maiores dimensões pode pertencer a uma classe com pouco número de manchas; a sua maior importância prende-se com a eventual presença de espécies e/ou fenómenos que exigem uma dimensão determinada de mancha como área vital. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$IMM = \frac{\max_{j=1}^n(a_{ij})}{A} \times (100)$$

IMM é igual á área (a_{ij}) em metros quadrados da maior mancha na Paisagem ($\max(a_{ij})$), a dividir pela área total da Paisagem, multiplicada por 100 (para converter em percentagem).

Densidade das Manchas

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
61.772 / 100 Ha	77.263 / 100 Ha	107.849 / 100 Ha	+ 25.1 %	+ 39.6 %	+ 74.6 %

Número de manchas por unidade de superfície (129394.078 Hectares de área total), como tal mantém-se a hierarquia da variação do número de manchas. Este índice é sobretudo importante para comparar áreas distintas, com diferentes dimensões. A comparação da densidade de manchas de diversos tipos é, classe a classe, um bom indicador de heterogeneidade. A heterogeneidade é, contudo, uma das características intrínsecas do coberto vegetal Mediterrâneo, ao contrário da grande homogeneidade das áreas florestais de latitudes mais elevadas ou mais baixas, que constituíram em parte a base para fundamentar muitas das teorias de fragmentação em Ecologia da Paisagem. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$DM = \frac{N}{A} \times (10,000) \times (100)$$

DM é igual ao número total de manchas na Paisagem (N) dividido pela área total da Paisagem (que são 18000 Hectares), multiplicado por 10,000 e por 100 (para converter em centenas de Hectares).

Dimensão Média das Manchas

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
1.619 Ha	1.294 Ha	0.927 Ha	- 20.1 %	- 28.4 %	- 42.7 %

A área de cada mancha na Paisagem é, talvez, a informação única mais útil e importante que uma Paisagem contém, além de permitir uma interessante comparação entre diferentes classes, pois a redução progressiva da dimensão dos habitats é uma componente fundamental da fragmentação da Paisagem. A magnitude dos valores é comandada pelo grão da Paisagem, a que corresponde a dimensão mínima das manchas, e que neste caso é de 30 metros, em virtude do formato raster da classificação.

Os valores indicam um ritmo semelhante aos outros índices: diminuição entre 1985 e 1995 (20.1 %), aumento dessa diminuição entre 1995 e 2001 (28.4%); entrem 1985 e 2001 as manchas passam a ter, em média, menos 42.7 % de área, quase metade, embora existam mais 74.6 % de manchas. Este facto é importante, pois o valor da dimensão média das manchas pode ser igual para uma Paisagem com uma, dez ou mil manchas. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$DMM = \frac{A}{N} \times \left(\frac{1}{10,000} \right)$$

DMM é igual à área total da Paisagem (*A*) dividida pelo número total de manchas (*N*), dividida por 10,000 para converter em Hectares.

A dimensão média das manchas é também um bom indicador da fragmentação do habitat, sendo também um valor médio que será tanto mais significativo quanto maior for o número de manchas ou a dimensão total da Paisagem. Cada espécie e/ou fenómenos e funções dos vários habitats requerem dimensões críticas, máximas e mínimas, a nível da dimensão das manchas, estando esse aspecto completamente fora do contexto do presente exercício e sendo, em última instância, uma questão de escala de análise e componente vertical, ecológica, que teria que ser estudada exaustivamente no terreno, por forma a encontrar relações causa – efeito entre a componente horizontal e a vertical.

Desvio Padrão da Dimensão das Manchas

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
217.253 Ha	53.178 Ha	21.741 Ha	- 75.5 %	- 59.1 %	- 90.0 %

As estatísticas de segunda ordem, como a variação da dimensão das manchas, podem dar informações mais úteis que as estatísticas de primeira ordem, como a dimensão média estrita. A variabilidade da dimensão das manchas traduz um aspecto fundamental da heterogeneidade da Paisagem, que não é mensurável com as estatísticas de primeira ordem, permitindo, por assim dizer, medir a heterogeneidade da heterogeneidade. Duas Paisagens com igual densidade de manchas e igual dimensão média das manchas, mas com diferentes valores de variação da dimensão das manchas, têm diferentes variabilidades, o que indica uma menor uniformidade de padrão, seja à escala da Paisagem ou para cada classe.

Uma das medidas dessa variabilidade é o desvio padrão da dimensão das manchas, medida da variação absoluta; é função da dimensão média das manchas e da diferença de tamanho entre manchas. Como a sua variação absoluta depende da dimensão média deve ser considerado em conjunto, para permitir uma mais correcta interpretação: duas Paisagens podem ter o mesmo desvio padrão da dimensão das manchas, mas uma ter uma dimensão média de 10 Hectares e outra de 100 Hectares; a variação absoluta seria a mesma mas a estrutura da Paisagem seria muito diferente.

Como a dimensão média das manchas diminuiu entre as três datas, a variação do desvio padrão traduz que há cada vez mais manchas, com menores dimensões e com uma crescente uniformidade de padrão: o desvio padrão diminui 75.5 % entre 1985 e 1995, 59.1 % entre 1995 e 2001, num total de 90.0 % de diminuição entre 1985 e 2001. Ao contrário de índices anteriores, a maior amplitude de variação é entre 1985 e 1995, não entre 1995 e 2001. Este facto acrescenta um factor de maior uniformidade espacial à crescente fragmentação e diminuição do grão, textura da Paisagem. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$DPDM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{A}{N} \right) \right]^2}{N}} \times \left(\frac{1}{10,000} \right)$$

DPDM é igual à raiz quadrada do somatório dos desvios ao quadrado entre a área de cada mancha e a dimensão média das manchas, dividido pelo número total de manchas, dividido por 10,000 para converter em hectares.

Coefficiente de Variação da Dimensão das Manchas

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
13420.093 %	4108.664 %	2344.743 %	- 69.4 %	- 42.9 %	- 82.5 %

O coeficiente de variação da dimensão das manchas apresenta uma vantagem em relação ao desvio padrão, não é uma medida absoluta mas sim a variabilidade como uma percentagem da média. Portanto é uma medida relativizada, não sendo necessário conhecer a dimensão média das manchas para interpretar o coeficiente de variação, o que pode ter vantagem para efeitos de comparação entre Paisagens ou diferentes classes de manchas. No entanto, o coeficiente de variação também pode ser enganador, enquanto quantificador da estrutura da Paisagem sem se conhecer o número de manchas e sua densidade: duas Paisagens com igual coeficiente de variação da dimensão das manchas podem ter 100 manchas com uma dimensão média de 10 Hectares ou 10 manchas com uma dimensão média de 100 Hectares.

Em termos da evolução dos valores, a sua tendência geral e amplitude são em tudo semelhantes ao desvio padrão, mas como o coeficiente de variação é relativizado, a grandeza da diminuição é um pouco menor. Já os valores absolutos são muito mais expressivos, indicando uma enorme falta de uniformidade no padrão (13420 % de coeficiente de variação), que se mantém elevado em 2001 mas diminui 82.5 %, “incorporando” a diminuição da dimensão média. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$CVDM = \frac{DPDM}{DMM} \times (100)$$

CVDM é igual ao desvio padrão da dimensão das manchas (*DPDM*) a dividir pela dimensão média das manchas (*DMM*), multiplicado por 100 para converter em percentagem: ou seja, a variabilidade da dimensão das manchas em relação à dimensão média das mesmas, que é igual a zero quando todas as manchas na Paisagem têm a mesma dimensão ou só existe uma mancha.

Total de Margens

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
21444810 m	28706465 m	33293670 m	+ 33.9 %	+ 16.0 %	+ 55.3 %

É natural que quanto maior o número de manchas maior a extensão de margens dessas manchas, o que implica maior heterogeneidade e maior fragmentação da Paisagem a uma escala mais “fina”. A quantidade total de margens (expressa em metros) é também um bom indicador da configuração da Paisagem, embora não seja um índice espacialmente explícito. A importância das margens é muito elevada, pois há uma importante interacção da flora e da fauna nestas áreas de fronteira, que podem constituir por si só habitats, além de serem claramente frentes de interface: predação e refúgio, dispersão de sementes e re-colonização, protecção do vento, etc. É sobretudo o grau de contraste entre as manchas ao longo da margem que influencia vários processos ecológicos importantes, esse contraste pode ser medido somente à escala das manchas e não da totalidade da Paisagem.

Quanto maior for o total de margens maior a fragmentação da Paisagem, embora este índice também seja “controlado” pela escala de análise e grão da Paisagem: quanto mais fina for a resolução ou grão maior é o comprimento total, como na célebre questão do comprimento total da costa de Inglaterra (demonstrada por MANDELBROT, B.B. (1983)). Por essa razão só se devem comparar Paisagens com igual resolução, não se podendo comparar formatos raster e vector, pois a representação das margens é feita de forma distinta. Quanto aos valores, existe um aumento do total de margens maior entre 1985 e 1995 (33.9 %) do que entre 1995 e 2001 (16.0 %), para um aumento total de 55.3 %, que é significativo e reforça a maior heterogeneidade e fragmentação da Paisagem.

Densidade das Margens

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
165.733 m/Ha	221.853 m/Ha	257.304 m/Ha	+ 33.9 %	+ 16.0 %	+ 55.3 %

É absolutamente semelhante ao índice anterior, mas relativizado pela dimensão total da Paisagem e, logo, expresso em metros por hectare, o que facilita a comparação de Paisagens com diferentes dimensões. Os valores e amplitudes de variação são, obviamente, iguais aos valores absolutos de margem existente na Paisagem.

COMPLEXIDADE

Incluem-se neste grupo várias estatísticas da Paisagem que quantificam a configuração da Paisagem através da complexidade da forma das manchas, seja à escala da Paisagem seja para cada classe de manchas. A interacção da forma e dimensão das manchas pode influenciar vários processos ecológicos importantes. Os índices baseiam-se na relação entre o perímetro e a área das manchas.

Índice de Forma da Paisagem

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
149.041	199.509	231.390	+ 33.9 %	+ 16.0 %	+ 55.3 %

Este índice baseia-se na relação entre o perímetro e área das manchas, medindo a complexidade da forma das manchas em função duma forma básica quadrada (o ficheiro é raster) que representa um mínimo de complexidade: quanto maior for o valor, maior é a complexidade das manchas na Paisagem. A evolução dos valores representa um aumento crescente da complexidade das formas, sobretudo entre 1985 e 1995 (33.9 %), apresentando a mesma grandeza de variação que o total de margens, pois é calculado com base nesse valor. Esta maior complexidade (um acréscimo geral de 55.3 % do índice de forma entre 1985 e 2001) deveria indicar um grau mais “natural” da Paisagem, por oposição a um cariz menos natural, mais ortogonal e de formas menos complexas resultante da crescente acção humana. No entanto o índice não tem em conta a ponderação por dimensão de manchas e a interpretação não é assim tão clara, embora as formas se afastem gradualmente da forma básica mais elementar. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$IFP = \frac{0.25 E'}{\sqrt{A}}$$

IFP é igual à soma do limite da Paisagem e todos os segmentos de margem na Paisagem (*E'*), dividido pela raiz quadrada da área total da Paisagem (*A*), ajustado por uma constante para um standard

quadrado (0.25) pois o formato base é “raster” (60 metros). Se a Paisagem fosse constituída por uma só mancha quadrada o valor seria 1, aumenta a partir daí quanto maior for a complexidade, sem limite numérico superior.

Índice Médio de Forma

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
1.230	1.279	1.259	+ 4.0 %	- 1.6 %	+ 2.4 %

O índice médio de forma funciona de uma maneira semelhante, mas em vez de ser calculado para o total de margem e área total da Paisagem, é calculado mancha a mancha, apresentando muito mais rigor na avaliação do rácio médio perímetro – área para toda a Paisagem ou para cada classe.

Deste modo, os valores são muito distintos, sobretudo porque a sua evolução é absolutamente díspar: aumenta 4.0 % entre 1985 e 1995 (maior complexidade de formas), mas diminui um pouco entre 1995 e 2001 (-1.6 %), o que pressupõe que a actividade humana desempenha um importante papel, pressupondo-se que a menor complexidade ocorre em parcelas agrícolas ou porque os limites destas “cortam” áreas não agrícolas.

Embora no cômputo geral haja uma aumento da complexidade, as formas das manchas distanciam-se da forma mais elementar (aumento de 2.4 % entre 1985 e 2001), mas aparece um primeiro índice que regista primeiro um acréscimo e depois um ligeiro decréscimo. Sem se conhecerem os valores para cada classe não se pode, claramente, avançar mais qualquer tipo de possível explicação, pois seria infundada e especulativa. No entanto fica introduzida uma possível inflexão da configuração da Paisagem em 1995. A fórmula é a seguinte:

$$IMP = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right)}{N}$$

IMP é igual ao somatório do perímetro (*p* em metros), dividido pela raiz quadrada da área mancha (*a_{ij}* em metros quadrados) para cada mancha da Paisagem, ajustado por uma constante para um standard quadrado (raster, 0.25), dividido pelo número de manchas da Paisagem (*N*); por outras palavras, *IMP* é igual ao Índice médio de forma para todas as manchas. O valor é igual a um quando todas as manchas na Paisagem são quadradas, aumentando sem limite superior quanto mais irregulares são as formas das manchas.

Índice Médio de Forma, ponderado pela Área das Manchas

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
52.801	20.120	10.728	- 61.9 %	- 46.7 %	- 79.7 %

Tal como o Índice Médio de Forma baseia-se na relação entre o perímetro e área das manchas, medindo a complexidade da forma das manchas em função duma forma básica quadrada, mas efectuando uma ponderação em função da dimensão de cada mancha; quanto maior for a mancha maior a ponderação. Desta forma torna-se ainda mais indicado do que o Índice Médio não ponderado, pois tem em conta todas as manchas (ao contrário do Índice de Forma) e a dimensão das mesmas. Visto que existe entre 1985 e 2001 uma variação significativa da dimensão média das manchas (menos 42.7 %), os valores vão ser muito diferentes: a evolução é oposta à do Índice de Forma e não há nenhuma inflexão em 1995, o período 1985 – 1995 volta a ter a maior diminuição.

Isto quer dizer que, 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 (menos 79.7 % entre 1985 e 2001) pois as manchas mais irregulares vão sendo cada vez mais pequenas, proporcionalmente. Há, portanto e provavelmente, mais manchas não naturais, mais regulares, e com maiores dimensões. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$IMF - PAM = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right) \times \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \right]$$

IMF – PAM é igual ao somatório, para todas as manchas, do perímetro de cada mancha (metros), dividida pela raiz quadrada da área da mancha (metros quadrados), ajustado por uma constante para um standard quadrado (0.25) pois o formato base é raster (60 metros), multiplicado pela área da mancha, dividida pela área total da Paisagem. Assim, quanto maior for uma mancha maior será a ponderação.

Mas estes três índices de forma (Índice de Forma, Índice Médio de Forma e Índice Médio de Forma Ponderado pela Área das Manchas) apresentam limitações importantes: por um lado são sensíveis a diferenças entre imagens em formato raster e vector, assumindo valores diferentes; por outro lado a diferente forma como as margens são representadas modifica os valores de comprimento das margens. Além disso, como índice de forma, o método do rácio perímetro – área é relativamente insensível a diferenças na morfologia da mancha, embora as manchas possam ter diferentes formas, áreas, perímetros e índices de forma.

Por estas razões, estes índices não são particularmente bons enquanto medidas da morfologia das manchas, mas sim como medidas globais da complexidade das manchas. Para se medir a morfologia existem outros índices, que analisam a geometria fractal, “... ferramenta formidável para investigar as irregularidades dos eventos e padrões naturais e humanos [...] A análise fractal pode ser considerada como o estudo das regularidades das irregularidades [...] A diferença conceptual entre a geometria fractal e euclidiana consiste na capacidade, na abordagem fractal, de construir objectos complexos utilizando processos simples e repetitivos. A geometria euclidiana, pelo contrário, utiliza blocos simples mas requer processos complexos” (FARINA, A. (2000), p. 183).

Dimensão Fractal Bi – Logarítmica

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
1.457	1.503	1.537	+ 3.2 %	+ 2.3 %	+ 5.5 %

Um fractal, conceito introduzido por MANDELBROT (1983) em 1977, é (muito simplisticamente) uma forma geométrica que tem uma estrutura espacial igual a várias escalas, auto – semelhança. A dimensão fractal de um objecto de determinada forma pode ser calculada por um método de perímetro – área, que quantifica a complexidade dessa forma. O grau de complexidade de um polígono é caracterizado por uma dimensão fractal (D) tal que o perímetro (P) de uma mancha é relacionado com a área (A) da mesma mancha segundo:

$$P \approx \sqrt{A^D} \quad \text{ou seja} \quad P \approx \frac{1}{2D} \text{Log } A$$

Para formas Euclidianas simples (círculos, quadrados, rectângulos, etc.) P é igual à raiz quadrada da área e a dimensão fractal é igual a 1. Conforme os polígonos se vão tornando mais complexos, o perímetro torna-se cada vez maior, ocupando cada vez mais a área (se é que assim se pode dizer) e $P \approx A$ com D a tender para 2, afastando-se duma geometria Euclidiana. Logo, quanto mais complexa for a forma, quanto maior for a sua margem, maior é a dimensão fractal da mancha.

Os valores obtidos apresentam a mesma hierarquia que os obtidos com o Índice de Forma da Paisagem, pois são também calculados com base nos valores de perímetro e área, ou seja: um aumento global da complexidade da Paisagem como um todo (5.5 % entre 1985 e 2001), mais importante entre 1985 e 1995 (3.2 %) do que entre 1995 e 2001 (2.3 %). A fórmula para cálculo da Dimensão Fractal Bi – Logarítmica da Paisagem é a seguinte:

$$DFBL = \frac{2}{\left(\frac{\left[N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(L_n p_{ij} L_n a_{ij} \right) \right] - \left[\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n L_n p_{ij} \right) \times \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n L_n a_{ij} \right) \right]}{\left(N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n L_n p_{ij}^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n L_n p_{ij} \right)^2} \right)}$$

DFBL é igual a 2 dividido pelo declive da recta de regressão, obtida pela regressão entre o Logaritmo da área (*a*) da mancha (metros quadrados) contra o Logaritmo do perímetro (*p*) da mancha, *N* é igual ao número total de manchas na Paisagem. O valor mínimo é 1, forma simples Euclidiana, o valor máximo é 2, complexidade máxima.

Dimensão Fractal Média das Manchas

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
1.036	1.041	1.038	+ 0.5 %	- 0.3 %	+ 0.2 %

Tal como no Índice Médio de Forma, a Dimensão Fractal é neste caso calculada para todas as manchas da Paisagem, repetindo-se a hierarquia: há globalmente um aumento da complexidade da forma das manchas (mais 0.2 % entre 1985 e 2001), mas há uma inflexão de tendência em 1995; até lá há um aumento (0.5 %), a partir daí até 2001 há um ligeiro decréscimo (menos 0.3 %). Um facto muito relevante é que os valores são claramente inferiores, em termos absolutos de dimensão fractal, aos da Dimensão Fractal calculada para toda a Paisagem, isso porque existem certamente manchas muito regulares que “baixam” o valor médio quando se faz o somatório do valor de todas as manchas. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$DFMM = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{2 L_n (0.25 p_{ij})}{L_n a_{ij}} \right)}{N}$$

DFMM é igual ao somatório de duas vezes o logaritmo natural do perímetro da mancha (*p_{ij}* em metros), dividido pelo logaritmo da área da mancha (*a_{ij}* em metros quadrados) para cada mancha da Paisagem, dividido pelo número de manchas (*N*), 0.25 é o factor de correcção do perímetro porque a imagem é raster. Uma dimensão fractal maior do que um para o mosaico bidimensional de uma Paisagem indica um desvio da geometria euclidiana (um aumento na complexidade da forma da mancha); o valor aproxima-se de um para formas com perímetros muito simples, como círculos ou quadrados, aproximando-se de dois para formas muito convolucionadas, com perímetros que enchem muito o plano.

Dimensão Fractal Média Ponderada pela Área

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
1.311	1.271	1.246	- 3.1 %	- 2.0 %	- 5.0 %

Novamente, também à semelhança do Índice de Forma, os valores vão ter uma evolução diferente, pelas mesmas razões: as formas mais complexas são de manchas cada vez mais pequenas; as menos complexas de manchas cada vez maiores. Neste caso, o valor absoluto da dimensão fractal é superior ao valor médio para todas as manchas. Assim sendo, embora haja uma diminuição ao longo das três datas, existem também certamente manchas complexas de dimensões elevadas, caso contrário os valores absolutos não seriam superiores. A fórmula é a seguinte:

$$DFMPA = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{2Ln(0.25 p_{ij})}{Ln a_{ij}} \right) \times \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \right]$$

DFMPA é igual ao somatório de duas vezes o logaritmo natural do perímetro da mancha (p_{ij} em metros), dividido pelo logaritmo da área da mancha (a_{ij} em metros quadrados), multiplicado pela área da mancha (a_{ij} em metros) dividida pela área total da Paisagem (para ponderar), para cada mancha da Paisagem; (M), 0.25 é o factor de correcção do perímetro porque a imagem é raster.

ORGANIZAÇÃO ESPACIAL

Distância Média ao Vizinho mais Próximo

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
83.448 m	65.852 m	66.771 m	- 21.1 %	+ 1.4 %	- 20.0 %

Distância média ao vizinho mais próximo define-se como a distância de uma mancha à mancha mais próxima da mesma classe, baseada na distância de margem a margem, o que quantifica a configuração da Paisagem, que influencia processos ecológicos importantes. Quanto maior for a distância maior é a “insularidade” das manchas, mais fragmentada é a Paisagem do ponto de vista da fauna utilizadora de determinado tipo de mancha.

Os valores são extremamente interessantes: entre 1985 e 1995 há uma diminuição significativa da distância ao vizinho mais próximo, menos 21.1 % (passando de 83 metros para 65), o que é certamente resultado do aumento do número de manchas (mais 25.1 % entre 1985 e 1995) e diminuição da sua dimensão média (menos 75.5 %). No entanto, o mais relevante e interessante é que esta fragmentação se faz, por assim dizer, de uma forma uniforme, pois cada mancha passa a

estar em média mais perto da mancha mais próxima da mesma classe. Há uma fragmentação que diminui, de facto, o grão da Paisagem, criando uma micro-heterogenidade de maior proximidade.

O aumento da distância, entre 1995 e 2001, embora pequeno (mais 1.4 %) é também interessante, pois 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 (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. É o primeiro caso em que se dá um decréscimo entre 1985 e 1995 e um acréscimo entre 1995 e 2001, logo esta inflexão só pode estar relacionada com uma qualquer outra inflexão de sentido oposto, como o aumento da dimensão média de um ou mais tipos de manchas que se estão a tornar dominantes. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$DM - VMP = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{N'}$$

$DM - VMP$ é igual ao somatório da distância (h_{ij} em metros) à mancha mais próxima da mesma classe, distância baseada na distância mais próxima entre margens, para cada mancha da Paisagem com um vizinho, dividido pelo número de manchas com um vizinho.

Desvio Padrão da Distância Média ao Vizinho mais Próximo

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
137.045 m	144.649 m	98.457 m	+ 5.5 %	- 31.9 %	- 28.2 %

Este índice permite medir a variabilidade da distância entre manchas, que é um factor ecológico essencial – dispersão das manchas: um desvio padrão baixo, em relação ao valor médio da distância, implica uma distribuição mais regular e uniforme das manchas na Paisagem, enquanto um grande desvio padrão implica uma distribuição irregular.

A distribuição das manchas pode indiciar processos naturais ou perturbações causadas pela actividade humana, mas tem que ser analisado tendo em conta a distância média: duas Paisagens podem ter o mesmo desvio padrão da distância média (e.g. 100 metros). Embora uma Paisagem tenha uma distância média de 100 metros e a outra de 1000 metros, a primeira tem um padrão mais irregular mas concentrado, enquanto a segunda tem um padrão mais regular mas disperso.

Os valores apresentam uma evolução com inflexão em 1995, aumentando um pouco entre 1985 e 1995 (mais 5.5 %), para depois diminuírem significativamente (menos 31.9 %). Na primeira fase existe, portanto, uma maior concentração e menor regularidade do padrão das manchas; na segunda

fase existe uma maior concentração (embora mínima, mais 1.4 %) e uma muito maior regularidade do padrão das manchas; passa a haver um mosaico mais fino e mais regular.

Curiosamente, começa por haver um decréscimo de regularidade (entre 1985 e 1995), somente 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 e explicaria a descida inicial do índice, comportamento único até agora. Na fase seguinte, a perturbação teria sido mais intensa e espacialmente muito melhor distribuída, logo a regularidade aumentou imenso (31.9 %). Este facto introduz um aspecto muito interessante, o cariz da fragmentação e maior heterogeneidade da Paisagem teria tido início de uma forma algo localizada, aglomerada espacialmente nalgumas áreas, o que faz sentido para a expansão das terras agrícolas, ao invés das manchas de re-florestação que são muito mais ubíquas. A fórmula é a seguinte:

$$DPDVMP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[h_{ij} - \left(\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h_{ij}}{N} \right) \right]^2}{N}}$$

DPDVMP é igual à raiz quadrada do somatório dos desvios entre a distância ao vizinho mais próximo (h_{ij}) e a distância média ao vizinho mais próximo, de cada mancha, dividido pelo número total de manchas (N), sendo zero quando todas as manchas têm a mesma distância ao vizinho mais próximo.

Coefficiente de Variação do Vizinho mais Próximo

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
164.227	219.659	147.454	+ 33.8 %	- 32.9 %	- 10.2 %

O coeficiente de variação, tal como no caso da medição da variabilidade da dimensão das manchas, apresenta claras vantagens para comparar Paisagens, pois mede a variabilidade relativa em relação à média, não sendo necessário conhecer a Distância Média ao Vizinho mais Próximo para se poder interpretar este índice. No caso do coeficiente, duas Paisagens com os mesmos valores (e.g. 100 %) podem ter 100 manchas com uma distância média de 100 metros, ou 10 manchas com uma distância média de 1000 metros, o que implica características estruturais diferentes. Além disso, somente com a análise para cada classe se pode compreender se existem classes cuja distância média está a aumentar ou diminuir.

Analisando os valores, relativizados em função da distância média, que têm a mesma evolução que o desvio padrão, a amplitude das variações assume muito maior importância (mais 33.8 % entre 1985 e 1995 contra 5.5 %), embora a grandeza da diminuição entre 1995 e 2001 seja semelhante (menos 32.9 % e menos 31.9 %). Mas a grandeza da evolução do coeficiente tem quase igual valor relativo

de variação, sustentando a teoria de maior concentração e menos regularidade inicial, seguida de maior regularidade na mesma proporção, embora no cômputo geral, entre 1985 e 2001, haja uma diminuição de 10.2 % na variabilidade, representando uma maior regularidade espacial no padrão de distribuição das manchas. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$CVVMP = \frac{DPVMP}{DMVMP} \times (100)$$

CVVMP é igual ao desvio padrão do vizinho mais próximo (*DPVMP*) a dividir pela distância média ao vizinho mais próximo (*DMVMP*), multiplicado por 100 (para converter em percentagem); ou seja, a variabilidade na distância média em relação à distância média, expressa em percentagem.

Índice Médio de Proximidade

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
17390.018	3190.072	725.454	- 81.7 %	- 77.3 %	- 95.8 %

Este índice quantifica o contexto espacial de uma mancha em relação aos seus vizinhos, distinguindo distribuições dispersas de pequenas manchas das configurações onde o habitat forma um “cluster” complexo de manchas de maiores dimensões. Portanto, o índice mede tanto o grau de isolamento da mancha como o grau de fragmentação do tipo de mancha correspondente, numa vizinhança determinada em análise. Este índice permite avaliar, no fundo, o grau de conectividade da Paisagem; quanto menos isoladas estão as manchas (em relação a manchas da mesma classe) e quanto menos fragmentada é a distribuição das várias classes de manchas, maior é o valor do índice.

O valor diminui quando o isolamento é menor e quando a heterogeneidade, em termos de diversidade de tipos de manchas, é maior. Assim, ao contrário dos índices anteriores que permitem medir a variabilidade da organização espacial, regista-se entre as várias datas uma clara diminuição deste Índice Médio de Proximidade. 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. A variação deste índice é muito significativa, pois para o período 1985 – 2001 há uma diminuição de 95.8 %. No entanto, para medir especificamente a contiguidade e diversidade de tipos de manchas na vizinhança existem outros índices. A fórmula do Índice Médio de Proximidade é a seguinte:

$$IMP = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}}{N}$$

IMP é igual ao somatório da área das manchas (*a* em metros quadrados), dividida pelo quadrado da distância margem a margem entre a mancha (metros) e todas as manchas da mesma classe até uma determinada distância (*s* em metros), somado para todas as manchas na Paisagem e dividido pelo número total de manchas.

Contágio

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
50.248 %	43.605 %	36.495 %	- 13.2 %	- 16.3 %	- 27.8 %

O índice de contágio só é aplicável a imagens raster à escala de toda a Paisagem, pois efectua medição das “células” da imagem (pixels neste caso) e não das manchas, medindo a probabilidade de “adjacência” de células da mesma classe. O índice consiste na soma, para todas as classes, do produto de duas probabilidades: a probabilidade de uma qualquer célula pertencer a uma dada classe (i) (estimada da abundância proporcional dessa classe (i)) e a probabilidade condicional de que uma célula, sendo de determinada classe (i), tenha na sua vizinhança células da classe (j) (estimada pela abundância proporcional das adjacências de uma classe (i) a outra (j)). O produto destas duas probabilidades corresponde à probabilidade de duas quaisquer células corresponderem às classes (i) e (j).

O contágio mede tanto a inter-dispersão de tipos de manchas (mistura de manchas de diferentes classes) como a dispersão de manchas (distribuição espacial de uma classe de manchas). O índice mede o grau de agregação ou dispersão dos elementos da Paisagem: valores altos resultam de Paisagens com poucas manchas, de grande dimensão e próximas entre si, enquanto valores baixos implicam geralmente Paisagens com muitas unidades dispersas. O contágio também mede a dispersão porque as células, não as manchas, são avaliadas quanto à sua probabilidade de adjacência com células de outras classes. Quando há grandes manchas uniformes (com muitas células da mesma classe adjacentes), o valor do índice é alto, pois há uma grande proporção de células adjacentes da mesma classe.

O valor aproxima-se de 0 (zero) quando a distribuição das adjacências (ao nível das células individuais) entre tipos de manchas da mesma classe se torna menos equilibrada. O contágio aproxima-se de 100 quando todos os tipos de manchas estão igualmente adjacentes a todas as outras classes de manchas.

Assim, a diminuição do valor do contágio, menos 13.2 % entre 1985 e 1995 e menos 16.3 % entre 1995 e 2001, representa 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. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$CONTÁGIO = \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left[(Pi) \left(\frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \right] \times \left[Ln(Pi) \left(\frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \right]}{2Ln(m)} \right] \times (100)$$

Contágio é igual a 1 mais o somatório das abundâncias proporcionais de cada classe de manchas, multiplicado pelo número de adjacências entre células dessa classe e de todas as outras classes, multiplicado pelo Logaritmo da mesma quantidade, somado para todas as classes de manchas, dividido por duas vezes o Logaritmo do número de classes de manchas, multiplicado por 100 (para converter em percentagem). Por outras palavras, o contágio observado sobre o máximo contágio possível, para determinado número de classes de manchas.

Índice de Inter-Dispersão e Justaposição

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
67.437	61.272	70.192	- 9.1 %	+ 14.6 %	+ 4.1 %

O índice mede a probabilidade de adjacência das manchas (não de células, pixels) a manchas de todas as outras classes (as adjacências a manchas da mesma classe não são possíveis pois duas manchas da mesma classe não podem ser adjacentes, constituiriam uma só mancha). Nas imagens “raster”, como as das classificações, as células internas não são consideradas, somente os perímetros das manchas são considerados. Como este índice é uma medida da adjacência das manchas e não das células, a interpretação é diferente da relativa ao contágio. O Índice de Inter-Dispersão e Justaposição mede o grau de inter-dispersão das manchas (não necessariamente dispersão); valores elevados resultam de Paisagens em que as classes de manchas estão bem inter-dispersas (igualmente adjacentes umas às outras), enquanto valores baixos caracterizam Paisagens onde as classes de manchas estão mal inter-dispersas (distribuição desproporcional de adjacências de tipos de manchas).

O Índice de Inter-Dispersão e Justaposição não é afectado directamente pelo número, dimensão, contiguidade ou dispersão das manchas, como o índice de Contágio, mas tal como ele é um índice relativo que representa o nível observado de inter-dispersão como uma percentagem da máxima

inter-dispersão possível para determinado número de classes de manchas. Mas as diferenças entre Contágio e Índice Inter-Dispersão e Justaposição são importantes: o Contágio é afectado tanto pela inter-dispersão como pela dispersão; o presente índice é afectado somente pela inter-dispersão e justaposição dos tipos de mancha e, não necessariamente, pelo tamanho, contiguidade ou dispersão de manchas. Enquanto este índice mede directamente inter-dispersão de classes de manchas, o Contágio mede uma combinação da inter-dispersão e dispersão (espacial das manchas). Por isso os dois índices costumam estar inversamente relacionados: contágio alto corresponde a baixa inter-dispersão e *vice versa*. O valor é de 100 quando todas as classes de manchas são igualmente adjacentes a todas as outras classes (inter-dispersão e justaposição máxima), aproximando-se de 0 (zero) à medida que a distribuição se torna cada vez menos equilibrada.

Os valores da evolução deste índice apresentam uma inflexão em 1995, sendo os únicos com uma evolução semelhante à distância ao vizinho mais próximo: primeiro uma diminuição (- 9.1 %), depois um aumento (+ 14.6 %), embora neste caso o valor de 2001 seja superior ao de 1985 (+ 4.1 %). Uma diminuição do valor indica uma menor probabilidade de serem adjacentes a um maior número de classes de manchas. Ora este facto parece sustentar o que outros índices permitiam concluir: entre 1985 e 1995 a maior heterogeneidade da Paisagem faz-se de uma forma mais localizada, perto de áreas agrícolas já consolidadas. Como tal, a simplificação do tipo de manchas e sua dimensão implica uma menor probabilidade de estarem adjacentes a um número maior de classes.

Entre 1995 e 2001 (mais 14.6 %) dá-se o oposto: há mais conectividade, menor dimensão das manchas, grão mais fino, mais heterogeneidade e, logo, uma maior probabilidade de adjacência: a distribuição dos vários tipos de classes é mais equilibrada e uniforme. O facto de em 2001 o valor do contágio ser mínimo, logo inversamente proporcional, representa um cariz menos agregado, com menor dimensão das manchas. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$IIDJ = \frac{-\sum_{i=1}^{m'} \sum_{k=i+1}^{m'} \left[\left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \times \ln \left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \right]}{\ln \left(\frac{1}{2} [m'(m'-1)] \right)} \times 100$$

IIDJ é igual a menos o somatório do comprimento (*e* em metros) da margem de cada classe de manchas, dividido pelo comprimento total de margem da Paisagem (*E*), multiplicado pelo Logaritmo da mesma quantidade, somado para cada tipo de margem, dividido pelo Logaritmo do número de tipos de manchas, vezes o número de classes de manchas menos 1, dividido por dois, multiplicado por 100 (para converter em percentagem). Ou seja, a inter-dispersão observada, a dividir pela máxima inter-dispersão possível para determinado número de classes de manchas.

DIVERSIDADE

Os índices de diversidade quantificam a composição da Paisagem, sendo influenciadas por duas componentes: “riqueza” e equidade de distribuição. “Riqueza” refere-se ao número de tipos de manchas presentes; equidade de distribuição refere-se à distribuição de área entre os vários tipos de manchas. São geralmente referidas como as componentes de composição (a distribuição) e estrutura (“a riqueza”) da diversidade.

Índice de Diversidade de Shannon

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
1.655	1.795	1.988	+ 8.5 %	+ 10.8 %	+ 20.1 %

Este índice quantifica a composição da Paisagem através da sua diversidade. O índice de Shannon é o mais popular, baseado na teoria da informação, em que o valor do índice representa a quantidade de “informação” por mancha, sendo informação um conceito matemático excepcionalmente abstracto que não se tentará definir. O índice é influenciado por duas componentes: riqueza (número de classes de manchas presente – sempre 13 neste caso), associada à composição da diversidade e equidade de distribuição (proporção de área das diferentes classes), associada à componente estrutural da diversidade. O índice é igual a 0 (zero) quando a Paisagem só contém uma classe de manchas, aumentando consoante aumenta o número de classes, conforme a distribuição de área pelas várias classes se torna mais equitativa ou quando ambas aumentam.

A evolução dos valores é sempre positiva (mais 8.5 % entre 1985 e 1995, mais 10.8 % entre 1995 e 2001), resultando de uma série de aspectos já referidos e medidos por outros índices: há mais manchas, mais pequenas, mais próximas, maior complexidade geral da Paisagem, maior inter-dispersão, menor dispersão (contágio mais baixo) e menor conectividade (índice médio de proximidade); logo a diversidade da Paisagem aumenta. Curioso é o facto de também este índice parecer indiciar uma maior heterogeneidade e fragmentação no período entre 1995 e 2001, embora a diferença não seja muito grande (10.8 % de aumento contra 8.5 % entre 1985 e 1995). A fórmula de cálculo do índice é a seguinte:

$$IDSha = - \sum_{j=1}^m (P_i \times \ln P_i)$$

IDSha é igual a menos o somatório, para todas as classes de manchas, da abundância proporcional de cada classe de mancha multiplicada pelo Logaritmo dessa mesma proporção.

Índice de Diversidade de Simpson

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
0.690	0.793	0.813	+ 14.9 %	+2.5 %	+ 17.8 %

Este índice é também baseado na teoria da informação, mas é menos sensível à presença de tipos raros de manchas e tem uma interpretação francamente mais intuitiva que o índice de Shannon: o valor do índice de diversidade de Simpson representa a probabilidade de duas quaisquer manchas seleccionadas aleatoriamente serem de tipos diferentes – quanto maior o valor maior a probabilidade. Os valores obtidos para as três datas representam, naturalmente, um aumento desta probabilidade, por todas as razões anteriormente referidas.

No entanto, o maior aumento dá-se entre 1985 e 1995 (mais 14.9 %), não parecendo haver outro índice que justifique este facto excepto o desvio padrão e coeficiente de variação da dimensão das manchas, que são também mais significativos entre 1985 e 1995 do que entre 1995 e 2001. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$IDSim = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$$

IDSim é igual a um menos o somatório, para todos os tipos de manchas, da abundância proporcional de cada tipo de mancha ao quadrado; é igual a zero quando toda a Paisagem contém uma só mancha (diversidade zero), aproximando-se de um quando o número de diferentes tipos de manchas aumenta e a distribuição proporcional de área entre os vários tipos de mancha se torna mais equitativa.

Índice de Equidade de Distribuição de Shannon

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
0.645	0.700	0.775	+ 8.5 %	+ 10.7 %	+ 20.2 %

Como já foi referido a propósito de uma das componentes do Índice de Diversidade de Shannon, a equidade de distribuição diz respeito à proporção da distribuição de área, por cada classe de manchas, para uma Paisagem. A equidade é expressa como o grau de diversidade, dividido pela diversidade máxima possível para determinada riqueza de manchas. A diversidade máxima de riqueza, para qualquer nível de riqueza, baseia-se numa igual distribuição de área para as várias classes de manchas. Logo, a diversidade observada dividida pela máxima diversidade (i.e. distribuição igual), para determinado número de classes de manchas representa a redução proporcional, no Índice de Diversidade, atribuível à falta de equidade na distribuição das áreas.

Um facto muito importante é que tanto o Índice de Diversidade como de Equidade não transmitem qualquer informação quanto às classes mais abundantes, ou quais as que podem ser de maior significado ecológico. O Índice de Equidade é igual a 0 (zero) quando a Paisagem só contém uma mancha (nenhuma diversidade) e aproxima-se de 0 (zero) quando a distribuição de área entre as várias classes de manchas se torna cada vez menos equilibrada (dominadas por uma classe). O índice é igual a 1 quando a distribuição de área entre as várias classes é absolutamente igual (as abundâncias proporcionais são iguais para todas as classes).

A evolução dos valores entre as três datas denota, claramente e na mesma proporção, que para o índice de diversidade existe um claro aumento da equidade de distribuição dos vários tipos de manchas, sendo o aumento entre 1995 e 2001 ligeiramente mais significativo (10.7 % contra 8.5 %). A fórmula de cálculo do índice é a seguinte:

$$IEDSha = \frac{-\sum_{j=1}^m (P_i \times \ln P_i)}{\ln m}$$

IEDSha é igual a menos o somatório, para todas as classes de manchas, da abundância proporcional de cada classe de manchas, multiplicada por essa proporção, a dividir pelo Logaritmo do número de classes de manchas. Representa o Índice de Diversidade de Shannon observado, a dividir pelo Índice de Diversidade de Shannon máximo para determinado número de classes de manchas.

Índice de Equidade de Distribuição de Simpson

1985	1995	2001	1985 - 1995	1995 - 2001	1985 - 2001
0.747	0.859	0.881	+ 15.0 %	+ 2.6 %	+ 17.9 %

Também muito semelhante ao índice de Shannon, a grandeza dos valores é ligeiramente superior (88.1 % de probabilidade duma distribuição totalmente equitativa contra 77.5 % em 2001). Volta a notar-se um maior aumento entre 1985 e 1995, oposto à hierarquia de ambos os índices de Shannon. O relevante é que há de facto um aumento, que no cômputo geral é significativo (mais 17.9 % de equidade de distribuição entre 1985 e 2001). A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$IEDSim = \frac{1 - \sum_{i=1}^m P_i^2}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)}$$

IEDSim é igual a um menos o somatório, para todos os tipos de manchas, da abundância proporcional de cada tipo de mancha ao quadrado, dividido por um menos a quantidade um dividida pelo número

de tipos de manchas; por outras palavras, é o Índice de Diversidade de Simpson observado, dividido pelo Índice de Diversidade de Simpson máximo para aquele número de tipos de manchas.

Finda a análise, descrição e explicação destes índices, pode-se então agrupar para os dois períodos de tempo as 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 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;
- 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, 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 tem 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 insofismável 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 maiores para efeitos de comparação de Paisagens distintas.

1.2 Comparação Entre Áreas Distintas do Concelho de Mértola em 2001

Durante a fase de teste e análise exploratória das possibilidades de cálculo do Software Patch Analyst efectuou-se uma comparação entre três áreas distintas do Concelho de Mértola, que foi parcialmente publicada (CASIMIRO, P.C. (2001)) como exemplo aplicado da Ecologia da Paisagem para efeitos de quantificação e análise da Paisagem, no seguimento de um outro artigo eminentemente de divulgação dos próprios paradigmas da Ecologia da Paisagem (CASIMIRO, P.C. (2000)). A aplicação dos índices a três áreas distintas do Concelho, representativas do zonamento referido no final Capítulo IV, Ponto 3 do trabalho, será aqui sumária e sinteticamente retomada, pois permite validar o interesse dos índices para comparar áreas diferentes. É também mais pedagógica, pois nalguns casos a percepção e interpretação dos índices é mais clara, dadas as grandes diferenças entre os vários sub-sectores.

As três sub-áreas do Concelho, representativas dos sectores distintos, foram extraídas da classificação para 2001, tendo 500 colunas por 400 linhas (a classificação para todo o Concelho tem 1600 colunas por 1600 linhas), como se pode observar nas Figura 6.1, 6.2 e 6.3. A porção Nordeste (NE) é eminentemente agrícola (área do Baldio da Serra de Mértola), tem uma mancha florestal importante na envolvência da Mina de São Domingos e mato ao longo do Vale do Guadiana e vales mais encaixados; a porção Noroeste (NO) é predominantemente agrícola e com uma extensa mancha de montado, sendo globalmente menos declivosa; a porção Sul tem menos área agrícola e mais campos abandonados.

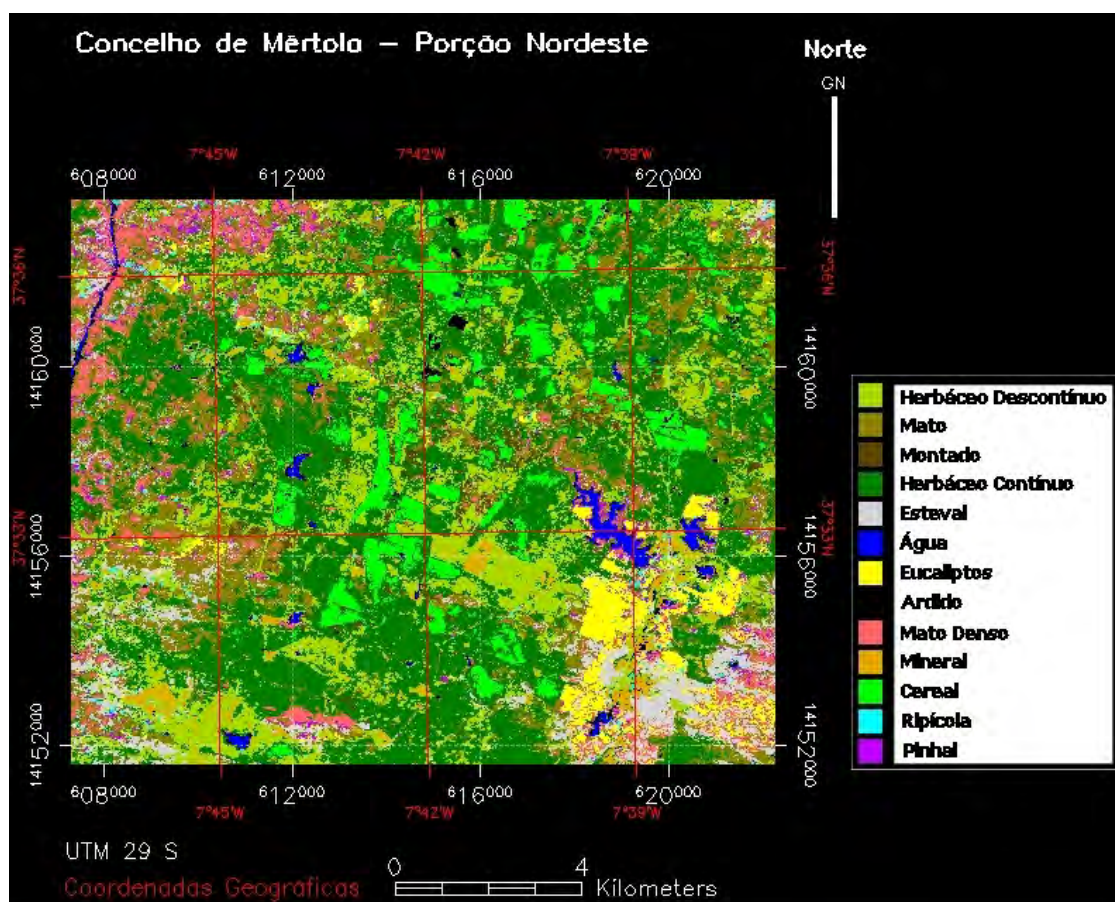


Figura 6.1 – Porção Nordeste do Concelho de Mértola, Abril de 2001.

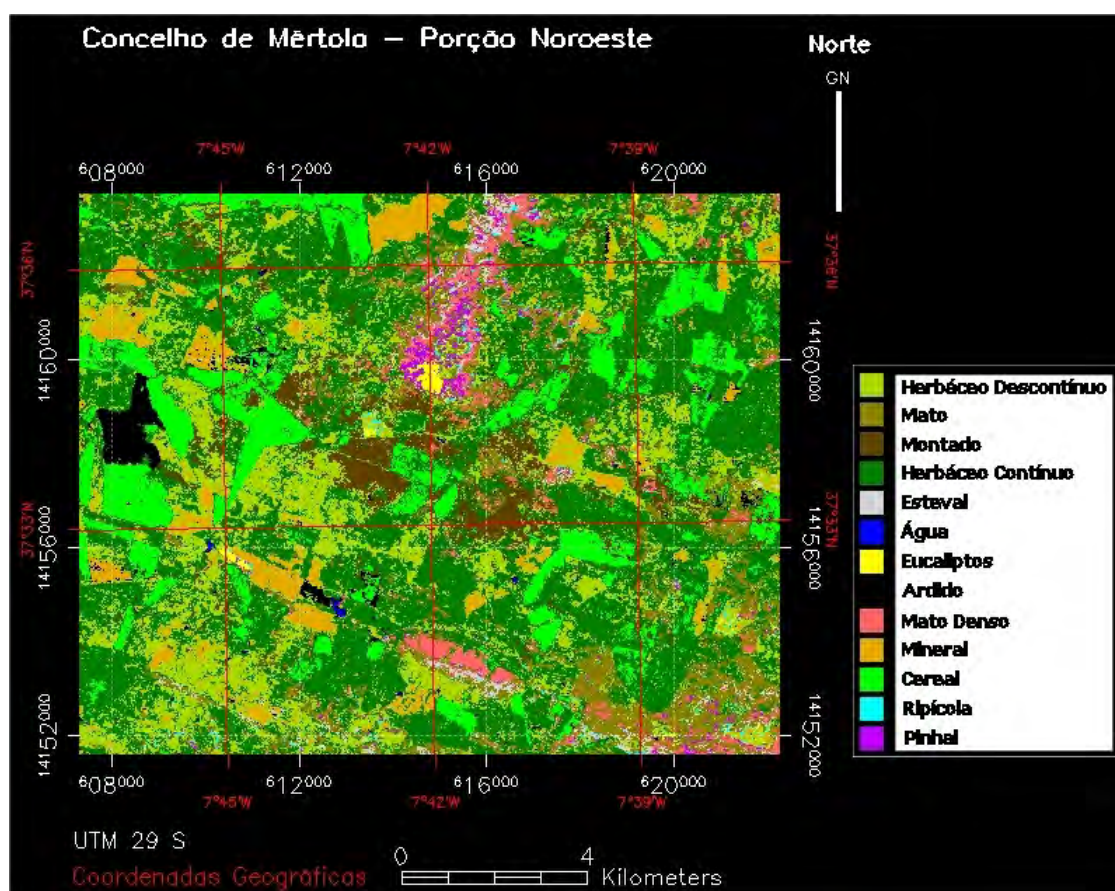


Figura 6.2 – Porção Noroeste do Concelho de Mértola, Abril de 2001.

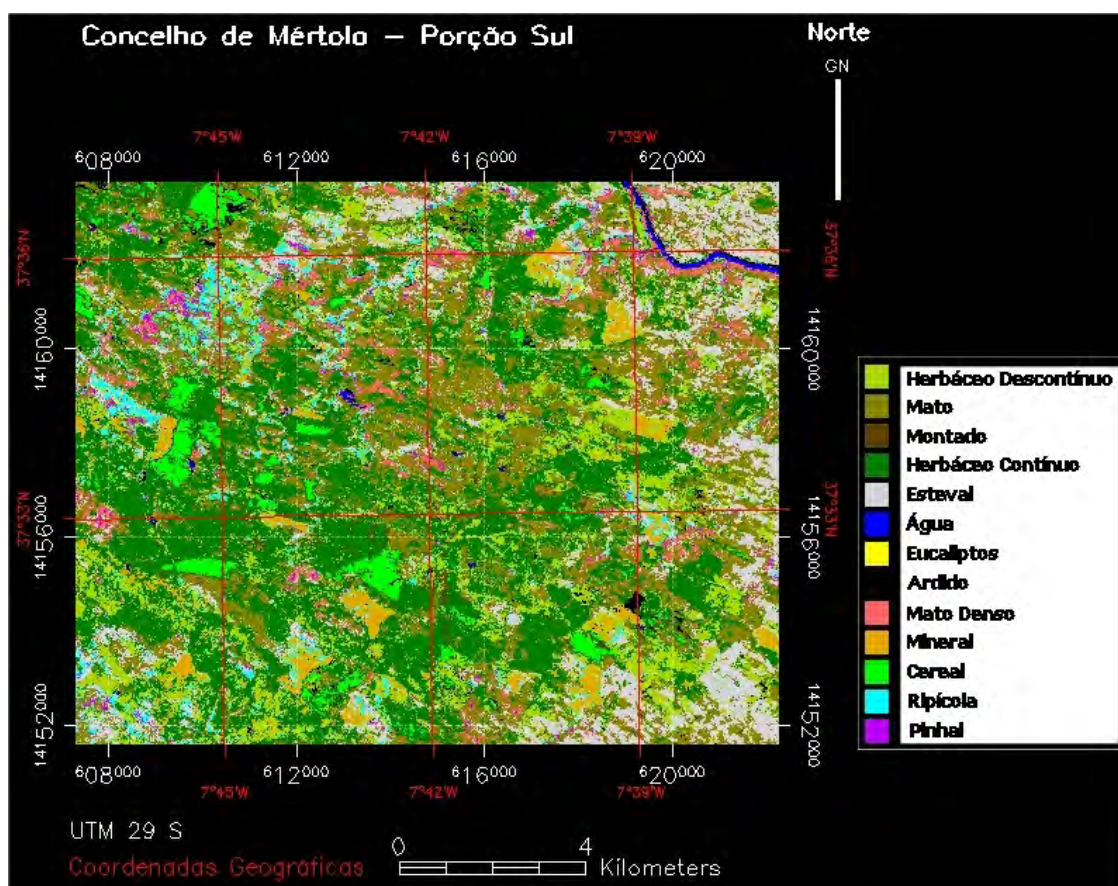


Figura 6.3 – Porção Sul do Concelho de Mértola, Abril de 2001.

Quantitativamente, como se pode observar no Quadro 6.2, existem diferenças claras na proporção dos cobertos vegetais – usos do solo. O coberto herbáceo contínuo é o uso dominante nas três áreas, o mato tem mais significado na porção Sul, bem como o esteval, os cereais são mais importantes na porção Noroeste, bem como a componente mineral, o que é indicador de maior actividade agrícola.

Pixels	Noroeste	Nordeste	Sul	%	Noroeste	Nordeste	Sul
Água	143	1814	545	Água	0.07	0.91	0.27
Ardido	3285	1798	1981	Ardido	1.64	0.90	0.99
Cereal	22341	12532	5256	Cereal	11.17	6.27	2.63
Componente Mineral	10442	4462	5887	Componente Mineral	5.22	2.23	2.94
Esteval	2618	11158	25207	Esteval	1.31	5.58	12.60
Eucaliptos	851	6743	378	Eucaliptos	0.43	3.37	0.19
Herbáceo Contínuo	82301	75183	66552	Herbáceo Contínuo	41.15	37.59	33.28
Herbáceo Descontínuo	37614	32628	25791	Herbáceo Descontínuo	18.81	16.31	12.90
Mato	19860	34259	52752	Mato	9.93	17.13	26.38
Mato Denso	5138	9432	5795	Mato Denso	2.57	4.72	2.90
Montado	12288	4876	1858	Montado	6.14	2.44	0.93
Pinhal	1871	3196	1966	Pinhal	0.94	1.60	0.98
Ripícola	1248	1919	6032	Ripícola	0.62	0.96	3.02
Total	200000	200000	200000		100.00	100.00	100.00

Quadro 6.2 – Coberto Vegetal – uso do solo nas três porções do Concelho de Mértola, Abril de 2001.

Aplicaram-se os índices a estas três áreas, que no fundo constituem três “Paisagens” distintas, tendo os resultados sido, mais uma vez, excepcionalmente interessantes, pois os valores dos índices permitem uma classificação muito melhor e, sobretudo, fundamentada quantitativamente. Claro está que a análise visual, subjectiva, foi o método que permitiu em primeira instância a definição de um zonamento, mas a aplicação e utilização dos índices permite comparar de uma forma objectiva, quantificada e estrutural Paisagens diferentes, que visualmente seriam de difícil comparação.

O que está em questão neste exercício, novamente, é testar a validade e interesse do método de análise que os índices constituem. Por essa razão se escolheu somente uma data e se adoptou um conjunto mais restrito de índices que, não obstante, parecem ainda mais interessantes para efeitos de comparação – classificação. No Quadro 6.3 apresentam-se os valores dos índices para as três Paisagens, quando analisadas como um todo.

ÍNDICES DA PAISAGEM	Noroeste (NO)	Nordeste (NE)	Sul
Índices de Manchas			
Número de Manchas	5700	7320	7820
Índice da Maior Mancha (%)	14.510	15.514	19.820
Densidade de Manchas (Nº/100 Ha)	31.667	40.667	43.444
Dimensão Média das Manchas (Ha)	3.158	2.459	2.302
Desvio Padrão da Dimensão das Manchas (Ha)	46.468	43.271	42.495
Total de Margem (Metros)	2466420	2806980	2991780
Densidade de Margens (Metros/Ha)	137.023	155.943	166.210
Complexidade			
Índice de Forma da Paisagem	46.965	53.311	56.755
Índice Médio de Forma ponderado pela Área	8.589	9.149	9.042
Dimensão Fractal	1.560	1.566	1.586
Organização Espacial			
Distância Média ao Vizinho mais Próximo (Metros)	131.897	124.603	121.721
Índice Médio de Proximidade	322.624	281.480	289.097
Contágio (%)	40.070	34.043	35.884
Índice de Inter-Dispersão e Justaposição (%)	64.716	72.101	66.761
Diversidade			
Índice de Diversidade de Shannon	1.794	1.929	1.818
Índice de Equidade de Distribuição de Shannon	0.699	0.752	0.709

Quadro 6.3 – Índices da Paisagem para as três porções do Concelho de Mértola, Abril de 2001.

Passando à análise índice a índice, tal como foi feito para a comparação entre as diferentes datas, mas sem a explicação dos índices nem a apresentação de fórmulas:

ÍNDICES DE MANCHAS

Número de Manchas

Noroeste	Nordeste	Sul
5700	7320	7820

Como seria de esperar, o valor é menor no sector NO, onde existem mais campos agrícolas, seguido do sector NE onde coexistem parcelas agrícolas de menor dimensão e vegetação natural, sendo máximo no sector Sul, onde predomina o coberto herbáceo e o mato, por natureza mais disperso e potencialmente formando mais manchas. A textura da Paisagem na porção Sul é, portanto, a que apresenta uma malha mais fina, um menor grão. O sector NO apresenta um valor bastante mais baixo, óptimo indicador da importância e extensão da actividade agrícola.

Índice da Maior Mancha

Noroeste	Nordeste	Sul
14.510	15.514	19.820

Somente analisando os índices para cada classe de uso do solo se poderia ver qual a classe que tem a mancha de maior dimensão, mas visto que é na porção Sul que se verifica o valor maior, deverá corresponder provavelmente à classe herbáceo contínuo. O valor menor está no sector NO, onde a actividade agrícola é mais significativa, implicando uma maior uniformidade na dimensão das manchas.

Densidade das Manchas

Noroeste	Nordeste	Sul
31.667	40.667	43.444

Mantém-se a hierarquia do número de manchas: a densidade é menor a NO, máxima a Sul e intermédia a NE, área que se pode considerar híbrida. Visto que a área das três porções do Concelho é igual, a densidade de manchas é um bom indicador de fragmentação da Paisagem, representando o grau de heterogeneidade espacial de cada área.

Dimensão Média das Manchas

Noroeste	Nordeste	Sul
3.158	2.459	2.302

Os valores fazem todo o sentido: o mais alto diz respeito a NO, onde existem grandes parcelas agrícolas, o mais baixo à área com uma Paisagem mais fragmentada, onde existem mais manchas e onde o tipo de coberto dominante (herbáceo e mato) tem um carácter mais disperso e não “concentrado” em parcelas claramente delimitadas espacialmente.

Desvio Padrão da Dimensão das Manchas

Noroeste	Nordeste	Sul
46.468	43.271	42.495

Mantém-se a proporção entre áreas obtida com a dimensão média das manchas, mas embora esse valor tenha bastante peso no presente índice, a variação de valores parece (pode) indicar uma maior homogeneidade geral da variabilidade da dimensão das manchas. Nesse caso, a Sul, não só as manchas são em maior número, globalmente mais pequenas e em maior densidade, como a variação da sua dimensão é de menor amplitude, o que se coaduna com os tipos e valores de cobertos presentes. A NO, o contraste entre grandes campos agrícolas e pequenas manchas é a única explicação possível para o valor. Por ser uma medida de dispersão relativa à dimensão das manchas, este índice dá indicações quanto ao padrão de uniformidade da dimensão das manchas, o que é talvez mais interessante do que a dimensão média, pois permite determinar com maior acuidade um importante aspecto da heterogeneidade da Paisagem.

Total de Margens

Noroeste	Nordeste	Sul
2466420	2806980	2991780

É natural que, quanto maior o número de manchas, maior a extensão de margens dessas manchas, o que implica maior heterogeneidade e maior fragmentação da Paisagem a uma escala mais fina. A proporção entre as várias porções do Concelho segue os valores do número de manchas, pois quanto mais manchas mais margens. Mantém-se a distinção “temática” entre as três áreas.

Densidade das Margens

Noroeste	Nordeste	Sul
137.023	155.943	166.210

É absolutamente semelhante ao índice anterior, mas relativizado por Hectares, o que facilita a comparação de Paisagens com diferentes dimensões, o que não é o caso.

COMPLEXIDADE

Índice de Forma da Paisagem (IFP)

Noroeste	Nordeste	Sul
46.965	53.311	56.755

Os valores obtidos para as várias porções do Concelho demonstram claramente as características diversas de cada um: a NO a complexidade é menor, há muitas manchas rectilíneas, todas as parcelas geométricas ligadas à actividade agrícola; a NE o valor é intermédio, também existem áreas agrícolas mas coexistem com manchas irregulares de vegetação natural e campos abandonados; no Sul o valor é máximo, pois predominam os cobertos naturais ou em regeneração, com uma complexidade de manchas muito maior. É o cariz natural irregular e complexo, por oposição ao carácter linear e espacialmente organizado das actividades agrícolas.

Índice Médio de Forma, ponderado pela Área das Manchas (IMF-PAM)

Noroeste	Nordeste	Sul
8.589	9.149	9.042

Tal como o Índice de Forma da Paisagem baseia-se na relação entre o perímetro e área das manchas, medindo a complexidade da forma das manchas em função duma forma básica quadrada, mas efectuando uma ponderação em função da dimensão de cada mancha. Por esta razão a hierarquia de valores para os três sectores modifica-se completamente, produzindo resultados muitíssimo interessantes e, aparentemente, contraditórios com os valores de complexidade produzidos pelo Índice de Forma da Paisagem não ponderado. Globalmente o Sul era mais complexo (segundo o IFP), mas o seu valor passa a ser intermédio, querendo isto dizer que não há grande disparidade entre a dimensão das manchas (como demonstrado pelo Desvio Padrão da Dimensão das Manchas). O sector NO apresenta (segundo o IMF-PAM) um valor bastante inferior aos outros dois sectores, tal como com o IFP, a pouca complexidade das manchas maiores (agrícolas, maior dimensão média das manchas) dá mais peso às formas pouco complexas. A surpresa é o sector NE, a sua complexidade é maior, o que só se pode explicar pela existência de manchas grandes mas de forma complexa, que em função

da ponderação tornam este sector no mais complexo em termos de forma das manchas. As parcelas de forma mais regular, menos complexa, predominantemente agrícolas, são claramente de menor dimensão, pois este sector inclui parte do Baldio da Serra de Mértola, com uma estrutura de propriedade mais regular mas de muito menor dimensão que a NO. O que, por sua vez e em função da ponderação pelo tamanho das manchas, retira peso no índice às formas menos complexas

Dimensão Fractal

Noroeste	Nordeste	Sul
1.560	1.566	1.586

Os valores obtidos apresentam a mesma hierarquia que os obtidos com o Índice de Forma da Paisagem, indicando uma complexidade crescente das manchas e da Paisagem como um todo: o valor mínimo pertence ao sector NO, seguido de perto pelo sector NE (onde coexistem formas complexas e simples), com um valor máximo para o sector Sul.

ORGANIZAÇÃO ESPACIAL

Distância Média ao Vizinho mais Próximo

Noroeste	Nordeste	Sul
131.897	124.603	121.721

Os valores são extremamente interessantes. O sector Sul, que é o mais fragmentado (maior número de manchas, manchas de menor dimensão, maior densidade de margens, maior complexidade) é o que apresenta a menor distância média ao vizinho mais próximo, o que faz todo o sentido. No extremo oposto, o sector NO (menor número de manchas, manchas de maior dimensão, menor densidade de margens, menor complexidade) apresenta a maior distância média entre manchas. O sector NE constitui, novamente, uma situação intermédia.

Índice Médio de Proximidade

Noroeste	Nordeste	Sul
322.624	281.480	289.097

O sector NE, mais híbrido e com uma mistura maior de áreas de vários tipos, com uma densidade de manchas menor que o NO e com um maior grau de complexidade, apresenta a conectividade mais alta entre os três sectores. A heterogeneidade é maior, pois embora o total de margens e a densidade de manchas sejam intermédios a NE, existe uma maior diversidade de classes em cada vizinhança, o que faz sentido no contexto espacial do Baldio da Serra de Mértola: as múltiplas courelas, de

dimensões relativamente modestas, constituem uma manta de retalhos de diversidade extrema e contribuem para a diminuição do isolamento das manchas. O valor é muito elevado no sector NO, há menos classes de manchas na vizinhança e o isolamento é maior. O sector Sul representa um valor intermédio mas mais próximo do sector NE, neste caso a predominância do mato e esteval valorizam muito mais o significado ecológico (sobretudo faunístico) do valor da conectividade.

Contágio

Noroeste	Nordeste	Sul
40.070	34.043	35.884

O valor mínimo ocorre no sector NE, (mais manchas, pequenas, menos contínuas, maior diversidade de classes na vizinhança, valor máximo de índice de forma ponderado pela área das manchas), seguido de perto pelo sector Sul, onde existe maior probabilidade de contiguidade (há também menos diversidade na vizinhança das manchas), registando-se o valor máximo no sector NO (grandes manchas, menor densidade de manchas, mais contíguas, mais contínuas, menos diversidade na vizinhança, maior agregação de células).

Índice de Inter-Dispersão e Justaposição

Noroeste	Nordeste	Sul
64.716	72.101	66.761

Os valores calculados fazem, mais uma vez, todo o sentido. O sector NE apresenta o valor máximo de inter-dispersão, onde as manchas têm mais probabilidade de serem adjacentes a um maior número de classes de manchas, como foi referido antes, em função da morfologia espacial do baldio. Há maior diversidade de classes na vizinhança das manchas, o que justifica (também) o valor máximo de complexidade espacial (Índice Médio de Forma ponderado pela Área). O facto deste sector apresentar o valor mais alto de inter-dispersão também é reforçado pelo valor obtido com o Índice Médio de Proximidade, representando menor conectividade e pelo próprio valor do Contágio, inversamente proporcional, pois existe grande dispersão espacial das manchas.

Os valores dos sectores NO e Sul também fazem sentido, pois a dispersão das manchas é menor, embora as densidades de manchas estejam nos dois extremos da escala, sendo que a conectividade máxima do sector NO, a grande dimensão das parcelas e cariz agregado das células (Contágio máximo) acabam por implicar, obrigatoriamente, menor probabilidade de adjacência com um maior número de classes de manchas. Curiosamente, ou talvez não, o Índice de Inter-dispersão apresenta valores próximos nos sectores NO e Sul, o que só pode ser um resultado directo da menor diversidade e “mistura” de tipos de manchas.

DIVERSIDADE

Índice de Diversidade de Shannon

Noroeste	Nordeste	Sul
1.794	1.929	1.818

Índice de Equidade de Distribuição de Shannon

Noroeste	Nordeste	Sul
0.699	0.752	0.709

Neste caso, em função do que foi dito quanto à complexidade máxima do sector NE, (Índice Médio de Forma ponderado pela Área), maior inter-dispersão, menor dispersão espacial (Contágio mais baixo), menor conectividade (Índice Médio de Proximidade) e menor distância ao vizinho mais próximo, o sector NE só poderia ser o que apresenta maior grau de diversidade. Exactamente pelas mesmas razões, segue-se o sector Sul e, por fim, o sector NO: menor número de manchas, manchas de maiores dimensões, menor densidade de margens, Índice de Forma mínimo, dimensão fractal mínima, contágio máximo e inter-dispersão mínima. O sector Sul, embora tenha mais manchas, mais densidade de margens, dimensão fractal máxima e menor distância ao vizinho mais próximo, apresenta menos diversidade de manchas na vizinhança, havendo maior agregação de células nas manchas, embora estas sejam as de menor densidade média. Visto que o número de classes de manchas nos vários sectores é igual, treze classes, o índice tem estes valores em função da equidade de distribuição da área pelas várias classes.

Podem-se então resumir as características fundamentais dos vários sectores, em termos da sua estrutura e padrões espaciais:

Sector Noroeste

- Menos Manchas, maiores e com variabilidade de dimensão máxima, densidade de margens mínima;
- Complexidade mínima: em termos de índice de forma e de dimensão fractal;
- Distância máxima ao vizinho mais próximo, conectividade máxima (Índice de Proximidade);
- Inter-dispersão mínima, contágio máximo;
- Diversidade mínima, equidade de distribuição mínima.

Sector Nordeste

- Situação intermédia, em termos de número de manchas, sua dimensão, variabilidade da dimensão;
- Situação intermédia quanto à complexidade, excepto no Índice de Forma ponderado, as manchas com formas regulares são de pequena dimensão e existem manchas irregulares de dimensões grandes;
- Índice de proximidade mínimo, conectividade menor (mas manchas são mais pequenas), Inter-dispersão máxima, contágio mínimo;
- Diversidade e equidade de distribuição máximas.

Sector Sul

- Máximo de manchas, mais pequenas, variabilidade mínima da dimensão, máximo de margens;
- Complexidade máxima, excepto no Índice de forma ponderado, as manchas são pequenas;
- Distância mínima ao vizinho mais próximo, Índice Médio de Proximidade, Inter-dispersão e contágio intermédios;
- Diversidade e equidade de distribuição intermédias.

Complementando a análise destes valores com os valores de uso do solo e análise visual das Paisagens pode-se, claramente, aprofundar a análise da Paisagem de uma forma objectiva, quantitativa e de enorme interesse. Depois desta análise de três sectores da Paisagem como um todo pode-se, ainda, passar à análise das classes de manchas em cada Paisagem. Esta análise das classes constitui outra escala temática de análise, podendo explicar, classificar e destrinçar ainda mais e em maior profundidade as semelhanças e diferenças entre Paisagens e sua evolução.

2. Índices por Classe Para as Diferentes Datas

ÍNDICES DE MANCHAS

Número de Manchas

O aspecto mais relevante, antes de uma análise classe a classe, é o aumento generalizado do número médio de manchas por classe (Quadro 6.4): evolui de 6148 para 7690 e depois para 10735. No entanto, não só o número médio de manchas aumenta como também aumenta continuamente o desvio padrão dessa dimensão média, indicando que a malha do mosaico se torna gradualmente mais irregular. Em 1985 há duas classes que dominam claramente: o esteval com 19453 manchas (apesar de constituir somente 4.72 % da área total), portanto com um grão muito pequeno e certamente manchas de pequenas dimensões, integrado também em manchas de mato e mato denso; e o coberto herbáceo contínuo com 11782 manchas (com 14.73 % de área total) seguido do coberto

herbáceo descontínuo com 8921 manchas (somente 5.72 % da área). O mato, coberto de longe dominante (52.13 % da área total), tem poucas manchas o que indicia consistência, dimensão, coerência e conectividade de grandes manchas.

Número de Manchas

Classes	1985	1995	2001	85-95	95-01
Água	243	149	312	-38.7	109.4
Ardido	8372	628	5439	-92.5	766.1
Cereais	5354	2527	3152	-52.8	24.7
Coberto Herbáceo Contínuo	11728	12248	18735	4.4	53.0
Coberto Herbáceo Descontínuo	8921	19851	26986	122.5	35.9
Componente Mineral	1920	14671	6132	664.1	-58.2
Esteval	19453	10985	15355	-43.5	39.8
Eucaliptos	6426	2135	3024	-66.8	41.6
Mato	6434	14845	20086	130.7	35.3
Mato Denso	4140	17066	11603	312.2	-32.0
Montado	5464	4525	8745	-17.2	93.3
Pinhal	972	330	8720	-66.0	2542.4
Ripícola	502	14	11261	-97.2	80335.7
Média	6148	7690	10735		
Desvio Padrão	5303	7386	7750		

Quadro 6.4 – Evolução do número de manchas por classe, Concelho de Mértola.

No período entre 1985 e 1995 dão-se profundas mudanças em termos de estrutura da Paisagem, pois existem acentuadas mudanças no número de manchas: na classe pinhal e eucaliptal há uma diminuição, 66.0 % e 66.8 % respectivamente (talvez explicada pelo amadurecimento dos povoamentos, que passam a constituir manchas mais contínuas, logo menos fragmentadas); a classe esteval apresenta uma diminuição de 43.5 % (em termos de área a diminuição é de somente 1.52 %, o que implica uma muito menor fragmentação e maior consolidação das manchas) e, por último, a classe montado diminui 17.2 % (em área diminui só 0.74 %), diminuindo também a sua fragmentação.

Mas a diminuição do número de manchas que será, talvez, mais relevante é a da classe cereais (menos 52.8 %), pois em termos de área total há uma diminuição muito desproporcional de somente 3.3 %. Este facto indica claramente um aumento potencial da dimensão das parcelas agrícolas, embora possa também estar relacionado com as condições climáticas do ano agrícola 1994-1995, com relativa seca e que podem portanto ser parcialmente responsáveis pela diminuição da extensão de cereais.

Tudo indica que a evolução entre um ano climaticamente “médio”, como 1984-85, e um ano seco como 1994-1995 pode também explicar outros valores: as manchas de água diminuem (38.7 %), as de vegetação ripícola também (menos 97.2 %). Já a área ardida, muito mais aleatória e também relacionada com a prática de alqueive preto, é dificilmente explicável sendo de cariz francamente

irregular e fugindo a qualquer previsibilidade ou estabelecimento de razões causais. Quanto muito o número de manchas pode indicar se houve poucos incêndios mas grandes ou se, pelo contrário, houve muitos mas pequenos, as próprias características do fogo podem ditar a maior ou menor continuidade da área ardida, não sendo possível verificar estes factos. Em termos de área total a classe ardido passa de 2.34 % para 0.12 %, diminuindo 92.5 % em termos de número de manchas.

As restantes classes apresentam aumento do número de manchas, portanto independentemente da área total ou dimensão média das manchas ocorre fragmentação: mineral tem um aumento brutal de 664.1 % do número de manchas (em termos de área total passa de 5.65 % para 12.21 %), o que indica claramente um aumento da actividade agrícola, seja ela na forma de alqueives, mato roçado ou plantação de árvores, embora possa também ter a ver com as características de secura, que deixam exposta uma maior superfície de solo suficientemente grande para a classificação como mineral. O mato denso tem um aumento de 312.2 % do número de manchas, ficando portanto muito mais fragmentado (o aumento de área é somente de 3.30 % para 9.94 %). O mato também vê aumentar o seu número de manchas (mais 130.7 %). Tendo em conta que em termos de área total passa de 52.13 % para 33.26 %, embora se mantenha dominante, deverá ser a classe mais “sacrificada” espacialmente pelos usos que aumentam de área.

As classes que aumentam mais em termos de área são os cobertos herbáceos: o contínuo passa de 14.73 % para 23.61 %, sendo que o número de manchas sofre um aumento de somente 4.4 %, implicando maior extensão deste uso que se virá a tornar dominante; o descontínuo aumenta também em termos de área, de 5.72 % para 11.23 %, mas o número de manchas aumenta muito mais (122.5 %). Este facto, o aumento do número de manchas de herbáceo descontínuo, está certamente ligado ao enorme aumento da densidade de gado ovino mas, também, às características climáticas de 1994-1995 pois muitas áreas de coberto herbáceo não sobrepastados podem ter ficado suficientemente “ralas” para serem classificados como herbáceo descontínuo.

Claro está que, quando foram classificadas, as áreas degradadas com pouca vegetação herbácea estão incluídas na classe herbáceo descontínuo, o que conjugado com as características do ano e escassez de pasto pode ser considerado como razão para o aumento em termos de área e número de manchas, pois a classe aparece fortemente mais fragmentada.

Em termos de valores absolutos 1995 apresenta uma modificação da hierarquia no número de manchas por classe: as classes ligadas a actividades humanas (mineral e herbáceo) são as que têm maior número de manchas, seguidos de um mato muito mais fragmentado e de um esteval que, embora com muitas manchas, deixa de ser a classe dominante.

Entre 1995 e 2001 vai haver novamente grandes mudanças, embora somente três classes mantenham a tendência do período anterior: o mato continua a fragmentar-se (mais 35.4 % manchas para menos 13.76 % de área total no Concelho); os cobertos herbáceos aumentam em termos de área total e em

termos de manchas, contínuo tem mais 53.0 % de manchas (mais 9.3 % de área) e descontínuo mais 35.9 % de manchas (mais 4.19 % de área). Há no entanto diferentes ritmos, a fragmentação do mato abranda (35.3 % contra 130.7 %), a de herbáceo descontínuo também (35.9 % contra 122.5 %) e somente herbáceo contínuo vê o aumento do número de manchas crescer (53.0 % contra 4.4 %).

Existem somente duas classes que apresentam diminuição do número de manchas: mineral que diminui 58.2 %, talvez porque diminuem os alqueives e as grandes arroteias para reflorestação, mas também porque 2000-2001 é um ano húmido, podendo haver uma cobertura herbácea mais extensa, contínua e viçosa (em termos de área a classe mineral diminui de 12.21% para 3.79 %, o que é muito significativo em termos de diminuição da superfície de solo directamente exposta à acção de agentes erosivos). A outra classe que diminui em termos de número de manchas é o mato denso, menos 32.0 %, embora a área total diminua também (menos 5.41 %), portanto parece haver uma maior concentração e consolidação das manchas de mato denso, o que não obstante, em termos ambientais e de habitat interior é positivo mas pode diminuir a conectividade potencial.

Em todas as outras classes há um aumento do número de manchas, nalguns casos tudo indica que as características climáticas sejam as grandes responsáveis: a classe de vegetação ripícola aumenta 80335.7 % (o aumento de área total é de somente 1.90 %), só possível graças à disponibilidade de água e denotando o próprio carácter insular de muitas manchas deste tipo de vegetação; o número de manchas de água aumenta também, 109.4 % (0.5 % em termos de área), indicando que existe mais água nas linhas de água, mais água nas charcas e represas, mas também que há provavelmente mais charcas. Ardido aumenta muito (766.1 %), são sobretudo queimadas, mas há também um incêndio grande no perímetro florestal de Mértola.

O maior aumento, além de ripícola e ardido, é da classe pinhal, cujo número de manchas aumenta 2542.4 % (o aumento em área é de 1.55 %). Este valor só pode ser explicado pelo crescimento e consolidação dos povoamentos florestais que ocupam na prática uma grande extensão e que, em 2001, atingiram um desenvolvimento suficiente para muitas manchas serem já classificáveis. Embora o aumento de área “escondesse” o significado espacial dos pinhais, o número de manchas torna esse facto inquestionável, sendo que num futuro próximo esta tendência deve aumentar fortemente, conforme os povoamentos se vão desenvolvendo, tanto em termos do número de manchas como de área total.

Restam o mato e o esteval, cujo número de manchas também aumenta, 35.3 % e 39.8 % respectivamente. Mas há uma grande diferença, enquanto o mato continua a diminuir em termos de área (passa de 33.26 % para 19.50 %, deixando de ser dominante), o esteval aumenta de 3.21 % para 9.18 %.

Em termos absolutos os valores são também muito interessantes: herbáceo descontínuo passa a ser a classe com um maior número de manchas, embora constitua somente 15.42 % da área total do

Concelho. Este facto diz muito do tipo de coberto, disperso, que deve constituir uma miríade de vazios intersticiais em áreas de mato menos denso e esteval, mas é também indicador de um potencial aumento do sobrepastoreio e extensão de áreas degradadas, sobretudo porque tendo o ano sido húmido, o coberto herbáceo estaria potencialmente num máximo.

Já herbáceo contínuo, que se torna a classe dominante em termos de área (32.91 %), constituindo a matriz, como foi antes defendido e justificado, vê o número de manchas aumentar 53.0 %, o que pressupõe uma enorme conectividade no seio da matriz, que também por isso vê a sua definição e escolha reforçadas, passando a ser a terceira classe com mais manchas. O mato e o esteval são a segunda e quarta classes com mais manchas, mas representam em conjunto 28.68 % da área total contra 48.33 % das duas classes de herbáceo. Não se apresenta a densidade das manchas pois a hierarquia, proporção e evolução são iguais.

Dimensão Média das Manchas

A análise da dimensão média das manchas pode ajudar a compreender melhor as alterações estruturais da Paisagem, sabendo-se de antemão que o aumento generalizado da fragmentação é um facto. Entre todas as classes há várias evoluções distintas: diminuições, aumentos e inflexões de comportamento em 1995. Não obstante, a diminuição de área por classe em termos médios é um facto, passa de 1.839 Ha para 1.111 Ha e depois para 1.051 Ha, sendo que o desvio padrão dos valores diminui também, embora a maior descida seja entre 1985 e 1995, indicando cada vez maior uniformidade na menor dimensão média das manchas.

Dimensão Médias das Manchas (Ha)

Classes	1985	1995	2001		85-95	95-01
Água	2.541	2.701	3.380		6.3	25.1
Ardido	0.362	0.243	0.286		-32.9	17.7
Cereais	1.860	2.248	2.442		20.9	8.6
Coberto Herbáceo Contínuo	1.625	2.494	2.273		53.5	-8.9
Coberto Herbáceo Descontínuo	0.830	0.732	0.740		-11.8	1.1
Componente Mineral	3.810	1.077	0.800		-71.7	-25.7
Esteval	0.314	0.378	0.773		20.4	104.5
Eucaliptos	0.243	0.364	0.433		49.8	19.0
Mato	10.484	2.899	1.256		-72.3	-56.7
Mato Denso	1.031	0.754	0.506		-26.9	-32.9
Montado	0.436	0.314	0.328		-28.0	4.5
Pinhal	0.107	0.097	0.233		-9.3	140.2
Ripícola	0.259	0.141	0.218		-45.6	54.6
Média	1.839	1.111	1.051			
Desvio Padrão	2.819	1.067	1.012			

Quadro 6.5 – Evolução da dimensão média das manchas por classe, Concelho de Mértola.

Começando pelas classes que aumentam nos dois períodos: a classe água, em termos de dimensão média, começa por aumentar 6.3 % (apesar da diminuição do número de manchas e de ser um ano seco), aumentando mais ainda até 2001 (25.1 %), há portanto mais manchas de água claramente maiores; a classe cereais também regista aumento da dimensão média, primeiro 20.9 % (menos 52.8 % de manchas) e depois 8.6 %, há menos parcelas de cereais mas maiores; por último a classe eucaliptos, cuja dimensão média de mancha aumenta 49.8 % no primeiro período (aparecimento de um grande povoamento a Norte da Corte Pinto) e 19.0 % no segundo.

Por oposição, existem algumas classes que apresentam decréscimo da dimensão média das manchas em ambos os períodos: mato, como seria de esperar, pois era o uso dominante e sofre grande fragmentação, diminuindo a dimensão média 72.3 % entre 1985 e 1995 e 56.7 % entre 1995 e 2001; o mato denso, também mais fragmentado e “circunscrito”, regista uma diminuição da dimensão média de 26.9 %, seguida de uma diminuição maior, 32.9 %; por último mineral, que diminui 71.7 % em termos de dimensão média no primeiro período, voltando depois a diminuir 25.7 %.

Seguem-se as classes que registam uma diminuição da área média seguida de um aumento: áreas ardidas (diminui 32.9 %, aumenta 17.7 %); ripícola que diminui 45.6 % e depois aumenta 54.6 % (consequência das características climáticas dos vários anos agrícolas, respeitando aliás a hierarquia de disponibilidade de água); herbáceo descontínuo, começa por diminuir 11.8 % e depois aumenta somente 1.1 %; e montado, que depois de diminuir 28.0 % em termos de dimensão média aumenta 4.5 %, representando um bom sinal e indicação de maior extensão do coberto herbáceo, pois deve-se recordar que as áreas classificadas como montado são sobretudo áreas com um “fundo” herbáceo, por razões radiométricas e de “confusão”.

Por último, somente uma classe regista um aumento seguido de diminuição, herbáceo contínuo, que começa por ter um aumento de área média de 53.5 %, para depois ter uma diminuição de 8.9 %. Esta evolução só se pode explicar pelo grande aumento do número de manchas e extensão em termos de área. Enquanto entre 1985 e 1995 o número de manchas aumenta somente 4.4 %, a área média das manchas aumenta 53.5 %, é portanto um tipo de uso de grande extensão, conectividade e proporção da Paisagem (evolui de 14.73 % da área do Concelho para 23.61 %). Entre 1995 e 2001 o aumento do número de manchas é muito maior (53.0 %), dando a ideia que o coberto herbáceo se expande e torna dominante, mas também que passa a preencher vazios, até porque é a matriz e o ano agrícola é em tudo propício ao desenvolvimento herbáceo, embora passe a constituir 32.91 % da área total do Concelho regista uma diminuição da sua dimensão média de mancha. No entanto, esta diminuição é muitíssimo inferior ao aumento do número de manchas e um pouco inferior ao aumento de área total (9.3 %).

Embora a evolução dos valores seja muito interessante, os valores absolutos poderão dar uma melhor ideia da estrutura e grão do mosaico, em termos da hierarquia de dimensão média que demonstram. Assim, em 1985 existe uma classe com uma dimensão média claramente muito superior a todas as

outras, o mato, que tem uma dimensão média de mancha de 10.484 Ha e representa 52.13 % da área do Concelho. Seguem-se mineral com 3.810 Ha, o que parece indiciar as tais grandes arroteias além dos campos alqueivados; água com 2.541 Ha, claro está que existem as tapadas da Mina e a albufeira do Chança, bem como o próprio Guadiana e afluentes principais, que constituem manchas contínuas; cereais com 1.860 Ha, herbáceo contínuo com 1.625 Ha e mato denso com 1.031 Ha. Todas as outras classes de manchas apresentam valores inferiores a um Hectare.

Em 1995 o panorama muda: mato continua a ter a maior dimensão média de mancha (2.899 % já muito diminuída), seguida de água apesar de o ano ser seco (2.701 Ha), herbáceo contínuo (2.494 Ha) e cereais (2.248 Ha). Emergem novas classes com manchas maiores, em termos médios, e torna-se mais regular a malha do mosaico, pois a variabilidade da dimensão diminui.

Em 2001 a hierarquia dos valores muda completamente: a classe água passa a apresentar a maior dimensão média de mancha (3.380 Ha), certamente graças às características climáticas do ano agrícola, seguida da classe cereais (2.442 Ha), herbáceo contínuo (2.273 Ha) e mato, ainda com 1.256 Ha de dimensão média. Todos os outros valores são inferiores a um Hectare e a variabilidade da dimensão por classe diminui ainda mais, ou seja: há mais manchas, mais pequenas, mais regularmente dimensionadas, as manchas em média maiores são consequência directa ou indirecta da actividade humana.

Índice da Maior Mancha

O índice da maior mancha por classe acrescenta um ponto importante, embora diga respeito somente a uma mancha por classe, a maior de todas. Assim, o facto mais relevante é a proporção de Paisagem que a maior mancha de mato representava em 1985, 47.407 %, ou seja, era uma enorme área contínua, com um gigantesco habitat interior, dominando largamente o Concelho e representando uma excepcional conectividade a uma grande área. O valor seguinte, mas com somente 1.870 % da Paisagem total, era o coberto herbáceo contínuo.

Em 1995 a maior mancha já representava somente 10.506 % da Paisagem, era ainda mato também seguida de herbáceo contínuo mas com uma proporção espacial muito menor: 25.351 em 1985, 2.377 em 1995. Em 2001 o coberto herbáceo contínuo (4.420 %) ultrapassa o mato (0.521 %), que se mantém não obstante em segundo lugar. Herbáceo contínuo passa a ser a classe com uma mancha maior, podendo no futuro vir a ampliar muitíssimo a sua dimensão espacial global e conectividade. Globalmente, em ambos os períodos, o índice da maior mancha diminui e também apresenta uma variabilidade decrescente, o que vem reforçar a tendência geral: mais manchas, mais pequenas, mais regulares, com dimensões mais homogêneas.

Os valores da evolução são um pouco menos interessantes, pois dizem respeito somente à maior mancha de cada classe, no entanto há alguns que, pela sua grandeza, são dignos de referência. Entre

1985 e 1995 existem dois grandes aumentos: mato denso regista um aumento de 239.6 %, querendo dizer que a mancha maior desta classe se torna francamente mais significativa enquanto proporção da Paisagem; como é natural herbáceo contínuo também regista um aumento, mais precisamente de 136.4 %. Em termos de descidas, a da classe ripícola não é relevante, pois não há quase manchas e a sua dimensão é mínima, mas a de mato é relevante, menos 77.8 %.

Índice da Maior Mancha (%)

Classes	1985	1995	2001		85-95	95-01
Água	0.135	0.109	0.363		-19.3	233.0
Ardido	0.041	0.049	0.118		19.5	140.8
Cereais	0.528	0.339	0.240		-35.8	-29.2
Coberto Herbáceo Contínuo	1.870	4.420	2.916		136.4	-34.0
Coberto Herbáceo Descontínuo	0.192	0.177	0.353		-7.8	99.4
Componente Mineral	0.171	0.346	0.091		102.3	-73.7
Esteval	0.026	0.044	0.752		69.2	1609.1
Eucaliptos	0.083	0.073	0.150		-12.0	105.5
Mato	47.407	10.506	0.521		-77.8	-95.0
Mato Denso	0.106	0.360	0.067		239.6	-81.4
Montado	0.161	0.115	0.127		-28.6	10.4
Pinhal	0.001	0.001	0.034		0.0	3300.0
Ripícola	0.004	0.000	0.015		-100.0	0.0
Média	3.902	1.272	0.442			
DVP	13.081	3.018	0.774			

Quadro 6.6 – Evolução do índice da maior mancha por classe, Concelho de Mértola.

No período entre 1995 e 2001 há dois valores muito elevados: pinhal tem um aumento do índice da maior mancha de 3300.0 %, ou seja, passa-se de uma mancha que constituía uns insignificantes 0.001 % da Paisagem, para uma que representa 0.34 %, embora seja um valor baixo em termos absolutos é bem indicativo da provável evolução futura das manchas de pinhal; esteval vê a sua maior mancha ter um aumento de 1609.1 % em termos de proporção da Paisagem, passando a representar 0.752 % do total. O interessante destes dois valores extremos de evolução é que dizem respeito a dois usos que têm aumentos em termos de área total do Concelho e que, tudo indica, vão assumir maior peso no futuro.

Estas duas classes são também as duas únicas que apresentam aumentos da dimensão média da mancha superiores a 100 % entre 1995 e 2001, muito longe de todos os outros (dimensão média da mancha de pinhal aumenta 140.2 %, da mancha de esteval aumenta 104.5 %), num período em que a fragmentação aumenta bastante globalmente e que a dimensão das manchas se torna mais homogênea entre todas as classes.

As classes que apresentam valores de evolução do índice de mancha entre 1995 e 2001 também positivos e relevantes são: água, mais 233.0 % (os planos de água das maiores albufeiras são manchas mais importantes, proporcionalmente e em termos de área), ardido, mais 140.8 % (a

dimensão da maior mancha ardida foi maior), eucaliptos, mais 105.5 % (consolidação e crescimento dos povoamentos existentes). Isto quer dizer que a maior mancha de qualquer uma destas classes aumentou a sua importância em termos da sua proporção na Paisagem.

Desvio Padrão da Dimensão das Manchas

Este índice da variabilidade absoluta, não relativizado pela média como o coeficiente de variação, dá indicações muito interessantes sobre o comportamento das manchas de cada classe, pois permite avaliar o grau de homogeneidade de dimensão das manchas. Seguindo a tendência global, em valores médios para as várias classes, há menor variabilidade da dimensão das manchas em cada classe nos dois períodos, sendo que entre 1985 e 1995 essa diminuição é mais acentuada. A própria variabilidade da variabilidade (o desvio padrão dos desvios padrão das várias classes) diminui, o que também reforça a imagem de uma Paisagem com cada vez mais manchas de cada classe, mais pequenas e cada vez de dimensões mais regulares: é um mosaico de grão mais fino e textura mais regular e homogênea.

Desvio Padrão (Ha)

Classes	1985	1995	2001	85-95	95-01
Água	14.301	13.091	28.311	-8.5	116.3
Ardido	1.534	2.576	2.248	67.9	-12.7
Cereais	14.740	11.871	12.378	-19.5	4.3
Coberto Herbáceo Contínuo	24.975	62.545	55.889	150.4	-10.6
Coberto Herbáceo Descontínuo	4.808	5.557	6.651	15.6	19.7
Componente Mineral	12.357	7.774	4.125	-37.1	-46.9
Esteval	0.782	1.338	11.126	71.1	731.5
Eucaliptos	1.558	2.873	4.259	84.4	48.2
Mato	764.731	125.033	12.693	-83.7	-89.8
Mato Denso	5.495	6.318	2.400	15.0	-62.0
Montado	3.651	2.673	2.453	-26.8	-8.2
Pinhal	0.063	0.065	0.739	3.2	1036.9
Ripícola	0.453	0.081	0.495	-82.1	511.1
Média	65.342	18.600	11.059		
DVP	210.273	35.957	15.466		

Quadro 6.7 – Evolução do desvio padrão da dimensão das manchas por classe, Concelho de Mértola.

A leitura que se deve fazer deste índice é que, para valores mais altos, as manchas de cada classe são de uma gama de dimensões maior, há portanto manchas muito grandes e muito pequenas. Quanto menor for o valor, mais regular é o padrão de manchas de cada classe no mosaico. Assim, como seria de esperar, a classe mato apresenta a maior gama de variação da dimensão das classes em 1985, também porque possuía a mancha maior e deverá ter manchas de dimensão mínima (um pixel), como provavelmente todas as classes. O segundo valor é o da classe coberto herbáceo contínuo, que portanto também já possuía manchas de dimensões com uma grande variabilidade, seguem-se: cereais (14.740 Ha), água (14.301 Ha) e mineral (12.357 Ha). No extremo oposto, classes com menor

variabilidade, estão: pinhal, vegetação ripícola, esteval, eucaliptos e ardido. Todas estas classes têm manchas que em média são pequenas.

A evolução para 1995 dá-se com uma diminuição da variabilidade da dimensão das manchas de mato (menos 83.7 %), que são cada vez menos, mais pequenas e com dimensões mais semelhantes; ripícola (menos 82.1 %), há tão poucas (14) manchas pelo facto do ano ser seco que a amostra nem é representativa; mineral (menos 37.1 %), montado (26.8 %), sobretudo em virtude da diminuição do número e dimensão das manchas; cereais (menos 19.5 %) e água (menos 8.5 %). Os aumentos mais significativos de variabilidade ocorrem nas seguintes classes: herbáceo contínuo (mais 150.4 %), há mais manchas, maiores, e com maior variedade de dimensões, eucaliptos (mais 84.4 %), esteval (mais 71.1 %) e ardido (mais 67.9 %). Estas classes têm sobretudo mais e maiores manchas.

Mas em termos de valores absolutos há também mudanças de hierarquia: o mato mantém-se com a máxima variabilidade, pois ainda possui manchas muito grandes, mas a variabilidade de herbáceo contínuo aumenta bastante (62.545 %), passando para cerca de metade da classe mato contra trinta e uma vezes menos variabilidade em 1985. Globalmente os valores aproximam-se.

Em 2001, herbáceo contínuo passa a apresentar a maior variabilidade absoluta (55.889 Ha), seguido de água (28.311 Ha), mato (12.693 Ha), cereais (12.378 Ha) e esteval (11.126 Ha). Os valores mínimos continuam a ser ripícola e pinhal. Facto relevante é que somente três classes têm diminuição em ambos os períodos: mato (menos 83.7 % seguida de menos 89.8 %), montado (menos 26.8 % seguido de somente menos 8.2 %) e mineral (menos 37.1 % seguido de uns mais expressivos menos 46.9 %). Os valores que aumentam em ambos os períodos são: esteval, eucaliptos, pinhal e herbáceo descontínuo.

Os valores mais importantes de evolução da variabilidade entre 1995 e 2001 significam que, independentemente do número de manchas ou sua dimensão, as manchas dessas classes têm dimensões claramente mais dispares. As classes cujas variabilidades aumentam mais são: pinhal (1036.9 %), com os povoamentos e áreas de pinheiros já adultos a constituírem manchas de dimensões mais variáveis, esteval (731.5 %), ripícola (511.1 %) e eucaliptos (48.2%).

Coefficiente de Variação da Dimensão das Manchas

Ponderando os valores médios de dimensão das manchas, a medida da variabilidade relativa em torno da média permite uma leitura ligeiramente diferente, em termos da hierarquia e significado dos valores absolutos e sua evolução. Assim, em 1985 o maior coeficiente pertence ao mato (Quadro 6.8), seguido de herbáceo contínuo, mas numa proporção muito inferior à obtida com o desvio padrão. Em 1995 a hierarquia mantém-se, mas a classe ardido assume maior importância, tal como o mato denso, montado e eucaliptos, enquanto a classe cereais passa a ter uma variabilidade relativa menos significativa. Em 2001, herbáceo contínuo apresenta o maior coeficiente de variação, mas o valor

seguinte é esteval (não o mato, de acordo com o desvio padrão), estando as restantes classes um pouco mais afastadas.

Coeficiente de Variação (%)

Classes	1985	1995	2001	85-95	95-01
Água	562.861	484.759	837.706	-13.9	72.8
Ardido	423.494	1060.419	786.336	150.4	-25.8
Cereais	792.589	528.023	506.886	-33.4	-4.0
Coberto Herbáceo Contínuo	1536.480	2507.799	2458.543	63.2	-2.0
Coberto Herbáceo Descontínuo	579.292	759.199	899.323	31.1	18.5
Componente Mineral	324.355	721.656	515.793	122.5	-28.5
Esteval	249.259	353.921	1438.675	42.0	306.5
Eucaliptos	640.057	789.670	983.085	23.4	24.5
Mato	7294.048	4312.998	1010.472	-40.9	-76.6
Mato Denso	532.860	838.448	474.677	57.3	-43.4
Montado	837.737	852.551	747.775	1.8	-12.3
Pinhal	58.826	66.888	316.900	13.7	373.8
Ripícola	175.389	57.496	227.349	-67.2	295.4
Média	1077.481	1025.679	861.809		
DVP	1904.562	1159.623	579.861		

Quadro 6.8 – Evolução do coeficiente de variação da dimensão das manchas por classe.

Em termos de evolução dos coeficientes, há duas classes que apresentam uma grande diferença. Em termos de desvio padrão havia diminuição nos dois períodos, mas através do coeficiente de variação começa por haver aumento entre 1985-1995 e depois diminuição entre 1995 e 2001. É o caso do montado, cujo coeficiente aumenta 1.8 % para depois diminuir 12.3 % (com o desvio padrão havia duas diminuições, de 26.8 Ha e 8.2 Ha); e de mineral, cujo coeficiente aumenta 122.5 % para depois diminuir 28.5 % (com o desvio padrão havia duas diminuições, de 37.1 Ha e 46.9 Ha). O coeficiente de variação para a dimensão média da classe cereais diminui em ambos os períodos enquanto o desvio padrão começava por diminuir e depois aumentava.

Mas será que existe algum significado relevante nestas diferenças entre variabilidade absoluta e relativa ? Claro que a grandeza dos valores é diferente, modificando-se um pouco a hierarquia e a dimensão das diferenças entre coeficientes, mas tendo em conta que a média da dimensão é a medida central base, então tanto o montado como mineral começaram por apresentar maior amplitude de diversidade de dimensões de manchas. No caso de mineral, esse facto poderia justificar a ideia apresentada acerca das características de secura de 1995: embora a dimensão média diminua haveria tanto campos alqueivados como grandes arroteias, mas também manchas mínimas resultado do pouco coberto herbáceo. No caso do montado, embora o aumento do coeficiente seja pequeno (mais 1.8 %), poderá indiciar que inicialmente houve maior amplitude de variação da dimensão das manchas.

Contudo, o facto que é talvez mais importante, é que de acordo com os valores médios do desvio padrão, a maior quebra de variabilidade se teria dado entre 1985 e 1995 (65.342 Ha para 18.600 Ha), seguida de uma quebra menor entre 1995 e 2001 (18.600 Ha para 11.059 Ha). Queria isto dizer que o aumento de homogeneidade entre a dimensão média das manchas se teria feito de uma forma continuada mas com diferentes ritmos, sendo o primeiro período mais importante. Por contraste, analisando a evolução dos valores médios do coeficiente de variação, a variação de ritmos é diferente, entre 1985 e 1995 a média dos coeficientes desce de 1077.481 % para 1025.679 %, mas entre 1995 e 2001 é bastante maior, descendo de 1025.679 % para 861.809 %.

Como interpretar esta diferença e que informações úteis é que pode transmitir ? Analisando os valores da dimensão média das manchas, a maior descida ocorre de facto entre 1985 e 1995. Assim, durante o primeiro período terá havido sobretudo diminuição da dimensão das manchas. Em contrapartida, durante o segundo período, o aumento do número de manchas é maior, e se a diminuição do coeficiente de variação é mais significativa, 1995 – 2001 pode ser considerado um período sobretudo de fragmentação e uniformização da dimensão das manchas de cada classe. Na linguagem da Ecologia da Paisagem terá havido primeiro contracção, seguida de fragmentação e maior homogeneização da textura e grão do mosaico ⁶⁴.

Densidade das Margens

Densidade das Margens (m/Ha)

Classes	1985	1995	2001	85-95	95-01
Água	1.790	1.184	2.451	-33.9	107.0
Ardido	16.684	0.811	9.684	-95.1	1094.1
Cereais	22.234	13.404	17.470	-39.7	30.3
Coberto Herbáceo Contínuo	60.497	81.710	124.332	35.1	52.2
Coberto Herbáceo Descontínuo	30.329	65.080	92.177	114.6	41.6
Componente Mineral	13.295	54.866	18.626	312.7	-66.1
Esteval	39.370	25.275	51.759	-35.8	104.8
Eucaliptos	10.464	3.926	6.132	-62.5	56.2
Mato	104.626	127.256	107.638	21.6	-15.4
Mato Denso	15.450	59.065	31.474	282.3	-46.7
Montado	12.378	8.305	17.135	-32.9	106.3
Pinhal	0.995	0.317	14.903	-68.1	4601.3
Ripícola	0.864	0.019	18.342	-97.8	96436.8
Média	25.306	33.940	39.394		
DVP	29.165	40.348	41.511		

Quadro 6.9 – Evolução da densidade das margens por classe, Concelho de Mértola.

Optou-se por apresentar a densidade das margens e não o valor absoluto, pois os valores de densidade são mais facilmente interpretados. Estes valores devem ser entendidos, também, como

⁶⁴ Ver Figura 5.13 sobre principais processos de transformação da Paisagem.

uma medida de fragmentação, pois quanto mais fragmentada for uma classe mais margem ela irá apresentar. Contudo, a dimensão das margens aumenta também com complexidades crescentes de forma, embora dependa do grão da Paisagem, que em geral está a diminuir (mais manchas, mais pequenas). Dito isto, alguns dos valores mais elevados de margem pertencem a usos mais naturais: mato (104.626 m/Ha), herbáceo contínuo (60.497 m/Ha), esteval (39.370 m/Ha), herbáceo descontínuo (30.329 m/Ha) e mineral (13.295 m/Ha).

O facto de os cobertos herbáceos e a componente mineral terem valores elevados pode ser indicação de que, no fundo, independentemente de serem resultado directo e indirecto da actividade humana, existem também “naturalmente”, por assim dizer, pois caso contrário não apresentariam tanta margem. Se fossem manchas extremamente rectilíneas e geométricas, estes usos teriam certamente menos margem, proporcionalmente falando, o que significa que ocorrem também, tudo indica, fora da acção humana directa enquanto parcelas agrícolas, seja para cultivo ou pastoreio. Os cobertos herbáceos ocorrem “naturalmente” como “pseudo estepe de gramíneas, associação herbácea de degradação”, a componente mineral enquanto degradação limite ou falta de coberto vegetal, portanto podem não ter nenhuma relação com parcelas agrícolas.

A diminuição global (1985 – 2001) da densidade de margens da classe cereais parece sustentar esta afirmação, bem como, na direcção oposta, os aumentos da densidade de margens do mato (embora a área ocupada diminua imenso), do esteval e do mato denso. Também os cobertos herbáceos aumentam significativamente, mas neste caso aumentam tanto a área ocupada como o número de manchas, embora tudo indique que a complexidade das formas também aumente. Analisando a evolução dos valores médios, há de facto um aumento global, para todas as classes, da densidade de margens, mais acentuado entre 1995 e 2001, embora a variabilidade dos valores tenha o maior aumento entre 1985 e 1995.

Em termos de evolução por período, entre 1985 e 1995 todas as classes vêm a densidade de margem diminuir, excepto os tipos de coberto mais natural: mato denso (mais 282.3 %), mato (mais 21.6 %), bem como os mistos, aqueles que tanto são semi-naturais como decorrem da acção humana: mineral (mais 312.7 %), herbáceo descontínuo (mais 114.6 %) e herbáceo contínuo (mais 35.1 %). Algumas das diminuições podem ser resultado de uma relativa simplificação das manchas em virtude das características secas de 1995: caso da água e ripícola.

Entre 1995 e 2001 dá-se o oposto, aumentam quase todas as classes, excepto: mineral (menos 66.1 %), há menos terrenos lavrados, mais disponibilidade de água, menos arroteias para reflorestação e predominam provavelmente campos agrícolas, mato denso (menos 46.7 %, mais restrito e localizado) e mato (menos 15.4 %, os retalhos restantes são talvez mais regulares em termos de forma, além de haver muito menos manchas). Os maiores aumentos são: vegetação ripícola (em função das características húmidas do ano e tipo de mancha, corredor ou pequenas manchas, com muita fronteira), pinhal, áreas ardidas, água e esteval.

Se em 1995 os maiores valores absolutos são mato, herbáceo contínuo e descontínuo, mineral e esteval, em 2001 herbáceo contínuo passa a ter o valor mais elevado, seguido ainda de mato, herbáceo descontínuo e esteval. Há, aparentemente, um conjunto de cobertos mais naturais e não claramente agrícolas, no sentido de parcelas geométricas, que assume maiores proporções em termos de densidade de margens.

COMPLEXIDADE

Índice de Forma da Paisagem

Este índice baseia-se na relação entre o perímetro e a área das manchas, medindo a complexidade da forma das manchas em função duma forma básica quadrada (o ficheiro é raster) que representa um mínimo de complexidade: quanto maior for o valor, maior é a complexidade das manchas na Paisagem. Assim, globalmente e em termos médios de todas as classes, os valores aumentam nos dois períodos, sendo o aumento entre 1985 e 1995 de maior grandeza (mais 7.764 contra 4.905 entre 1995 e 2001). A variabilidade inter-classes também aumenta, querendo isso dizer que coexistem formas de uma maior amplitude de complexidade, o aumento é muito maior no primeiro período (9.932 contra somente 1.168).

Índice de Forma

Classes	1985	1995	2001	85-95	95-01
Água	3.529	3.277	4.192	-7.1	27.9
Ardido	17.234	2.966	10.732	-82.8	261.8
Cereais	22.080	14.227	17.829	-35.6	25.3
Coberto Herbáceo Contínuo	56.497	75.489	113.582	33.6	50.5
Coberto Herbáceo Descontínuo	29.467	60.698	84.925	106.0	39.9
Componente Mineral	14.107	51.197	18.927	262.9	-63.0
Esteval	37.620	24.959	48.708	-33.7	95.2
Eucaliptos	11.601	5.751	7.724	-50.4	34.3
Mato	95.804	116.021	98.757	21.1	-14.9
Mato Denso	15.270	54.569	30.317	257.4	-44.4
Montado	13.349	9.704	17.611	-27.3	81.5
Pinhal	3.131	2.523	15.544	-19.4	516.1
Ripícola	3.006	2.254	18.546	-25.0	722.8
Média	24.823	32.587	37.492		
DVP	26.148	36.080	37.248		

Quadro 6.10 – Evolução do índice de forma por classe, Concelho de Mértola.

Em termos de hierarquia da complexidade, em 1985 a classe mato é a que apresenta maior complexidade (95.804), seguida de herbáceo contínuo (56.497), esteval (37.620) e herbáceo descontínuo (29.497). A ordem de valores é semelhante à da densidade de margens, pois a fórmula de cálculo do índice de forma utiliza o total de margens por classe. Os valores mínimos, como seria de

esperar, pertencem às classes com formas *a priori* mais regulares, menos fronteira e menor dimensão espacial: a água (3.529), pinhal (3.131, povoamentos de forma compacta e regular) e ripícola (3.006).

A evolução entre 1985 e 1995 dá-se com uma diminuição do índice para todas as classes, menos: mineral (mais 262.9 %, ano seco, pouco coberto herbáceo, maior pressão de pastoreio, padrão mais complexo, eventual degradação), mato denso (aumenta 257.4 %, mais fragmentado e complexo), herbáceo descontínuo (mais 106.0 %, pelas mesmas razões que mineral aumenta), herbáceo contínuo (mais 33.6 %) e mato (mais 21.1 %). Em termos absolutos, 1995 apresenta uma hierarquia com uma maior amplitude: mato mantém-se com a maior complexidade mas distancia-se, seguido dos cobertos herbáceos, mato denso, mineral e esteval.

No período seguinte, 1995 – 2001, a evolução é completamente diferente, todas as classes aumentam de complexidade, algumas até bastante e, somente mato denso e mato vêm a sua complexidade diminuir (usos mais naturais, mas cada vez mais fragmentados e retalhados, provavelmente por formas regulares de parcelas adjacentes), embora o valor final seja superior ao inicial. Os cobertos herbáceos são as únicas classes com crescimento em ambos os períodos e os maiores aumentos são das classes: ripícola (mais 722.8 %, ano húmido), pinhal (mais 516.1 %) e ardido (mais 261.8 %).

Existem duas classes que, em termos globais (1985 – 2001) vêm a sua complexidade diminuir: os cereais (parcelas mais regulares geometricamente) e os eucaliptos (povoamentos também mais regulares). A hierarquia absoluta em 2001 muda, pois herbáceo contínuo passa a ser a classe com uma forma mais complexa (113.582) seguida de mato (98.757), herbáceo descontínuo (84.9125) e esteval (48.708). As classes com formas menos complexas são os eucaliptos (7.724) e a água (4.192).

Índice Médio de Forma

O índice médio de forma funciona de uma forma semelhante, mas em vez de ser calculado para o total de margem e área total da Paisagem, é calculado mancha a mancha, apresentando muito mais rigor na avaliação do rácio médio perímetro – área para cada classe. Desta forma, os valores são bastante diferentes dos obtidos com o índice de forma da Paisagem. Globalmente o período 1985 – 1995 apresenta uma diminuição média da complexidade (diminui de 1.240 para 1.231), e um aumento da variabilidade dos valores para as classes (0.120 para 0.133), embora o período 1995 – 2001 tenha um grande aumento, acabando com um valor de complexidade para 2001 superior ao inicial.

Aqui põe-se uma questão interessante: será que esta diminuição média da forma de todas as manchas de cada classe poderá dever-se às características de secura relativa de 1985 ? Se assim fosse, poderia haver uma relação entre a fragmentação registada nesse período e uma aparente maior simplicidade da Paisagem, mas esse assunto teria que ser aprofundado e analisado por outros processos, com dados de campo e para mais datas.

Índice Médio de Forma

Classes	1985	1995	2001		85-95	95-01
Água	1.483	1.472	1.404		-0.7	-4.6
Ardido	1.163	1.049	1.160		-9.8	10.6
Cereais	1.257	1.334	1.327		6.1	-0.5
Coberto Herbáceo Contínuo	1.324	1.330	1.305		0.5	-1.9
Coberto Herbáceo Descontínuo	1.273	1.270	1.284		-0.2	1.1
Componente Mineral	1.372	1.287	1.236		-6.2	-4.0
Esteval	1.186	1.213	1.255		2.3	3.5
Eucaliptos	1.124	1.127	1.143		0.3	1.4
Mato	1.277	1.341	1.380		5.0	2.9
Mato Denso	1.308	1.296	1.249		-0.9	-3.6
Montado	1.193	1.137	1.166		-4.7	2.6
Pinhal	1.022	1.008	1.154		-1.4	14.5
Ripícola	1.142	1.134	1.139		-0.7	0.4
Média	1.240	1.231	1.246			
DVP	0.120	0.133	0.091			

Quadro 6.11 – Evolução do índice médio de forma por classe, Concelho de Mértola.

A hierarquia dos valores absolutos em 1985 é completamente diferente em relação ao índice de forma da Paisagem: a classe que apresenta as manchas mais complexas é a água (1.483), seguida de mineral (1.372), herbáceo contínuo (1.324), mato denso (1.308) e mato (1.277). Em termos de relação perímetro – área estes valores fazem sentido (pinhal e ripícola têm os valores mais baixos). A evolução até 1995 apresenta mais diminuições do que aumentos: a maior diminuição é de ardido (menos 9.8 %), seguido de mineral (menos 6.2 %), montado (menos 4.7 %) e pinhal (menos 1.4 %). Os aumentos de complexidade das manchas ocorrem com: cereais (mais 6.1 % o que é estranho e só explicável pelas searas estarem em muito mau estado e apresentarem peladas e margens irregulares), mato (mais 5.0 %, fragmentado e mais complexo) e esteval (mais 2.3 %).

A hierarquia de valores em 1995 é diferente da de 1985, a classe mais complexa continua a ser a água (1.472), mas agora seguida do mato (1.341), dos cereais (1.334) e herbáceo contínuo (1.330); pinhal, ardido e eucaliptos apresentam os valores mínimos. Na evolução para 2001 há três classes que continuam a aumentar de complexidade: mato (2.9 %, um pouco menos que no período anterior), esteval (3.5 %, um pouco mais que antes) e eucaliptos (também mais que anteriormente). No extremo oposto, duas classes continuam a diminuir de complexidade: água, que diminui mais que no período anterior (menos 4.6 %, contra menos 0.7 %), tal como mato denso (menos 3.6 %, contra menos 0.9 %). A hierarquia dos valores em 2001 mantém-se, água mantém-se como a classe com manchas mais complexas (1.404), seguida de mais perto pelo mato (1.380), pelos cereais (1.327) e pelo coberto herbáceo contínuo (1.305).

Índice Médio de Forma Ponderado pela Área

Tal como o Índice Médio de Forma, baseia-se na relação entre o perímetro e área das manchas, medindo a complexidade da forma das manchas em função duma forma básica quadrada, mas efectuando uma ponderação em função da dimensão de cada mancha: quanto maior for a mancha maior a ponderação. Desta forma, este índice torna-se ainda mais indicado do que o Índice Médio não ponderado, pois tem em conta todas as manchas (ao contrário do Índice de Forma) e a dimensão das mesmas. Consequentemente, a evolução é diferente da registada com o índice de forma (havia um aumento global) e do índice médio de forma (começava por haver uma diminuição, seguida de um aumento até um valor um pouco superior ao inicial).

Índice Médio de Forma Ponderado

Classes	1985	1995	2001		85-95	95-01
Água	5.722	5.622	6.929		-1.7	23.2
Ardido	1.940	2.169	1.747		11.8	-19.5
Cereais	3.238	3.096	3.377		-4.4	9.1
Coberto Herbáceo Contínuo	8.465	17.857	20.920		111.0	17.2
Coberto Herbáceo Descontínuo	3.424	4.354	5.089		27.2	16.9
Componente Mineral	2.344	3.670	2.822		56.6	-23.1
Esteval	1.874	2.451	7.228		30.8	194.9
Eucaliptos	2.091	2.556	3.179		22.2	24.4
Mato	97.165	42.802	8.767		-55.9	-79.5
Mato Denso	3.149	4.679	3.030		48.6	-35.2
Montado	2.952	2.769	2.466		-6.2	-10.9
Pinhal	1.051	1.020	1.815		-2.9	77.9
Ripícola	1.461	1.226	1.656		-16.1	35.1
Média	10.375	7.252	5.310			
DVP	26.152	11.512	5.228			

Quadro 6.12 – Evolução do índice médio de forma, ponderado pela área, por classe.

Segundo o índice ponderado há uma clara diminuição global de complexidade das manchas, em ambos os períodos, maior entre 1985 e 1995 (menos 3.123) do que entre 1995 e 2001 (1.942). A variabilidade do índice por classes diminui também muito, passando de 2.5 vezes o valor médio para ligeiramente menos que o valor médio, o que pressupõe que a complexidade das formas é cada vez mais homogénea entre todas as classes. Os grandes traços da evolução prendem-se com a enorme diminuição da dimensão da classe inicialmente mais complexa (mato) e pelo grande aumento da dimensão e complexidade do coberto herbáceo contínuo (no primeiro período), seguido de um grande aumento da dimensão e complexidade do esteval (no segundo período).

Em 1985 a classe mato tem um índice esmagadoramente superior a todos os outros, 97.165, pois tem uma só mancha que ocupa 47.407 % da Paisagem e apresenta uma forma complexa. Os valores seguintes são herbáceo contínuo (8.465), a água (5.722, forma complexa e manchas grandes) e herbáceo descontínuo (3.424); os valores mínimos são do pinhal (1.051) e ripícola (1.461). A evolução

para 1995 faz-se, sobretudo, com uma diminuição de 55.9 % do índice da classe mato e um aumento de 110.0 % da classe herbáceo contínuo. A hierarquia mantém-se: primeiro mato (mas somente com 42.802), seguido mais de perto por herbáceo contínuo (17.857), agora mais afastado do valor seguinte da água, que diminui ligeiramente (5.622).

No período 1995 – 2001 mato diminui ainda mais (menos 79.5 % contra 55.9 %), esteval tem o maior aumento (mais 194.9 %) e os cobertos herbáceos continuam a aumentar (contínuo mais 17.2 %, descontínuo 16.9 %). A hierarquia é completamente modificada: herbáceo contínuo passa a ter o índice mais elevado (20.920), seguido de mato (8.767, apesar das manchas serem muito menores, o que indica de facto uma grande complexidade de forma), esteval (7.228, mais complexo e com manchas maiores) e água (6.929).

Para a totalidade do período, 1985 – 2001, somente mato regista duas descidas sucessivas, enquanto o esteval, eucaliptos e sobretudo cobertos herbáceos apresentam sempre subidas. Embora a média dos índices médios ponderados desça em ambos os períodos, somente mato, mato denso e montado têm valores finais inferiores aos iniciais.

Dimensão Fractal Bi-Logarítmica

Este índice constitui a melhor forma de medição da complexidade da forma das manchas, embora também seja calculado com base na relação entre o perímetro e a área de cada mancha, por isso se assemelha um pouco com o índice de forma da Paisagem, embora os resultados sejam muito ligeiramente diferentes. Globalmente, tal como com o índice de forma, há um aumento ao longo das três datas, ligeiramente mais acentuado no período 1985 – 1995. A variabilidade dos valores médios por classe, contudo, depois de ter também um aumento, é seguida de um decréscimo. A maior diferença está na existência ou não de inflexões na evolução, em 1995, bem como no diferente sentido dessas inflexões.

Em 1985 a dimensão fractal das manchas por classe tinha a seguinte hierarquia: a classe com maior complexidade era a água (1.546), seguida de esteval (1.506), herbáceo contínuo (1.485) e mato denso (1.481); sendo mineral (1.300) e cereais (1.396) as classes menos complexas. As primeiras classes são, de facto, as que apresentam formas mais convolucionadas, mais complexas, no fundo mais naturais; pelo contrário mineral e cereais deverão ser o tipo de manchas mais regulares, pois estão associadas a parcelas sujeitas a acção humana, mais regulares. Neste sentido, a dimensão fractal parece capturar plenamente o binómio natural – artificial, simples e rectilíneo – complexo e irregular.

A evolução para 1995 vê as seguintes classes diminuir de complexidade: pinhal (menos 5.2 %, povoamentos introduzidos, regulares, geométricos), água (menos 3.6 %, há menos água, provavelmente mais charcas, as formas são menos “naturais”), ardido (menos 2.9 %), cereais (menos

1.1 %, parcelas agrícolas mais regulares) e eucaliptos (menos 0.1 %). Todas as restantes classes vêem a dimensão fractal das manchas aumentar, sobretudo vegetação ripícola (mais 19.6 %, há muito menos água e somente catorze manchas, mas mais complexas), mineral (mais 13.5 %, pelas razões de secura várias vezes referidas, passando a não ser tão claramente uma classe de cariz antrópico), herbáceo descontínuo (mais 3.5 %, pelas mesmas razões) e mato denso (3.4 %). Em termos absolutos ripícola passa a ter a complexidade máxima (1.725, embora o universo seja mínimo), seguido de esteval (1.536), mato denso (1.532), herbáceo descontínuo (1.530) e mineral (1.475).

Dimensão Fractal

Classes	1985	1995	2001	85-95	95-01
Água	1.546	1.491	1.472	-3.6	-1.3
Ardido	1.462	1.420	1.524	-2.9	7.3
Cereais	1.396	1.381	1.400	-1.1	1.4
Coberto Herbáceo Contínuo	1.485	1.498	1.551	0.9	3.5
Coberto Herbáceo Descontínuo	1.478	1.530	1.554	3.5	1.6
Componente Mineral	1.300	1.475	1.456	13.5	-1.3
Esteval	1.506	1.536	1.539	2.0	0.2
Eucaliptos	1.473	1.471	1.475	-0.1	0.3
Mato	1.473	1.514	1.572	2.8	3.8
Mato Denso	1.481	1.532	1.542	3.4	0.7
Montado	1.472	1.491	1.509	1.3	1.2
Pinhal	1.413	1.340	1.547	-5.2	15.4
Ripícola	1.442	1.725	1.542	19.6	-10.6
Média	1.456	1.493	1.514		
DVP	0.060	0.092	0.049		

Quadro 6.13 – Evolução da dimensão fractal Bi-Logarítmica por classe, Concelho de Mértola.

A evolução para 2001 regista um aumento generalizado da dimensão fractal das manchas, somente ripícola (menos 10.6 %) e água diminuem (menos 1.3 %, há mais água, mais albufeiras e charcas, as linhas de água têm mais água). O maior aumento na complexidade ocorre na classe pinhal (mais 15.4 %), certamente porque várias manchas de pinheiros estão suficientemente desenvolvidas para assim serem classificadas, embora a sua forma não seja regular e estejam longe de decalcar a estrutura da propriedade e respectivas áreas sujeitas a repovoamento florestal. As classes ardido (mais 7.3 %), mato (mais 3.8 %) e herbáceo contínuo (mais 3.5) registam os maiores aumentos seguintes.

Em termos de hierarquia de valores absolutos, mato passa a ser a classe mais complexa (1.572), seguida de herbáceo descontínuo (1.554), herbáceo contínuo (1.551), mato denso e ripícola com o mesmo valor (1.542); os cereais (1.400) e mineral (1.456) mantêm-se as classes menos complexas. De referir que somente as classes cereais e água apresentam valores finais inferiores aos iniciais, tendo de facto sofrido uma simplificação de forma e diminuição da complexidade.

Dimensão Fractal das Manchas

Tal como no Índice Médio de Forma, a Dimensão Fractal é neste caso calculada para todas as manchas da Paisagem, como tal as hierarquias, sentido da evolução e inflexões são semelhantes. O que é mais interessante é o facto de os valores brutos, dimensão fractal, serem claramente inferiores à dimensão fractal por classe calculada como um todo, embora também exista globalmente um aumento, seguido de uma diminuição, passando o mesmo com a variabilidade dos valores. Esta diminuição dos valores absolutos, em qualquer das datas, pressupõe que existem em todas as classes manchas irregulares mas também algumas francamente mais regulares, o que acontece em todas as áreas de margem com limites de parcelas.

Dimensão Fractal Média

Classes	1985	1995	2001		85-95	95-01
Água	1.061	1.059	1.051		-0.2	-0.8
Ardido	1.029	1.010	1.029		-1.8	1.9
Cereais	1.039	1.048	1.045		0.9	-0.3
Coberto Herbáceo Contínuo	1.045	1.045	1.041		0.0	-0.4
Coberto Herbáceo Descontínuo	1.042	1.041	1.042		-0.1	0.1
Componente Mineral	1.054	1.043	1.037		-1.0	-0.6
Esteval	1.032	1.035	1.038		0.3	0.3
Eucaliptos	1.024	1.022	1.025		-0.2	0.3
Mato	1.039	1.047	1.050		0.8	0.3
Mato Denso	1.045	1.044	1.039		-0.1	-0.5
Montado	1.033	1.024	1.029		-0.9	0.5
Pinhal	1.005	1.002	1.028		-0.3	2.6
Ripícola	1.027	1.028	1.025		0.1	-0.3
Média	1.037	1.034	1.037			
DVP	0.014	0.016	0.009			

Quadro 6.14 – Evolução da dimensão fractal média por classe, Concelho de Mértola.

A classe água diminui de complexidade nos dois períodos, mas é a classe mais complexa nas três datas: em 1985 seguida de mineral, herbáceo contínuo e mato denso; em 1995 seguida de cereais, mato e mato denso; e em 2001 seguida de mato, cereais e cobertos herbáceos. Globalmente as classes que registam duas diminuições sucessivas de complexidade são a água e o mato denso (faz sentido mancha a mancha), em contrapartida as que têm dois aumentos sucessivos de complexidade são o mato e o esteval (o que também faz sentido, apesar de uma ter mais área e outra menos, estes valores de complexidade crescente indiciam regeneração).

Neste caso há mais classes com uma complexidade em 2001 inferior a 1985: água (tal como com a dimensão fractal calculada como um todo), mato denso (mais restrito e circunscrito a áreas específicas), montado (mais retalhado por limites regulares), herbáceo contínuo (o que é estranho), ripícola e mineral (que faz todo o sentido).

Dimensão Fractal das Manchas Ponderada Pela Área

Novamente, tal como com o índice de forma, esta ponderação tem em conta a dimensão das manchas além de ser calculada para todas as classes. Pela primeira vez, num índice que permite avaliar a complexidade de formas mas é ponderado pela área das manchas, existe um aumento da complexidade ao longo do período, bem como um aumento da homogeneidade dos valores entre classes.

Os valores brutos da dimensão fractal encontram-se, aproximadamente, entre os valores do índice calculado como um todo (mais alto) e calculado para todas as manchas (mais baixo). Tudo indica que haverá, afinal, mais manchas grandes de forma complexa do que seria de supor, bem como, provavelmente, manchas mais pequenas e mais complexas mas em maior quantidade.

Dimensão Fractal Média Ponderada

Classes	1985	1995	2001	85-95	95-01
Água	1.243	1.233	1.246	-0.8	1.1
Ardido	1.106	1.099	1.092	-0.6	-0.6
Cereais	1.163	1.156	1.170	-0.6	1.2
Coberto Herbáceo Contínuo	1.241	1.301	1.329	4.8	2.2
Coberto Herbáceo Descontínuo	1.172	1.195	1.207	2.0	1.0
Componente Mineral	1.126	1.177	1.153	4.5	-2.0
Esteval	1.104	1.134	1.224	2.7	7.9
Eucaliptos	1.091	1.128	1.147	3.4	1.7
Mato	1.437	1.367	1.261	-4.9	-7.8
Mato Denso	1.167	1.193	1.160	2.2	-2.8
Montado	1.137	1.129	1.122	-0.7	-0.6
Pinhal	1.011	1.004	1.091	-0.7	8.7
Ripícola	1.072	1.047	1.084	-2.3	3.5
Média	1.159	1.166	1.176		
DVP	0.105	0.097	0.074		

Quadro 6.15 – Evolução da dimensão fractal média ponderada, por classe, Concelho de Mértola.

Em 1985, mato tem o maior índice (1.437, tem uma mancha muito grande, contínua e complexa), seguido de água (1.243) e herbáceo contínuo (1.241). Os valores mais baixos são da classe esteval (1.104, manchas muito pequenas), ardido (1.106) e pinhal (1.011, manchas pequenas e muito regulares, compactas). Em 1995 mato mantém-se como a classe mais complexa (1.367), mas seguida de herbáceo contínuo (1.301) e água (1.233). Os valores inferiores são pinhal (1.004) e eucaliptos (1.128). Em 2001 herbáceo contínuo passa a ser a classe mais complexa (1.329), seguida de mato (1.261) e água (1.246); pinhal, ardido e ripícola apresentam os valores mínimos.

Em termos de evolução somente ardido, mato e montado apresentam duas descidas; esteval, eucaliptos e os cobertos herbáceos apresentam dois aumentos. Mato tem a maior diminuição no período 1985 – 95 (menos 4.9 %), seguida de ripícola (menos 2.3 %). No mesmo período os maiores

aumentos de complexidade pertencem à classe herbáceo contínuo (mais 4.8 %) e mineral (mais 2.0 %). Entre 1995 e 2001 os maiores decréscimos dizem respeito também a mato (menos 7.8 %), seguida de mato denso (menos 2.8 %). Os maiores aumentos ocorrem na classe pinhal (mais 8.7 %, mais complexidade, manchas maiores, mais área) e esteval (mais 7.9 %).

ORGANIZAÇÃO ESPACIAL

Distância Média ao Vizinho mais Próximo

Distância média ao vizinho mais próximo define-se como a distância de uma mancha à mancha mais próxima da mesma classe, baseada na distância de margem a margem, o que quantifica a configuração da Paisagem que influencia processos ecológicos importantes: quanto maior for a distância maior é a “insularidade” das manchas e mais fragmentada é a classe. Este índice permite, portanto, apreender a “malha” do mosaico para cada classe, a distribuição espacial. Pode-se dizer que globalmente a distância ao vizinho mais próximo diminui nos dois períodos, pois embora o valor seja mais elevado em 1995 (bem como a variabilidade que é oito vezes maior que em 1985), essa subida deve-se sobretudo ao gigantesco aumento da classe ripícola (havia 14 manchas e pouca água), da classe ardido (aleatória) e água (as charcas mais pequenas secaram seguramente).

Vizinho mais Próximo (m)

Classes	1985	1995	2001	85-95	95-01
Água	273.012	534.648	620.456	95.8	16.0
Ardido	93.439	302.074	120.440	223.3	-60.1
Cereais	90.180	94.595	92.705	4.9	-2.0
Coberto Herbáceo Contínuo	59.146	54.446	44.332	-7.9	-18.6
Coberto Herbáceo Descontínuo	72.408	54.603	47.359	-24.6	-13.3
Componente Mineral	127.015	57.820	94.954	-54.5	64.2
Esteval	63.357	69.056	58.246	9.0	-15.7
Eucaliptos	112.953	167.172	135.101	48.0	-19.2
Mato	49.246	45.037	45.313	-8.5	0.6
Mato Denso	98.598	56.598	67.773	-42.6	19.7
Montado	102.563	111.421	92.271	8.6	-17.2
Pinhal	332.587	517.281	84.232	55.5	-83.7
Ripícola	374.472	3652.311	83.953	875.3	-97.7
Média	142.229	439.774	122.087		
DVP	109.383	980.580	152.334		

Quadro 6.16 – Evolução da distância ao vizinho mais próximo, por classe, Concelho de Mértola.

Analisando os valores absolutos, em 1985 a classe da vegetação ripícola era a que apresentava a distância maior (374.472 m), seguida de pinhal (332.587 m), água (273.012 m) e mineral (127.015). Esta distância elevada implica a existência de um padrão amplo, largo, de distribuição, nalguns casos porque existem poucas manchas (caso de ripícola, pinhal e água), porque as manchas se concentram desigualmente no espaço (mineral), o que sustenta a afirmação anteriormente feita de que as

actividades agrícolas se encontravam espacialmente agrupadas em duas ou três áreas do Concelho. Mato (49.246 m, uma mancha muito grande e uso claramente dominante, 52.13 % da área total do Concelho), herbáceo contínuo (59.146 m, existe um pouco por todo o lado) e esteval (63.357 m, muito disperso e em manchas pequenas) são as classes que apresentam menor distância.

A evolução para 1995, ano seco (convém sempre recordar), dá-se com um dramático aumento da distância média ao vizinho mais próximo da classe ripícola (mais 875.3 %, há somente 14 manchas no Concelho), da classe ardido (mais 223.3 %, há menos área total e as áreas ardidas são mais dispersas) e da classe água (mais 95.8 %). Em contrapartida, as seguintes classes vêm diminuir bastante a distância média: mineral (menos 54.5 %, há maior dispersão das área com solo a descoberto, sejam parcelas alqueivadas, áreas de coberto herbáceo fraco ou áreas degradadas), mato denso (menos 42.6 %, provavelmente as características de maior proporção lenhosa levaram a que áreas de mato fossem classificadas como mato denso, pois já estava em curso o processo de circunscrição destas manchas), herbáceo descontínuo (menos 24.6 %, por razões semelhantes a mineral), mato (menos 8.5 %, a área diminui, há muita fragmentação e diminuição de dimensão) e herbáceo contínuo (menos 7.9 %, começam a existir manchas grandes e em quantidade).

Em 1995 ripícola tem, compreensivelmente, o valor mais elevado (3652.311 m), seguido de água (534.648 m), pinhal (517.281 m) e ardido (302.074 m); as distâncias médias mais baixas são das classes mato (45.037 m), herbáceo contínuo (54.446 m), herbáceo descontínuo (54.603 m) e mineral (57.820 m). Estas classes são, portanto, as que se encontram espacialmente mais dispersas e que apresentam maior grau de conectividade espacial, dada a sua maior proximidade média. A evolução para 2001 dá-se com uma diminuição generalizada da distância média: menos 97.7 % para a classe ripícola, menos 83.7 % para o pinhal, menos 60.1 % para a classe ardido, menos 19.2 % para os eucaliptos, menos 18.6 % para herbáceo contínuo, menos 15.7 % no caso do esteval e menos 13.3 % para herbáceo descontínuo (as classes de coberto herbáceo são as únicas que têm duas diminuições sucessivas de distância).

Não obstante, há classes que vêm a distância média aumentar: mineral (mais 64.2 %), há menos manchas, maiores e mais agrupadas espacialmente; mato denso (mais 19.7 %), cada vez mais circunscrito em áreas específicas (vertentes mais declivosas e topos dos relevos principais); a água (mais 16.0 %, única classe que tem dois aumentos sucessivos), o que é estranho e só pode querer dizer que, num ano húmido, há mais manchas, maiores e mais agregadas no espaço (é uma afirmação que faz sentido, pois existem grandes incentivos para a construção de charcas para apoio à pastorícia); e o mato (mais 0.6 %), o que só pode representar uma relativa agregação das manchas, que diminuem de quantidade e dimensão.

A situação em 2001, em termos da hierarquia de valores, é a seguinte: a maior distância média pertence à água (620.456 m), eucaliptos (135.101 m, mais isolados), ardido (120.440) e mineral (94.954 m); os valores menores pertencem a herbáceo contínuo (44.232 m), mato (45.313 m) e

herbáceo descontínuo (47.359 m) que são portanto as classes mais equitativamente distribuídas em termos espaciais, mais próximas e com maior proximidade de conectividade.

Coeficiente de Variação do Vizinho Mais Próximo

Este índice permite medir a variabilidade da distância entre manchas, que é um factor ecológico essencial – dispersão das manchas: um desvio padrão baixo, em relação ao valor médio da distância, implica uma distribuição mais regular e uniforme das manchas na Paisagem, enquanto um grande desvio padrão implica uma distribuição irregular. Globalmente há uma diminuição dos valores deste índice, o que significa que a regularidade da distribuição espacial das manchas de cada classe é maior. Esse aumento é maior entre 1995 e 2001 e a homogeneidade dos valores das várias classes regista também um aumento maior nesse período.

Claro está que, teoricamente, quanto maior for o número de manchas e a porção de área total de cada classe, menor é a distância, mas este coeficiente permite compreender se existem tendencialmente agregações e aglomerações de manchas ou se, pelo contrário, elas estão cada vez mais espalhadas e a distâncias mais homogêneas umas das outras.

Coeficiente de Variação do Vizinho Mais Próximo (%)

Classes	1985	1995	2001		85-95	95-01
Água	292.799	273.394	118.050		-6.6	-56.8
Ardido	113.627	198.990	126.069		75.1	-36.6
Cereais	144.731	175.565	172.385		21.3	-1.8
Coberto Herbáceo Contínuo	110.366	103.269	75.728		-6.4	-26.7
Coberto Herbáceo Descontínuo	116.578	91.619	75.321		-21.4	-17.8
Componente Mineral	141.540	94.372	123.353		-33.3	30.7
Esteval	102.141	122.712	119.981		20.1	-2.2
Eucaliptos	109.571	148.560	143.558		35.6	-3.4
Mato	91.364	74.609	86.534		-18.3	16.0
Mato Denso	160.202	98.768	133.412		-38.3	35.1
Montado	144.023	175.716	125.705		22.0	-28.5
Pinhal	136.197	105.291	145.082		-22.7	37.8
Ripícola	177.426	151.947	114.184		-14.4	-24.9
Média	141.582	139.601	119.951			
DVP	51.661	55.737	27.843			

Quadro 6.17 – Evolução do coeficiente de variação da distância ao vizinho mais próximo, por classe.

Em 1985 o coeficiente menor era o da classe mato (91.364 %), pois era a classe dominante e tinha uma mancha muito grande, era portanto a classe que tinha as suas manchas a uma distância mais regular, melhor distribuída; os valores seguintes eram esteval (102.141 %) e eucaliptos (109.571 %). No extremo oposto da escala está, de longe, a classe água, que com um coeficiente de variação de 292.799 % apresenta a distribuição espacial menos regular; seguem-se as classes de vegetação ripícola (177.426 %), mato denso (160.202 %), cereais (144.731 %) e montado (144.023 %).

A evolução até 1995 regista alguns aumentos da irregularidade de distribuição: sobretudo ardido (mais 75.1 %), eucaliptos (mais 35.6 %), cereais (mais 21.3 %, que portanto se expande mas de uma forma agregada em torno e a partir das áreas agrícolas consolidadas) e esteval (20.1 %). Todas as outras classes apresentam uma diminuição do coeficiente, implicando maior regularidade da distribuição: mato denso (menos 38.3 %), mineral (menos 33.3 %), pinhal (menos 22.7 %) e mato (menos 18.3 %). Em 1995 mato continua a apresentar a distribuição mais regular (74.609 %), seguida de herbáceo descontínuo (91.619 %), mato denso (98.768 %) e herbáceo contínuo (103.269 %).

No período seguinte, 1995 – 2001, que em média regista uma descida bastante maior do coeficiente (menos 19.65 % contra menos 1.981 % entre 1985 e 1995), passam a ser as duas classes de coberto herbáceo que apresentam a maior regularidade de distribuição espacial (herbáceo descontínuo 75.321 %, herbáceo contínuo 75.728 %, usos dominantes em termos de área), seguidos de mato (86.534 %, grande número de manchas, mais pequenas mas bem distribuídas espacialmente), ripícola (114.184 %, 2001 é um ano húmido), água (118.050 %, que passa a estar muito mais regularmente distribuída) e esteval (119.981 %, mais área, maior número de manchas, melhor distribuição).

A evolução entre 1995 e 2001 regista sobretudo descidas do coeficiente: água (menos 56.8 %), ardido (menos 36.6 %, melhor distribuído, portanto é mais provável que seja prática de alqueive preto do que somente alguns grandes incêndios), montado (menos 28.5 %), herbáceo contínuo (menos 26.7 %), ripícola (menos 24.9 %) e herbáceo descontínuo (menos 17.8 %). As classes que vêem a sua distribuição espacial tornar-se mais irregular são: pinhal (mais 37.8 %), mato denso (mais 35.1 %), mineral (mais 30.7 %) e mato (mais 16.0 %). Estes usos, portanto, sofrem processos de concentração, aglomeração e agregação espacial.

Em termos de evolução geral, 1985 – 2001, somente quatro classes registam dois aumentos sucessivos de regularidade de distribuição: água, herbáceo contínuo e descontínuo e ripícola. Nenhuma classe regista dois aumentos sucessivos, embora algumas acabem com coeficientes superiores aos iniciais: ardido (aleatório ou associado aos cereais, mais 12.442 %), cereais (mais espacialmente agregados, mais 27.654 %), esteval (muitas manchas e mais área, mas maior irregularidade, mais 17.840 %), eucaliptos e pinhal (espécies introduzidas, distribuídas não regularmente, mais 33.987 % e 8.885 % respectivamente). Os maiores aumentos de regularidade são: água (menos 174.749 %), ripícola (menos 63.242 %), herbáceo descontínuo (menos 41.257 %) e herbáceo contínuo (menos 34.638 %).

Índice de Inter-Dispersão e Justaposição

Este índice mede a probabilidade de adjacência das manchas (não de células, pixels) a manchas de todas as outras classes: valores elevados resultam de Paisagens em que as classes de manchas estão bem inter-dispersas (igualmente adjacentes umas às outras), enquanto valores baixos caracterizam Paisagens onde as classes de manchas estão mal inter-dispersas (distribuição desproporcional de adjacências de tipos de manchas). O valor é de 100 quando todas as classes de manchas são igualmente adjacentes a todas as outras classes (inter-dispersão e justaposição máxima), aproximando-se de 0 (zero) à medida que a distribuição se torna cada vez menos equilibrada.

Inter-Dispersão e Justaposição

Classes	1985	1995	2001	85-95	95-01
Água	40.568	44.673	67.616	10.1	51.4
Ardido	62.386	36.314	83.194	-41.8	129.1
Cereais	52.493	44.902	41.553	-14.5	-7.5
Coberto Herbáceo Contínuo	68.778	64.377	67.025	-6.4	4.1
Coberto Herbáceo Descontínuo	57.835	51.653	61.390	-10.7	18.9
Componente Mineral	61.848	51.952	54.349	-16.0	4.6
Esteval	38.056	34.354	65.843	-9.7	91.7
Eucaliptos	43.231	47.974	78.095	11.0	62.8
Mato	82.728	72.519	73.067	-12.3	0.8
Mato Denso	37.871	49.889	61.010	31.7	22.3
Montado	54.401	63.798	60.338	17.3	-5.4
Pinhal	39.210	64.149	71.026	63.6	10.7
Ripícola	63.260	48.858	79.776	-22.8	63.3
Média	54.051	51.955	66.483		
DVP	13.868	11.377	11.252		

Quadro 6.18 – Evolução do índice de inter-dispersão e justaposição, Concelho de Mértola.

A evolução global média deste índice faz-se primeiro com uma diminuição, entre 1985 e 1995, as classes são globalmente adjacentes a menos classes (diminuição de 54.051 para 51.955), registando um grande aumento entre 1995 e 2001 (aumento de 51.955 para 66.483, superior ao valor inicial), o que significa haver uma crescente proporcionalidade na distribuição de adjacências. Também a variabilidade entre todas as classes diminui, passando a haver maior homogeneidade na inter-dispersão e justaposição das classes.

Em 1985 as classes que tinham menor proporção de adjacência eram: mato denso (37.871), esteval (38.728) e água (40.568). Em contrapartida, as classes com maior proporcionalidade de adjacências a outras classes eram: mato (82.728), herbáceo contínuo (68.778) e ardido (62.386). A evolução para 1995 dá-se sobretudo com diminuições, tornando globalmente cada classe adjacente a menos classes, havendo portanto menos conectividade inter-classe. As maiores diminuições são ardido (menos 41.8 %), ripícola (menos 22.8 %), mineral (menos 16.0 %), cereais (menos 14.5 %). As subidas são:

pinhal (mais 63.6 %, mais espalhado e mais adjacente a mais classes), mato denso (mais 31.7 %, mais fragmentado e com uma vizinhança mais heterogénea), montado (mais 17.4 %) e eucaliptos (mais 11.0 %).

Em 1995 a hierarquia da melhor equidade de adjacências altera-se, mato passa a ter o valor máximo (72.519) seguida de: herbáceo contínuo (64.377), pinhal (64.149) e montado (63.798). Os valores mais baixos pertencem a esteval (34.354), ardido (36.314), água (44.673) e cereais (44.902). Mas, na evolução para 2001, quase todas as classes vão registar aumentos, alguns até muito significativos, embora haja duas excepções: cereais (diminui 7.5 %, adjacente de uma forma menos proporcional às outras classes, provavelmente mais exclusivamente associado a herbáceo) e montado (menos 5.4 %, também mais associado a coberto herbáceo e adjacente a menos classes em proporções mais desiguais).

Os maiores aumentos entre 1995 e 2001 são: ardido (mais 129.1 %), esteval (mais 91.7 %), ripícola (mais 63.3 %), eucaliptos (mais 62.8 %) e água (mais 51.4 %). A hierarquia em 2001 também muda, em primeiro lugar está ardido (83.194, basicamente o fogo propaga-se a todas as classes, portanto a adjacência é a mais elevada e mais proporcional), seguido de: ripícola (79.776, ano húmido), eucaliptos (78.095), mato (73.067), pinhal (71.026) e esteval (65.843). Os valores mais baixos pertencem a: cereais (41.553), mineral (54.349) e montado (60.338), classes ligadas à actividade humana. Entre 1985 e 2001 os valores aumentam todos excepto cereais e mineral, há um maior arranjo e isolamento das áreas agrícolas em relação à envolverência.

A evolução da Paisagem no Concelho de Mértola, analisada globalmente a nível das classes, tem a seguinte evolução média:

- O número de manchas aumenta em ambos os períodos, entre 1985 e 1995 há mais 1542 manchas, entre 1995 e 2001 há mais 3045 manchas, 1995 – 2001 é o período de maior fragmentação. A variabilidade do número de manchas por classe também aumenta, há uma maior amplitude entre as classes com mais manchas e menos manchas. O aumento da variabilidade é maior entre 1985 e 1995 (mais 2083 de desvio padrão, contra 364 entre 1995 e 2001). O grão é menor, a heterogeneidade maior;
- A dimensão média das manchas diminui em ambos os períodos, mas a diminuição é maior entre 1985 e 1995 (menos 0.728 Ha contra menos 0.06 Ha entre 1995 e 2001). Portanto, no primeiro período há sobretudo contracção, no segundo predomina a fragmentação. A variabilidade da dimensão das manchas diminui, as classes têm manchas cada vez mais de tamanhos mais parecidos, o desvio padrão desce de 153.3 % da dimensão média em 1985 para 96.2 % em 1995 e 96.0 % em 2001. As manchas no mosaico tornam-se mais pequenas e de dimensões mais homogéneas, o grão da Paisagem é menor, a textura mais regular;

- A média do índice da maior mancha diminui nos dois períodos, 3.902 % do total da Paisagem em 1985, 1.272 em 1995 e 0.442 % em 2001. Em 1985 a classe mato possuía uma enorme mancha que ocupava 47.407 % da Paisagem total, em 1995 a maior mancha de mato ocupa somente 10.506 % e em 2001 é o coberto herbáceo contínuo que possui a maior mancha, representando 2.916 % da Paisagem. A evolução dá-se com a diminuição da predominância de um tipo de mancha sobre as outras, sendo a proporção da maior mancha de cada classe cada vez mais equilibrada;
- A média do desvio padrão da dimensão média das manchas diminui em ambos os períodos: era de 65.342 Ha em 1985, 18.600 Ha em 1995 e 11.059 Ha em 2001. Portanto, no período em que se dá a maior diminuição de dimensão média (1985 – 1995) dá-se também a maior homogeneização da dimensão das manchas, pois a diminuição da variabilidade é francamente maior. A própria variabilidade da variabilidade diminui também, implicando uma estrutura da Paisagem cada vez mais regular em termos de amplitude de variação da dimensão das manchas;
- A média do coeficiente de variação da dimensão das manchas também diminui nos dois períodos, visto que é relativizada em função da dimensão média das manchas. O facto de a diminuição menor ocorrer quando se regista a maior diminuição de dimensão média implica que na primeira fase se manteve uma maior amplitude de variação da dimensão das manchas. É no segundo período, em que há sobretudo um aumento do número de manchas e menos diminuição da dimensão média, que o coeficiente de variação diminui mais; no primeiro período, eminentemente de contracção, a variabilidade absoluta das manchas diminui mais, no segundo período a maior fragmentação tem um cariz de maior diminuição da variabilidade relativa da dimensão das manchas;
- A média da densidade das margens aumenta em ambos os períodos, mas o aumento é maior no primeiro: passa de 25.306 m/Ha em 1985 para 33.940 m/Ha em 1995 e 39.394 m/Ha em 2001. Assim, a predominante contracção das manchas (1985 – 1995) gerou mais irregularidade e proporção de margens que a fragmentação mais importante (1995-2001);
- A média do índice de forma da Paisagem aumenta em ambos os períodos, o que implica um crescimento da complexidade da forma das manchas das várias classes. A variabilidade do índice de forma também aumenta, indicando que coexistem formas de uma maior amplitude de complexidade;
- A média do índice médio de forma, calculado mancha a mancha por classe, tem um aumento global entre 1985 e 2001, passa de 1.240 para 1.246, mas desce ligeiramente entre 1985 e 1995 (passa de 1.240 para 1.231). Inversamente, a variabilidade dos valores

começa por aumentar para depois diminuir, portanto 1995 tem classes com formas de uma menor complexidade mas com uma maior amplitude de variação dos valores. Este facto, a diminuição média global de complexidade, só se poderá dever às características de menor secura de 1995, que teriam assim implicado uma simplificação das formas;

- A média do índice médio de forma ponderado pela área diminui de uma forma regular e semelhante em ambos os períodos, em 1985 era de 10.375, em 1995 desce para 7.252 e em 2001 atinge 5.310. A variabilidade do índice por classes diminui também muito, passando de 2.5 vezes o valor médio para ligeiramente menos que o valor médio, o que pressupõe que a complexidade das formas é cada vez mais homogénea entre todas as classes. A diminuição do índice implica que as formas maiores são menos complexas e as mais reduzidas mais complexas, pois só assim se justifica uma tendência inversa ao índice não ponderado, que despreza a dimensão das manchas;
- A média da dimensão fractal bi-logarítmica aumenta em ambos os períodos, embora entre 1985 e 1995 o aumento seja ligeiramente superior, o que indica que a fragmentação e contracção nesse período gerou maior complexidade que a fragmentação predominante entre 1995 e 2001. A variabilidade dos valores para as classes começa por aumentar, maior amplitude de complexidade no ano de 1995, para depois diminuir. A dimensão fractal média também segue a mesma evolução. Globalmente as manchas das classes tornam-se de maior dimensão fractal, mais complexas e irregulares;
- A dimensão fractal das manchas ponderada pela área aumenta sobretudo entre 1995 e 2001, evolui de 1.159 em 1985 para 1.166 em 1995 e 1.176 em 2001. A variabilidade dos valores das classes diminui, há portanto formas cada vez mais complexas e todas as classes apresentam manchas com um grau de complexidade cada vez mais homogéneo;
- A média da distância média ao vizinho mais próximo começa por ter um enorme aumento entre 1985 e 1995, passa de 142.229 m para 439.774 m (embora este aumento seja “deturpado” pelo aumento gigantesco da classe ripícola), o ano é mais seco e a fragmentação parece não se fazer de uma forma espacialmente homogénea, irradiando e desenvolvendo-se a partir das principais áreas agrícolas já existentes. Entre 1995 e 2001 a distância desce, de 439.774 m para 122.087 m, valor inferior ao inicial, o que implica uma malha do mosaico mais regular, mais apertada;
- A média do coeficiente de variação da distância ao vizinho mais próximo diminui, implicando que a malha mais apertada se torna também mais regular e homogénea. A diminuição no primeiro período é bastante inferior à do segundo, 1985 tem um coeficiente médio de 141.582 %, 1995 tem 139.601 % e 2001 o valor proporcionalmente mais baixo de 119.951 %. A menor importância da diminuição no primeiro período realça o carácter

mais agregado espacialmente da primeira fase de fragmentação, em que predomina a contracção das manchas. A variabilidade do coeficiente para as classes começa por aumentar, mais um facto que reforça a agregação e aglomeração no primeiro período, diminuindo muito entre 1995 e 2001, o que também consiste numa maior regularidade da malha mais apertada e grão mais pequeno;

- A média do índice de inter-dispersão e justaposição diminui entre 1985 e 1995, desce de 54.051 para 51.955, o ano é mais seco, as classes mais ligadas à actividade agrícola vêm a sua vizinhança e riqueza de adjacências diminuir globalmente. Entre 1995 e 2001 a média do índice aumenta significativamente, de 51.955 para 66.483, valor superior ao inicial. Aumentando a heterogeneidade e riqueza de adjacências, bem como o equilíbrio da distribuição por todas as classes.

Em resumo, a Paisagem torna-se mais fragmentada, com um grão menor, com manchas cada vez de dimensões mais regulares, mais próximas, mais regularmente distribuídas, adjacentes a cada vez mais classes e de uma forma cada vez mais proporcional: pode-se dizer que a heterogeneidade crescente da Paisagem tem um padrão cada vez mais homogéneo, mais regular e mais fino. Aparentemente, porque 1995 constitui um ano seco e a evolução da Paisagem é mais dinâmica em redor e a partir das áreas agrícolas já existentes, começa por haver um padrão mais agregado de transformação da Paisagem, para depois a transformação se difundir mais espacialmente e de uma forma mais regular. O primeiro período é sobretudo de contracção das manchas, em maior proporção que fragmentação; o segundo período é sobretudo de fragmentação, em maior proporção que a contracção.

Em termos de síntese, para cada classe, as principais características e evolução são as seguintes:

Água

- O número de manchas aumenta globalmente, embora em 1995 diminua em virtude da secura. A dimensão média das manchas aumenta nos dois períodos, bem como o peso da maior mancha da classe na Paisagem;
- A variabilidade absoluta da dimensão das manchas de água aumenta, bem como a variabilidade relativa, há mais manchas mas com maior amplitude de dimensões, certamente devido à proliferação de charcas;
- A densidade de margens aumenta, há mais água nas linhas de água (sobretudo em 2001, ano húmido), a complexidade das manchas diminui (formas mais regulares dos planos de água artificiais) mas, se ponderada pela área, aumenta, as manchas maiores são proporcionalmente mais complexas;

- A distância média entre manchas de água aumenta, torna-se mais regular, o que pressupõe uma distribuição mais equilibrada de planos de água no Concelho. Distância média mais elevada em 2001. As manchas de água aumentam grandemente a adjacência a um número crescente de classes, com uma proporção mais equilibrada entre classes;
- A classe combina manchas de recurso ambiental, os planos de água, bem como as linhas de água que funcionam como corredores.

Ardido

- O número de manchas diminui muito, depois aumenta, mas para um valor inferior ao inicial: há globalmente menos áreas ardidas, com um mínimo no ano mais seco. A dimensão das áreas ardidas diminui, aumentando depois, mas para um valor inferior ao inicial. A maior mancha de área ardida torna-se mais significativa em termos de proporção da Paisagem, houve incêndios maiores. A variabilidade da dimensão aumenta;
- A densidade das margens diminui, as áreas ardidas são, aparentemente, mais regulares, portanto talvez eminentemente ligadas à prática de alqueive preto em parcelas agrícolas ou incêndios florestais (caso do incêndio no Perímetro Florestal de Mértola). Prova desta maior regularidade é também a diminuição do índice de forma e dimensão fractal, as manchas são menos complexas;
- A distância ao vizinho mais próximo aumenta e depois diminui. A distribuição torna-se mais irregular mas adjacente a um número crescente de classes;
- Manchas típicas de perturbação que podem favorecer a regeneração de espécies mais resistentes ao fogo, dando origem a uma regeneração na maior parte das vezes simplificada.

Cereais

- Número de manchas diminui até 1995, ano seco, depois aumenta mas para um valor inferior ao de partida, há portanto menos parcelas com cereais. A dimensão média das manchas aumenta em ambos os períodos, mais no primeiro, embora a proporção da maior mancha na Paisagem diminua. A variabilidade da dimensão diminui, há portanto menos searas, maiores e de dimensões mais semelhantes;
- A complexidade das manchas aumenta, os anos de 1995 e 2001, seco e húmido respectivamente, podem ter consequência em termos da regularidade e continuidade das

manchas. No entanto, a complexidade das manchas tem o valor mínimo de todas as classes nas três datas, como seria de esperar;

- A distância média ao vizinho mais próximo aumenta, portanto há uma maior distribuição espacial das parcelas com cereal. Visto que a variabilidade desta distância também aumenta, há agregação e aglomeração espacial de manchas de cereal. A adjacência a outras classes diminui e torna-se menos equilibrada, tudo indica que os cereais ocorram sobretudo junto de pousios (coberto herbáceo contínuo ou descontínuo) e não um pouco por todo o lado, os valores são mínimos no contexto das outras classes;
- Manchas plantadas introduzidas, erodibilidade máxima – degradação potencial máxima, a sua diminuição é positiva em termos globais, o aumento da dimensão média pode originar mais escoamento por unidade de superfície, o que aumenta a erosividade da escorrência superficial.

Coberto Herbáceo Contínuo

- O número de manchas aumenta, a sua dimensão aumenta, o índice da maior mancha também, tornando-se no coberto que ocupa maior superfície em 2001, que tem a maior mancha e de longe a maior variabilidade na dimensão das manchas. Na prática, herbáceo contínuo passa a ser a matriz, a sua densidade de margens aumenta, tornando-se a classe com maior densidade em 2001;
- A irregularidade aumenta e torna-se máxima (índice de forma, índice de forma ponderado), a complexidade também aumenta (dimensão média fractal ponderada máxima em 2001);
- Vizinho mais próximo diminui e torna-se o valor mais baixo em 2001, a variabilidade da distância também diminui e torna-se o valor menor em 2001. O índice de inter-dispersão e justaposição diminui muito ligeiramente, embora seja elevado;
- O coberto herbáceo contínuo, que ocorre naturalmente (estepe Mediterrânea) é neste contexto, sobretudo, uma “pseudo estepe de gramíneas, associação herbácea de degradação”. Resulta da arroteia, simplificação do ecossistema, para efeitos de pousio puro, pastagem ou simplesmente resulta do abandono da agricultura. A sua dimensão e proporção são tais que se tornou a matriz, é a classe com mais área, com a maior mancha, com maior proximidade e com uma enorme regularidade de distribuição. Em termos de degradação ambiental, como já foi discutido, apresenta vantagens, mas não deixa de ser uma simplificação, embora também possa ser um primeiro passo na regeneração, criando melhores condições para o desenvolvimento posterior de um estrato arbustivo. A sua importância final, em 2001, é facilitada pelas boas condições climáticas para o

desenvolvimento do coberto herbáceo, mas embora possa estar ligeiramente sobrestimada, a sua importância e peso são um facto. No caso de um ano mais seco haveria, quando muito, maior proporção de coberto herbáceo descontínuo, mas que poderia também indicar sobrepastoreio ou estados terminais de degradação.

Coberto Herbáceo Descontínuo

- Grande aumento no número de manchas (valor máximo em 2001), manchas pequenas e a diminuir de tamanho, maior mancha com mais peso na Paisagem, ligeiro aumento da variabilidade da dimensão;
- Aumento de margens muito grande, terceiro maior valor em 2001, terceira classe em termos de área, aumento da complexidade ou manutenção, dependendo dos índices;
- Diminuição elevada da distância ao vizinho mais próximo (segundo valor mais baixo em 2001), maior regularidade de distribuição em 2001, aumento do índice de inter-dispersão e justaposição;
- Esta classe pode ser considerada, até certo ponto, como mancha de perturbação. Tem grande peso em termos de área, é a segunda classe mais distribuída espacialmente e a melhor distribuída, apresenta cada vez mais manchas mas mais pequenas. No entanto, esta classe inclui duas situações distintas: por um lado os terrenos lavrados, que deveriam ser eminentemente regulares, com dimensão crescente, formas muito simples e distribuição crescentemente irregular; por outro lado os pousios com pouca densidade propriamente ditos, seja porque não há condições para o coberto herbáceo se desenvolver (áreas degradadas) ou porque está a ter demasiada pressão do pastoreio (o que também constitui uma degradação). Embora em menor grau, existiram também certamente áreas muito degradadas, independentemente da origem (sobrepastoreio, excesso de lavouras durante demasiado tempo, etc.), que estão incluídas nesta classe. Ela acaba por constituir um sub-grupo perturbado (consequência passada ou presente), do grande grupo herbáceo, que ocupa 48.33 % da área total do Concelho. O facto de o coberto herbáceo descontínuo estar a aumentar de proporção, embora com manchas cada vez mais pequenas, e de constituir a classe mais regularmente distribuída, com um grão muito pequeno, torna-o um dos elementos mais contínuos e mais conectados da Paisagem, o que diz muito do grau de degradação passado e, eventualmente presente, dado o peso da ovinicultura na economia local.

Componente Mineral

- O número de manchas aumenta muito até 1995, ano seco, diminuindo depois, mas atingindo um valor cerca de três vezes superior ao inicial. A dimensão média das manchas diminui bastante, tal como o índice da maior mancha e a variabilidade absoluta da dimensão (a variabilidade relativa da dimensão aumenta);
- A densidade de margens aumenta, a complexidade também, embora a dimensão fractal seja a mais baixa a seguir à classe cereais;
- A distância ao vizinho mais próximo diminui mas é elevada, a distribuição espacial aumenta de irregularidade e o índice de inter-dispersão e justaposição diminui;
- O solo a nu (parte da classe componente mineral) constitui um tipo de mancha de perturbação, embora nesta classe existam duas a três situações distintas: há os terrenos lavrados, que devem ter bastante peso na classe pois todos os indicadores de regularidade e complexidade da forma são baixos e a irregularidade da distribuição grande, indicando maioritariamente situações de aglomeração e concentração nalguns locais; existem também situações limite de degradação e sobrepastoreio, em que o sinal do solo é tão forte que se torna equiparável ao de um terreno lavrado; por último existem as áreas urbanas e a grande porção de rocha a nu na Mina de São Domingos, este terceiro tipo é estável e quase imutável ao longo das três datas. O facto de existir uma grande porção de componente mineral em 1995, embora a área de cereais seja baixa, indica que poderá de facto ter ocorrido um grande aumento efectivo das áreas de solo a nu, sem intervenção humana directa. Um outro aspecto, também importante, é que o método predominante de plantação de árvores (durante o primeiro período), que consistia numa ripagem agressiva e extensa deixando o solo absolutamente a nu, foi quase completamente substituído pela abertura localizada de valas ao longo das vertentes, o que também poderia explicar o aumento até 1995 e a diminuição que se seguiu. No entanto, visto que o grau, diversidade e equilíbrio da adjacência diminui, parece haver uma maior proximidade das áreas agrícolas. Já a diminuição da distância média parece indicar uma distribuição mais generalizada, apesar de a área total ser menos significativa a nível do Concelho.

Esteval

- Número de manchas diminui, a sua dimensão aumenta bastante, há expansão e consolidação das manchas, a maior mancha torna-se cada vez mais representativa em termos do total da Paisagem (segundo valor mais elevado em 2001 e único “natural”). Variabilidade da dimensão das manchas aumenta muito, há portanto menos manchas, maiores globalmente, mas de uma maior gama de dimensões;

- A densidade das margens também aumenta, tal como a complexidade e a irregularidade das formas;
- Vizinho mais próximo cada vez mais próximo, mas com maior irregularidade de distribuição, pois as localizações são específicas, sobretudo áreas marginais de declive elevado, abandonadas ou mais distantes de áreas agrícolas consolidadas. A adjacência faz-se com um número crescente de classes, de uma forma proporcionalmente mais equilibrada;
- Misto de manchas remanescentes e de regeneração, pois a actividade humana parece ter grande influência na selecção e expansão mono-típica das várias espécies de *Cistus*. O aumento da dimensão das manchas e diminuição do seu número é um bom sinal, há mais habitat interior, menos perturbação e estas manchas podem lentamente evoluir para um coberto mais rico, denso e diversificado, como o mato.

Eucaliptos

- Número de manchas diminui e a sua dimensão aumenta, bem como o peso da maior mancha na Paisagem, este facto só se pode dever à consolidação e crescimento das plantações. A variabilidade da dimensão aumenta;
- A densidade das margens diminui muito, segundo valor mais baixo em 2001, o que é um bom indicador da forma compacta, cerrada e regular dos povoamentos. A complexidade mantém-se mais ou menos regular, são manchas restritas com pouca possibilidade de expansão;
- A distância ao vizinho mais próximo aumenta, a variabilidade também, o que pressupõe uma distribuição espacial menos regular. O índice de inter-dispersão e justaposição aumenta;
- Manchas introduzidas, exóticas, a proporção de área em termos do Concelho praticamente não aumenta, as plantações vão-se consolidando, os alinhamento de beira de estrada vão crescendo. A contínua diminuição das margens indica que são manchas cada vez mais restringidas dentro de limites maioritariamente regulares.

Mato

- Número de manchas aumenta e diminui muito de dimensão, passa de uso dominante, com a maior mancha a ocupar 47.407 % da Paisagem, para a segunda classe em termos de

área e de número total de manchas. A variabilidade da dimensão diminui significativamente, mas a densidade de margens aumenta;

- A complexidade das formas aumenta, dimensão fractal máxima em 2001, embora as manchas sejam cada vez mais pequenas deverá estar a registar-se regeneração, que correlaciona bem com formas mais complexas;
- Distância média ao vizinho mais próximo crescente e mais regular, os “retalhos” distribuem-se cada vez mais homogeneamente e têm adjacência com um número decrescente de classes, de uma forma cada vez menos equilibrada;
- Manchas remanescentes, com alguma degradação e perturbação, a classe deixou de constituir a matriz para passar a ser um conjunto fragmentado de manchas, embora com uma grande proporção total em termos de área do Concelho.

Mato Denso

- Número de manchas aumenta e a sua dimensão diminui, bem como o índice da maior mancha. As dimensões tornam-se sucessivamente mais regulares, são retalhos circunscritos mas com uma densidade crescente de margens, o que indica uma crescente interacção com a envolvente;
- Complexidade e irregularidades grandes e crescentes, mais um sinal de regeneração na fronteira e aumento de interacção;
- Distância ao vizinho mais próximo diminui, o que é positivo em termos da conectividade destas manchas tão ricas em termos de fauna e flora. A regularidade da distribuição espacial aumenta, registando uma crescente riqueza de adjacência com as outras classes;
- Manchas de recurso ambiental, áreas menos perturbadas, a partir das quais, tudo indica, se pode propagar a regeneração, embora a menor dimensão e maior fragmentação reduza a proporção de habitat interior. Nalguns casos podem ser antigas manchas de regeneração que atingiram já um estado próximo do inicial, mais próximo do climax.

Montado

- Mais manchas mas de menor dimensão, diminuição do peso da maior mancha. Dimensões cada vez mais regulares, maior densidade de margens;

- Aumento da complexidade das manchas, distância menor ao vizinho mais próximo e maior regularidade da distribuição espacial. Aumento do índice de inter-dispersão e justaposição;
- Manchas introduzidas (embora também resultantes de selecção humana), funcionam no contexto da Paisagem como recurso ambiental, ao constituírem o coberto humanizado mais equilibrado e rico. O facto de a classificação das imagens ter funcionado sobretudo para áreas de montado em pousio pode influenciar no aumento registado, em termos de porção total no Concelho. A maior complexidade e densidade das margens são eventuais indicadores de abandono – regeneração, o que se por um lado é bom (ambientalmente), por outro é mau. Esta Paisagem é de facto e de raiz fortemente humanizada, o abandono do coberto mais rico levanta também problemas de índole sócio-económica.

Pinhal

- Muito mais manchas, de dimensões cada vez maiores, variabilidade de dimensão crescente e grande aumento de margens;
- Complexidade e irregularidade em forte crescimento segundo todos os índices;
- Vizinho mais próximo diminui fortemente, embora a distribuição aumente um pouco de irregularidade. Grau de adjacência às outras classes e equilíbrio na distribuição dessa adjacência também em forte crescimento;
- Mancha introduzida, em forte crescimento devido à autêntica explosão de povoamentos florestais subsidiados. O crescimento torna algumas áreas dos povoamentos classificáveis, a sua dimensão e número cresce, mas a sua distribuição não é regular no Concelho, tanto ocorrem em antigos terrenos agrícolas ou de pousio como em áreas de mato ou mato denso que foram arroteadas. A complexidade e irregularidade são apanágio de um processo natural, embora com o tempo se devam tornar manchas restritas a limites de propriedade, compactas, densas e contínuas. Até agora o crescimento tem sido inacreditavelmente lento, salvo raras e honrosas excepções, a muito longo prazo, a manter-se a tendência, será um dos principais usos do solo do Concelho.

Ripícola

- Inicialmente uma diminuição do número de manchas (para um mínimo absoluto de 14), pois 1995 é um ano seco, depois um aumento gigantesco, pois 2001 é um ano húmido e há muito mais charcas e albufeiras. Globalmente a dimensão média diminui, mas a proporção da maior mancha aumenta, tal como a variabilidade da dimensão, embora não muito. A densidade das margens aumenta, também, muito para a totalidade do período;

- A complexidade das formas aumenta em praticamente todos os índices;
- O vizinho mais próximo começou por aumentar muitíssimo, para depois diminuir para um valor bastante mais baixo que o inicial, a variabilidade da distância também diminuiu. O índice de inter-dispersão e justaposição aumenta muito, tornando-se o segundo valor mais elevado em 2001;
- A classe da vegetação ripícola constitui, basicamente, um conjunto de corredores ao longo das principais linhas de água, bem como algumas manchas lineares na margem de albufeiras e planos de água. A variação da sua estrutura é absoluta e totalmente comandada pelo regime das linhas de água e disponibilidade de água para armazenamento, por essa razão há uma diminuição drástica no número de manchas em 1995, seguido de um aumento gigantesco. Este aumento é reforçado, também, pelo facto de existirem muito mais planos de água na margem dos quais se podem constituir pequenas manchas de vegetação ripícola. O seu carácter eminentemente linear dá-lhe grande adjacência às classes vizinhas, apresentando internamente grande conectividade e constituindo de certa forma um tipo de mancha de recurso ambiental, além de funcionar como tampão para retenção de sedimentos, o que auto-amplifica a sua importância, dimensão e diversidade.

Os grandes vectores da evolução da composição e configuração da Paisagem são:

- O coberto herbáceo torna-se dominante, em área, conectividade e proximidade, passa a ser a matriz, este facto indica abandono da cultura de cereais e grande aumento da importância da pastorícia (embora muitas áreas de coberto herbáceo sejam já plantações de árvores, sobretudo pinheiros, poucos sobreiros e azinheiras, que não são ainda classificáveis nas imagens de satélite). Ambientalmente pode ser considerado positivo;
- As classes mais “naturais”, mato denso e mato, estão mais fragmentadas e espacialmente circunscritas, mas dado o aumento da complexidade das formas e densidade das margens parecem estar em recuperação e promovendo regeneração a partir das suas margens. A fragmentação e diminuição de área é negativa, a provável recuperação muito positiva;
- Os tipos de manchas que se estão a tornar maiores, em maior número e com manchas maiores, são o esteval e o coberto herbáceo contínuo. O coberto herbáceo descontínuo aumenta de área, existem mais manchas mas de menores dimensões. Há crescente pressão antrópica indirecta (gado), a continuidade e extensão do esteval pode vir a resultar numa recuperação do mato, o que seria positivo;
- A Paisagem é mais heterogénea, mais fragmentada, mais complexa e apresenta um padrão de micro-heterogeneidade crescentemente homogéneo (a ordem dentro do caos).

Como nota final, acerca da aplicação dos índices da Ecologia da Paisagem, pode-se afirmar que esta é importante e constitui uma clara vantagem, permitindo um novo olhar, muito mais detalhado espacial e estruturalmente, sobre o mosaico da Paisagem. A quantificação da estrutura da Paisagem permite uma análise da sua composição e configuração, objectiva e estatística, abrindo a possibilidade de um novo tipo de análise.

É extremamente difícil apontar um conjunto restrito de índices como essenciais, pois como se pôde verificar, embora alguns pareçam redundantes, permitem avaliar diferenças subtis e aparentemente mínimas que, não obstante, possuem um elevado valor interpretativo. Os valores dos índices, por si, são sobretudo relevantes e constituem uma importante ferramenta de análise para efeitos de comparação, entre áreas distintas ou em termos de evolução de uma mesma área, tanto quando se analisa a Paisagem como um todo como quando a análise é feita para cada classe de coberto – uso: “... o valor de uma medida da Paisagem tem pouco valor interpretativo: ao invés ele deve ser usado como um valor comparativo” (BLASCHKE, T.; PETCH, J. (1999, p. 83)).

Assim, a utilização de um conjunto alargado de índices, espacialmente explícitos ou não, é claramente a abordagem a seguir, pois como referem FJELLSTAD, W.J.; DRAMSTAD, W.E.; FRY, G.L.A (1998, p. 67), “...quando vários índices são utilizados em conjunto podem revelar muito melhor informação sobre uma Paisagem”. No entanto, há um conjunto de cuidados e regras que devem ser adoptados quando da aplicação de índices, sob pena de se poderem comprometer os resultados e a interpretação consequente:

- Como referido no Ponto 5.1 do Capítulo V, análise crítica da quantificação da Paisagem, os modelos raster de dados parecem ser mais indicados do que os vectoriais, pois existe menor generalização e a que existe é regular e homogénea;
- A aplicação de filtros à classificação, antes da aplicação dos índices, modifica de facto a composição e configuração da imagem da Paisagem, como tal não devem ser efectuadas filtrações;
- A comparação entre áreas distintas só deve ser feita com um grão e escala de análise igual, pois as modificações de composição e configuração da Paisagem são inerentes à mudança de escala e grão;
- Os índices relativizados (em função da média ou desvio padrão) são melhores para comparar áreas de diferentes dimensões, mas esse facto não retira nenhuma importância aos não relativizados, pois são complementares e indicadores de aspectos distintos, tal como os índices ponderados pela área das manchas;

- Embora os resultados de alguns índices possam parecer contraditórios, limitam-se a quantificar aspectos diferentes, cuja interpretação deve ser cuidada e aprofundada, o que reforça a importância de se aplicar os índices em conjunto, passando depois à análise dos resultados e interpretação. Sem se compreenderem uma série de conceitos da Ecologia da Paisagem, que possibilitam e são subjacentes a este tipo de análise, bem como o significado exacto de cada índice, é extremamente fácil produzir interpretações erróneas;
- Por último, mas de importância capital, a aplicação e interpretação dos resultados dos índices depende em absoluto da qualidade e rigor da “Paisagem” que é processada. Assim, embora os objectivos possam variar, o espírito crítico com que se sujeita uma classificação pré-existente do coberto vegetal – uso do solo à aplicação dos índices, deve ser particularmente cuidado. A produção de um documento desse tipo segundo os objectivos do produtor, que devem ser absolutamente tidos em conta no momento da análise e interpretação dos resultados, delimita os resultados, pois estes estão condicionados pelas características do próprio documento (escala, legenda, dimensões espaciais, etc.).

Nota Final

Sendo esta dissertação claramente de índole metodológica, a nota final prende-se quase exclusivamente com os procedimentos relativos à aplicação dos métodos e técnicas abordados, uma vez que as ilações e análise crítica foram efectuadas a par e passo com a apresentação metodológica e validação dos resultados obtidos.

Em termos de Teledetecção, embora os objectivos prévios tenham sido cumpridos e se tenham obtido respostas, sob a forma de resultados e justificação da escolha de métodos e técnicas, afloraram também muitas questões, novas áreas de interesse e novos aspectos que podem melhorar a qualidade final do tratamento digital de imagem de satélite. Estas questões acabam por constituir novos pólos de pesquisa e interesse, delineando em termos de investigação os trajectos e interesses futuros, que sinteticamente são:

- Explorar em maior detalhe, aprofundar e tentar demonstrar, com dados experimentais de terreno, a eventual relação muito significativa entre o desvio padrão do NDVI de uma imagem e o grau de desenvolvimento e “sanidade” da vegetação no seu todo. Em função dos resultados obtidos esta relação parece ser muito significativa, correlacionando também com a precipitação acumulada nas duas semanas anteriores à obtenção das imagens. Para demonstrar inequivocamente estas afirmações e resultados preliminares é necessário “partir” para o domínio experimental;
- Aprofundar o uso dos parâmetros de dimensão fractal, das fronteiras entre objectos, como forma de permitir uma melhor e mais expedita identificação de objectos e fronteiras complexas nas imagens;
- Visto que as imagens de satélite parecem ser um “fuzzy set”, fundamentalmente em virtude do tipo de ecossistema, da sua composição, dinâmica e grau de humanização complexo da Paisagem, talvez o recurso a algoritmos de classificação “fuzzy” possa permitir uma melhor adequação da classificação final aos vários graus de confusão;
- Aprofundar a comparação entre classificações supervisionadas e não supervisionadas, por forma a tentar melhorar as possibilidades da utilização de algoritmos como o ISODATA (algoritmo de classificação não supervisionado) para áreas onde, por várias razões, não é possível possuir conhecimento de campo suficiente ou adequado, em profundidade e nas datas de obtenção das imagens;
- Explorar as possibilidades do “Spectral Unmixing”, fazendo leituras no terreno com um espectro-radiómetro, para tentar determinar as fracções puras à escala sub-pixel. Só assim se podem criar e consolidar indicadores baseados em imagens de satélite para efeitos de estudos de degradação ambiental, taxa de cobertura do solo, características do solo, etc. O interesse destes dados é extremo, pois poderia permitir a extrapolação espacial dos dados

experimentais de erosão de solo, de características do solo, de estado da vegetação, etc. Somente com dados experimentais de terreno se pode calibrar os dados do sensor e tentar encontrar relações causa efeito entre sinal radiométrico e fenómenos naturais dinâmicos;

- Explorar a utilização da banda pancromática do sensor ETM +, pois permite uma maior resolução espacial, “expandida”, a partir dos dados multi-espectrais, além de constituir por si um interessantíssimo objecto de investigação para efeitos de análise da textura.

Alguns destes desafios e domínios podem, claramente, concorrer para um melhoramento da qualidade do tratamento das imagens de satélite, diversificação dos resultados e constituem em si e por si áreas específicas de investigação. Este facto acaba por ser o maior problema, pois passa-se para outro domínio no âmbito da problemática da Teledetecção e, seguramente, para um pouco mais longe da Geografia, no entanto deve valer a pena correr o “risco”. Estas novas perspectivas foram levantadas e afloradas com e durante o processo de tratamento digital das imagens e sua classificação, mas estão fora do trajecto metodológico e epistemológico escolhido, como tal não foram mais aprofundadas, constituem sim áreas assumidas de interesse pessoal para investigação futura.

O que o futuro reserva à Teledetecção a curto – médio prazo é promissor: mais e melhores sensores, em termos de resolução espacial, radiométrica, espectral e temporal além de menores custos. Os desafios serão enormes e as abordagens terão, obrigatoriamente, que ser ajustadas quantitativa e qualitativamente. Também as possibilidades crescentes de hardware, em termos de desempenho, capacidade de processamento e armazenamento, bem como desenvolvimento e integração do software, abrem perspectivas aliciantes e potencialmente novas abordagens, sobretudo no sentido de uma cada vez maior integração entre Teledetecção e Sistemas de Informação Geográfica.

Convém lembrar que, geralmente, quanto maior é o fascínio maior é a “confusão” entre meios e fins. Em função do interesse de investigação pessoal, jamais se deveria deixar de utilizar a Teledetecção para fins de investigação puramente geográfica, tornando os meios num fim em si. No entanto, verdade seja dita que se não existirem geógrafos a desenvolver metodologias e abordagens específicas no campo da Teledetecção pura, será uma perda para a Geografia e para a Teledetecção como um todo: aplicações, estudos, métodos e técnicas. É portanto um caminho a seguir por alguns, especializando-se numa componente da Teledetecção mais pura e “física”, desenvolvendo e criando enquanto geógrafos massa crítica para essa Teledetecção. O nosso interesse, contudo, vai mais no sentido da criação de massa crítica no âmbito da Geografia, enquanto utilizadores da Teledetecção, mas é necessário saber – saber Teledetecção e saber – fazer Teledetecção.

A escolha e aplicação desta abordagem de análise da Paisagem, que permite descer à escala das manchas, apresenta-se extremamente aliciante como caminho a seguir, sobretudo para comparação de áreas distintas, pois os valores assumem diferenças potencialmente mais expressivas. Assim, no

seguimento do teste e validação efectuados neste trabalho, existem trajectos distintos de investigação a seguir decididamente:

- Na sequência de melhoramentos nas classificações, como referido no final do Capítulo IV, expandir este tipo de análise aos Concelhos vizinhos de Mértola, nomeadamente Almodovar, Castro Verde e Serpa;
- Aplicar os índices às cartas de uso do solo publicadas, depois de devidamente digitalizadas: a carta de Perry (1888-1897) e a carta agrícola e florestal do SROA, de 1950-60, tentando compatibilizar as legendas e prolongando a análise até à classificação de 2001. Desta forma seriam três “observações”, espaçadas cerca de 50 anos e abrangendo um pouco mais de um Século;
- Testar e validar o uso dos índices para classificações efectuadas por foto-interpretação de fotografia aérea, a maior escala, que poderão permitir compreender e avaliar a dinâmica de comunidades vegetais específicas;
- Aplicar os índices à classificação Corine Land Cover de todo o País, efectuando a análise por distrito. Visto que se procede actualmente a uma actualização do Corine esta análise poderá ser também evolutiva, além de o acesso às classificações estar facilitado, pois estão disponíveis gratuitamente na Internet em formato vector.

Novos campos e novas experiências se abrem aos geógrafos ao conciliarem os métodos da Geografia com o que de melhor se pode extrair da tecnologia actual. Esta dissertação pretendeu demonstrar este facto. Fica a certeza de existir ainda um imenso caminho a percorrer, mas permanece igualmente a ideia de que se contribuiu para uma nova forma de analisar a Paisagem.

The important thing is not to stop questioning. Curiosity has its own reason for existing. One cannot help but be in awe when he contemplates the mysteries of eternity, of life, of the marvellous structure of reality. It is enough if one tries merely to comprehend a little of this mystery every day. Never lose a holy curiosity.

Albert Einstein

Repertório Temático de Sites na World Wide Web

1. Teledetecção

Sociedades

American Geophysical Union – Earth, Oceans, Atmosphere, Space, Planets - <http://www.agu.org/>

ASPRS – The Imaging & Geospatial Information Society - <http://www.asprs.org/>

Canadian Remote Sensing Society - <http://www.casi.ca/remote.htm>

European Association of Remote Sensing Laboratories - <http://www.earsel.org/>

European Optical Society - <http://www.europeanopticalsociety.org/>

Finnish Society of Photogrammetry and Remote Sensing - <http://foto.hut.fi/seura/fsprs.html>

Geoscience and Remote Sensing Society - <http://ewh.ieee.org/soc/grss/>

International Commission on Remote Sensing - <http://hydrolab.arsusda.gov/~jritchie/>

Remote Sensing Society - <http://www.the-rss.org/>

Remote Sensing Specialty Group - <http://www.earthsensing.com/rssg/>

Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection - <http://www.ign.fr/sfpt/>

Organismos

Agência Espacial Italiana - <http://www.asi.it/>

Astrium (Empresa) - <http://www.astrium-space.com/>

Australian Centre for Remote Sensing – Austrália - <http://www.auslig.gov.au/acres/index.htm>

Bélgica – Instituto Aeronomia Espacial - <http://www.oma.be/BIRA-IASB/>

British National Space Centre - <http://www.bnsc.gov.uk/>

California Space Institute - <http://calspace.ucsd.edu/>

Canada Centre for Remote Sensing – Canada - <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/>

Centre for International Earth Science Information Network - <http://www.ciesin.org/>

Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing – Singapura - <http://www.crisp.nus.edu.sg/>

Centre for Spatial Technologies and Remote Sensing - <http://www.cstars.ucdavis.edu/>

CNES – Centre National d'Etudes Spatiales - França - <http://www.cnes.fr/>

Cooperative Institute for Research in the Atmosphere - <http://www.cira.colostate.edu/>

Defence Advanced Research Projects Agency - <http://www.arpa.mil/>

Earth Resources Observation Systems – Data Centre - <http://edcwww.cr.usgs.gov/>

Environmental Protection Agency - <http://www.epa.gov/>

ESA – Agência Espacial Europeia - <http://www.esa.int/export/esaCP/index.html>

EURIMAGE - <http://www.eurimage.com/>

European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites - <http://www.eumetsat.de/en/>

GEOIMAGE - <http://www.geoimage.fr/>

GTDA – Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale - <http://www.gdta.fr/>

Indian Space Research Organisation – Índia - <http://www.isro.org/>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Brasil - <http://www.inpe.br/>

ITC – International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation - <http://www.itc.nl/>
Joint Research Centre – EU - <http://www.jrc.it/>
NASA – EOS - <http://eospso.gsfc.nasa.gov/>
NASA – Goddard Space Flight Centre - <http://www.gsfc.nasa.gov/>
NASA – Jet Propulsion Laboratory - <http://southport.jpl.nasa.gov/>
NASA – Programa Landsat - <http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/landsat.html>
NASA – Terra - <http://terra.nasa.gov/>
NASA (National Aeronautics and Space Administration) - <http://www.nasa.gov/>
NASDA – Japão - http://www.nasda.go.jp/index_e.html
National Aerospace Laboratory – Remote Sensing Department - Holanda - <http://remotesensing.nlr.nl/>
National Imagery and Mapping Agency – <http://www.nima.mil/>
National Operational Hydrologic Remote Sensing Centre - <http://www.nohrsc.nws.gov/>
National Reconnaissance Office - <http://www.nro.odci.gov/>
Naval Research Laboratory - <http://rsd-www.nrl.navy.mil/>
NOAA – Environmental Services Data and Information Management – <http://www.eis.noaa.gov/>
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration - <http://www.noaa.gov/>
Polónia – Laboratório de Teledetecção - <http://www.iopan.gda.pl/prabasat.html>
Remote Sensing Laboratory – Índia - <http://home.iitk.ac.in/~ramesh/>
Rússia – Centro de Teledetecção - http://ckm.iszf.irk.ru/index_e.htm
Satellite Applications Centre – África do Sul - <http://www.sac.co.za/>
Space Science & Applications – Earth Observation Institute - <http://www.eoc.csiro.au/>
Swedish Space Corporation - <http://www.ssc.se/>
USGS - United States Geological Survey - <http://www.usgs.gov/>

Plataformas

AVHRR - Advanced Very High Resolution Radiometer -
<http://edcwww.cr.usgs.gov/glis/hyper/guide/avhrr>
IKONOS – SIEURASIA - <http://www.sieurasia.com/>
IRS - <http://202.54.32.164/>
LANDSAT - <http://landsat.org/>
LANDSAT 7 - <http://landsat7.usgs.gov/>
LANDSAT Data Continuity Mission - <http://ldcm.usgs.gov/>
MSS – Multi Spectral Scanner - <http://edcwww.cr.usgs.gov/products/satellite/mss.html>
QuickBird - <http://www.digitalglobe.com/?goto=gallery>
RADARSAT - <http://www.rsi.ca/>
SPOT – Satellite Pour l’Observation de la Terre - <http://www.spotimage.fr/>
SPOT 4 - <http://spot4.cnes.fr/>
SPOT 5 - <http://www.spotimage.fr/home/news/spot5/page2.htm>

Software

ENVI - <http://www.rsinc.com/envi/index.cfm>

ERDAS - <http://www.erdas.com/home.asp>

ER Mapper - <http://www.ermapper.com/>

ESRI - <http://www.esri.com/>

GRASS - <http://www.cecer.army.mil/grass/>

IDRISI - <http://www.idrisi.clarku.edu/>

ILWIS - <http://www.itc.nl/ilwis/>

INTERGRAPH - <http://www.intergraph.com/>

PCI - <http://www.pci.on.ca/>

Imagens

CIESIN – Consortium for International Earth Science Information Network –

<http://sedac.ciesin.org/cgi-bin/charlotte?protocol=gw>

Digital Globe - <http://www.digitalglobe.com/>

Dundy Receiving Station - <http://www.sat.dundee.ac.uk/>

Earth from Space - <http://earth.jsc.nasa.gov/>

Earth Observatory – NASA - <http://earthobservatory.nasa.gov/>

Earth Rise - <http://earthrise.earthkam.ucsd.edu/earthrise/>

Earth Viewer - <http://www.fourmilab.ch/earthview/vplanet.html>

ER Mapper - <http://www.earthetc.com/>

GeoDATA – Information Sources - http://www.cgrer.uiowa.edu/servers/servers_geodata.html

Godard DAAC (Distributed Active Archive Centre) - <http://xtreme.gsfc.nasa.gov/>

Microsoft TERRA Server - <http://terraservert.homeadvisor.msn.com/default.asp>

NASA – Photo Gallery - <http://www.nasa.gov/gallery/photo/index.html>

NOAA – SAA (Satellite Active Archive) - <http://www.saa.noaa.gov/>

Observatorium – NASA - <http://observe.ivv.nasa.gov/nasa/core.shtml>

Space Imaging - <http://www.spaceimaging.com/level1/index35.htm>

Space Shuttle Photographs - <http://www.nasm.edu/ceps/rpif/SSPR.html>

Terra Web – USGS - <http://terraweb.wr.usgs.gov/TRS/>

TOPEX – POSEIDON - <http://topex-www.jpl.nasa.gov/>

UNEP - United Nations Environmental Programme – GRID - <http://grid2.cr.usgs.gov/>

Visible Earth – NASA - <http://visibleearth.nasa.gov/browse.html>

Índices

Airbone Laser Mapping - <http://www.airbornelasermapping.com/>

AMES Remote - <http://www.amesremote.com/>

Austrian Earth Observation - <http://www.icg.tu-graz.ac.at/erdbeobachtung>
Best in Space - <http://www.best-in-space.com/>
Canada Centre for Remote Sensing - Glossary and Acronyms –
<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/eduref/ref/glosndxe.html>
GeoNet - <http://ceonet.ccrs.nrcan.gc.ca/>
GIS – RS Servers – <http://www.frw.ruu.nl/nicegeo.html#gis>
Journalist Guide to RS Resources - <http://www.american.edu/radiowave/>
Publications, References and Tutorial Material –
<http://www.geog.nottingham.ac.uk/~mather/useful/Tutorials.html>
NASA – RS Data and Information - <http://rsd.gsfc.nasa.gov/rsd/RemoteSensing.html>
RS Acronym List - <http://www-v0ims.gsfc.nasa.gov/v0ims/Acronyms.html>
RS Internet Links - http://ice.ucdavis.edu/echo/remote_sensing.html#remote_sensing
RS Resources - http://developers.ivv.nasa.gov/rem_sen/index.html
RS Resources - <http://quercus.art.man.ac.uk/rs/>
Satellite Images and Data Sets - <http://www.itc.nl/~bakker/satellite.html>

Cursos – Tutoriais – FAQ's

ITC - <http://www.itc.nl/pors/courses/courses.html>
CCRS - <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/eduref/tutorial/tutore.html>
CSC – RST - http://www.csc.fi/earth_science/Remote_sensing.html
Dictionary of Abbreviations and Acronyms in RS, GIS and Cartography –
<http://www.lib.berkeley.edu/EART/abbrev.html>
FAQ on RS and Vegetation - <http://www.itc.nl/~bakker/satfaq/rsvegfaq.txt>
RS Basics - <http://www.gis.wageningen-ur.nl/cgi/projects/rsbasics/>
RS – Core Curriculum - <http://research.umbc.edu/~tbenja1/index.html>
RS Imagery for Natural Resources Monitoring – A Guide –
<http://bandersnatch.fnr.umass.edu/pub/rs.html>
Satellite Imagery FAQ - <http://www.itc.nl/~bakker/satfaq/satfaq.html>
SAR FAQ - http://www.asf.alaska.edu/user_serv/sar_faq.html

Publicações

Earth Observation Magazine - <http://www.techexpo.com/toc/eom.html>
Earth Observation Quarterly - <http://esapub.esrin.esa.it/eoq/eoq.htm>
Geocarto International - <http://www.geocarto.com/geocarto.html>
Geoinformatics - <http://www.geoinformatics.com/>
International Journal of RS - <http://www.tandf.co.uk/journals/tf/13658816.html>
ISPRS – Journal - <http://www.elsevier.nl/inca/publications/store/5/0/3/3/4/0/>

Remote Sensing of Environment – Journal –

<http://www.elsevier.nl/inca/publications/store/5/0/5/7/3/3/>

Space Daily – Journal - <http://www.spacedaily.com/>

Newsgroups

sci.geo.eos

sci.image.processing

2. GPS

Organismos

ESA – Navigation Satellite Applications - <http://www.esa.int/export/esaSA/navigation.html>

Galileo (Sistema GPS Europeu) - <http://www.galileo-pgm.org/>

GLONASS (Sistema GPS Russo) - <http://www.rssi.ru/SFCSIC/english.html>

IGEB (Interagency GPS Executive Board) - <http://www.igeb.gov/>

NAVSTAR - <http://tycho.usno.navy.mil/gps.html>

NGS – National Geodetic Survey - <http://www.ngs.noaa.gov/>

USCG – United States Coast Guard - Navigation Centre - <http://www.navcen.uscg.gov/gps/>

Fabricantes

EAGLE - <http://www.eaglegps.com/>

GARMIN - <http://www.garmin.com/>

LOWRANCE - <http://www.lowrance.com/>

MAGELLAN - <http://www.magellangps.com/>

SILVA - <http://www.silva.se/>

TRIMBLE - <http://www.trimble.com/>

Revistas - Artigos

GPS Accuracy Web Pages – <http://users.erols.com/dlwilson/gps.htm>

FGCS Federal Geodetic Control Subcommittee - http://www.ngs.noaa.gov/FGCS/info/sans_SA/

GPS Data and Information – USNO - http://192.5.41.239/gps_datafiles.html

GPS – SPS Performance Standard –

<http://www.navcen.uscg.gov/gps/geninfo/2001SPSPerformanceStandardFINAL.pdf>

GPS World Magazine - <http://www.advanstar.com/GEO/GPS/>

Tutoriais – Índices

Garmin's GPS Guide for Begginers - <http://www.garmin.com/manuals/gps4beg.pdf>

GPS Information (centenas de links) - <http://joe.mehaffey.com/>

GPS Overview - <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html>

GPS Tutor - <http://www.mercat.com/QUEST/gpstutor.htm>

GPS Utm – A Practical Guide - <http://members.home.net/don.bartlett/gpsutm.htm>

The GPS Resource Library - <http://www.gpsy.com/gpsinfo/>

Topcon's – GPS Tutorial - <http://www.topconps.com/gpstutorial/TOC.html>

3. Ecologia da Paisagem

Organismos

Associação Portuguesa de Ecologia da Paisagem - <http://www.ip.pt/~ip202511/index2.htm>

European Centre for Nature Conservation – ECNC - <http://www.ecnc.nl/>

Canadian Society for Landscape Ecology and Management - <http://www.landscape-ecology.com/>

European Centre for Nature Conservation – Projecto – European Landscapes –

<http://www.ecnc.nl/doc/projects/landmono.html>

International Association for Landscape Ecology – EUA - <http://sslsun02.tamu.edu/iale/iale.htm>

International Association for Landscape Ecology – Reino Unido - <http://www.iale.org.uk/>

IALE – UK – Proceedings – Publications - <http://www.iale.org.uk/publication.html>

Institute of Landscape Ecology – República Checa - http://www.uek.cas.cz/home_en.htm

IUFRO – International Union of Forest Research Organizations - <http://iufro.boku.ac.at/>

Laboratório de Cartografia Biológica – Centro de Ecologia Aplicada – Universidade de Évora –

http://lcbuevora.naturlink.pt/Index_pt.html

Landscape Dynamics Lab - <http://ursus.wildlife.uidaho.edu/projects.htm>

Landscape Ecology and Modeling Lab – Arizona - <http://www.public.asu.edu/~jingle/LEML/>

Landscape Ecology – Florida - <http://www.wec.ufl.edu/faculty/cummingg/LEAF.htm>

Landscape Ecology Lab – Duke - <http://www.env.duke.edu/lel/>

Landscape Ecology Lab – Toronto - <http://www.zoo.utoronto.ca/fortin/>

Landscape Ecology – Iowa - http://www.public.iastate.edu/~kmoloney/landeco/LE_homepage.html

Landscape Ecology NET – Land ECONET - <http://www.ualberta.ca/~landecol/index.htm>

Landscape Research – WSL – Suíça - <http://www.wsl.ch/land/welcome-en.ehtml>

Long Term Ecological Research Network - <http://lternet.edu/>

MILNE – Landscape Ecology Lab - <http://algodones.unm.edu/>

NRCS – USDA – National Resources Conservation Services – United States Department of Agriculture

<http://www.nhq.nrcs.usda.gov/BCS/esd.html>

Spatial Analysis and Landscape Ecology Lab – Washington - <http://www.ac.wvu.edu/~n9649652/>

Spatial Ecology – Helsinquia - http://www.helsinki.fi/ml/ekol/spatial_ecology.html#groups

The CHAOS Experience - <http://library.thinkquest.org/3120/>

The Computational Beauty of Nature - <http://mitpress.mit.edu/books/FLAOH/cbnhtml/index.html>

Revistas – Artigos - Índices

ECOGRAPHY – Journal - <http://www.oikos.ekol.lu.se/Ecography.jrnl.html>

Ecological Society of America – Journal - <http://www.esajournals.org/esaonline/?request=get-archive>

Global Ecology and Biogeography – Journal –

<http://www.blackwell-science.com/products/journals/GEBL.HTM>

Graduate Programs in Landscape Ecology and Biogeography –

<http://www.edc.uri.edu/personal/jeff/legrad/>

Guide to Historical Research at the national Agricultural Library –

<http://warp.nal.usda.gov/ref/history2.htm>

Journal of Biogeography –

<http://www.blacksci.co.uk/~cgilib/jnlpage.asp?Journal=JBIOG&File=JBIOG&Page=aims>

Landscape Ecology – Journal - <http://www.kluweronline.com/issn/0921-2973>

Landscape Ecology and Biogeography – Índice –

http://www.csu.edu.au/landscape_ecology/landscape.html

Publications USDA – Forest Service – Oregon - <http://www.fs.fed.us/outernet/pnw/pubs1.htm>

Software

ClaraT – Padrões Fractais - <http://sevilleta.unm.edu/~bmilne/frac/clarat/clarat.html>

Fragstats Arc - <http://www.innovativegis.com/products/fragstatsarc/index.html>

Geostatistical Software for the PC - <http://www-sst.unil.ch/research/variowin/index.html>

Geostatistics Software - <http://www.gstat.org/>

Geotechnical and Geoenviromental Software Directory - <http://www.ggsd.com/>

TELSA – Tool for Exploratory Landscape Scenario Analysis - <http://www.essa.com/forestry/telsa/>

4. Ambiente - Vegetação

American Journal of Botany - <http://www.amjbot.org/>

Arid Regions Remote Monitoring - <http://www.planetary.caltech.edu/~arid/>

BOTANY Net - <http://www.botany.net/IDB/>

Centre for Earth Observation – Desertification Information Network –

<http://www.wcmc.org.uk/~dynamic/desert/index.html>

Comissão Europeia – Ambiente - http://europa.eu.int/comm/environment/index_pt.htm

EnviroLink - <http://envirolink.netforchange.com/>

FAO – Forestry - <http://www.fao.org/forestry/Forestry.asp>

Forest & Grassland Inventory and Monitoring - <http://www.mp1-pwrc.usgs.gov/fgim/>

Forest Inventory Publications - <http://home.att.net/~gklund/invpubs.html>
 Journal of Arid Environments - <http://www.academicpress.com/jae>
 Monitoring and Modelling of Environmental Processes –
<http://www.kcl.ac.uk/kis/schools/hums/geog/rgmmm.htm>
 NATURE – Revista - <http://www.nature.com/nature/>
 Silva Mediterranea - <http://www.fao.org/forestry/for/forc/silvamed/default.stm>
 UNEP - <http://www.unep.org/>
 UNESCO – Man and Biosphere Programme - <http://www.unesco.org/mab/>
 USDA – Publications - <http://www.fs.fed.us/pnw/pubs.htm>
 Vegetation Ecosystem Modelling and Analysis Project – VEMAP - <http://www.cgd.ucar.edu/vemap/>

5. Land Cover – Land Use

CIESIN – Centre for International Earth Science Information Network - Thematic Guide –
<http://www.ciesin.org/TG/thematic-home.html>
 CIESIN – Land Use and Global Environmental Change - <http://www.ciesin.org/TG/LU/LU-home.html>
 CIPEC – Centre for The Study of Institutions, Population and Environmental Change –
<http://www.cipec.org/research/lulc/>
 Conversion of Land Use and its effects – Universidade de Wageningen –
<http://gissrv.iend.wau.nl/~clue/>
 CORINE Land Cover – Technical Guide - http://etc.satellus.se/the_data/Technical_Guide/index.htm
 Cornell - Land Evaluation - <http://wwwscas.cit.cornell.edu/landeval/landeval.htm>
 Data Plan for Land-use / Land-cover Change Research –
<http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC/data/daplarch/daplarch.html>
 EPA – MRLC – Multi-Resolution Land Characteristics Consortium - <http://www.epa.gov/mrlc/>
 EROS Data Centre – Land Cover Characterization Programme - <http://landcover.usgs.gov/>
 GCMD – NASA – Global Change Master Directory –
http://gcmd.gsfc.nasa.gov/Data/portals/gcmd/param_search/LAND_SURFACE.html
 IGBP – International Geosphere-Biosphere Programme –
<http://www.igbp.kva.se/cgi-bin/php/frameset.php>
 Land-Based Classification Standards - <http://www.planning.org/lbcs/index.html>
 LCLUC – NASA's Land Cover Land Use Change Program - <http://lcluc.gsfc.nasa.gov/>
 LUCC – Homepage - <http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC/lucc.html>
 LUCC – Land use – Land cover Change – Programa START - <http://www.start.org/Themes/lucc.html>
 Projecto Archaeomedes II - <http://www.ucl.ac.uk/archaeology/research/profiles/mcglade/archgld.htm>
 SD – FAO – Sustainable Development Department –
<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/SUSTDEV/EIdirect/EIre0057.htm>

6. Portugal

Biblioteca Nacional - <http://www.bn.pt/>

CNIG - <http://www.cnig.pt/>

CCR – Alentejo - <http://www.ccr-alt.pt/>

Direcção Geral do Ambiente - <http://195.22.0.189/arvore.html>

Environmental Information Sources –Universidade do Minho –
<http://www.deb.uminho.pt/fontes/enviroinfo/>

FCT – MCT - <http://www.fct.mct.pt/>

Instituto de Conservação da Natureza – ICN - <http://www.icn.pt/>

Instituto Geográfico do Exército – IgeoE – <http://www.igeoe.pt/>

Instituto Nacional de Estatística s- INE - <http://www.ine.pt/index.htm>

Instituto Superior de Agronomia - <http://www.isa.utl.pt/>

IPPC - <http://www.ipcc.pt/>

Ministério da Agricultura - <http://www.min-agricultura.pt/>

Ministério do Ambiente - http://www.ambiente.gov.pt/pls/maot/homepage?p_acc=0&plingua=1

Ministério do Planeamento - <http://www.min-plan.pt/>

SNIG - <http://snig.cnig.pt/>

7. Motores de Busca – Bases de Dados - Índices

Altavista - <http://www.altavista.com/>

European Science Foundation - <http://www.esf.org/>

CORDIS – Community Research & Development Information Service – EU –
<http://www.cordis.lu/en/home.html>

EXCITE - <http://my.excite.com/myexcite/my.jsp>

Google - <http://www.google.com/intl/pt/>

Hot Bot - <http://hotbot.lycos.com/>

Internet Public Library – IPL - <http://www.ipl.org/>

Lycos - <http://www.lycos.com/>

National Academy Press - <http://www.nap.edu/index.html>

Online Journals - <http://www-library.ncifcrf.gov/onlinejournals.htm>

Serviço de Publicações Oficiais das Comunidades Europeias –
<http://eur-op.eu.int/general/pt/index.htm>

Vivíssimo - <http://vivisimo.com/>

Xrefer – Reference Engine - <http://www.xrefer.com/>

WebCrawler - <http://web.webcrawler.com/d/search/p/webcrawler/>

WiseNut - <http://www.wisenut.com/>

WWW Virtual Library - <http://vlib.org/>

Yahho - <http://www.yahoo.com/>

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.

ANDERSON, J.R. *et al* (1976) “A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data”, U.S. Geological Survey Prof. Paper 964, Washington D.C.

ANDERSON, L.J.; JACKSON, R.B.; BRUMBAUGH, M.S. (2001) “Water and Tree-Understory Interactions: A Natural experiment in a Savanna With Oak Wilt”, *Ecology*, Vol. 82, Nº 1, pp. 33-49, <http://www.esajournals.org/esaonline/?request=get-archive>

ARES, J.; BERTILLER, M.; VALLE, H.D. (2001) “Functional and Structural Landscape Indicators of Intensification, Resilience and Resistance in Agro ecosystems in Southern Argentina Based on Remotely Sensed Data”, *Landscape Ecology*, Vol. 16, pp. 221-234

ARU, A.; CAMARDA, I.; VACCA, A. *et al* (1994) “Assessment and Management Criteria of Desertification Selected Mediterranean Areas”, Medalus Project, Working Paper Number 31, 20 p.

ASPINALL, R. (1994) “Use of GIS for Interpreting Land-Use Policy and Modelling Effects of Land Use Change”, *in*, HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D.R; COUSINS, E. *Eds.* (1994) “Landscape Ecology and Geographic Information Systems”, Londres, Taylor and Francis, pp. 223-236

BAKER, W. (1989) “A Review of Models of Landscape Change”, *Landscape Ecology*, Vol. 2(2), pp. 111-133.

BARKOWSKY, T.; FRESKA, C. (1996) “On the Relations Between Spatial Concepts and Geographic Objects”, *in* BURROUGH, P.A.; FRANK, A.U. *Eds.* (1996) “Geographic Objects with Indeterminate Boundaries”, GISDATA Series Nº 2, Londres, Taylor and Francis, 345 p.

BARRET, E.C.; CURTIS, L.F. (1999) “Introduction to Environmental Remote Sensing”, 4^a Ed., Cheltenham, Stanley Thornes Ltd, 457 p.

BARRIOU, R.; LECAMUS, D.; HENAFF, F. (1985) “Indices de Végétation - Dossiers de Télédétection”, Rennes, Université de Rennes - Centre Régional de Télédétection, 159 p.

BASCH, G.; CARVALHO, M. (2000) “No-Tillage Crop Production for Erosion Prevention”, *in* Comissão Europeia (2000) “Mediterranean Desertification – Research Results and Policy Implications”, Proceedings of the International Conference, 29 Th. October to 1 St. November 1996, Crete, Greece, Volume 2, “Summary of Project Results”, Buxelas, DG Research, EUR 19303, pp. 431-439

BASKENT, E. (1999) "Controlling Spatial Structure of Forested Landscapes: a Case Study Towards Landscape Management", *Landscape Ecology*, Vol. 14, pp. 83-97

BENDER, D.J. (1998) "Habitat Loss and Population Decline: a Meta-Analysis of the Patch Size effect", *Ecological Society of America, Online Journal*, Março, 19 p.

BERGKAMP, G.; BAKKER, M.M.; DOREN, L.K. *et al* (1997) "Soil and Water Conservation in the Alentejo Region", Medalus Project, Working Paper Number 73, 86 p.

BERNHARDSEN, T. (1992) "Geographic Information Systems", Arendal, Viak IT, 318 p.

BERRY, J.K.; BUCKLEY, D.J. (1998) "Visualizing Realistic Landscapes", *GIS World Magazine*, 1998, <http://www.innovativegis.com/products/vforest/contents/vfgisworld.htm>

BERTRAND, G. (1968) "Paysage et Géographie Physique Globale. Esquisse Méthodologique", *Rev. Géograph. Pyrénées et SO*, 39(3), pp. 249-272

BHATTI, A.; MULLA, D.J.; FRAZIER, B.E. (1991) "Estimation of Soil Properties and Wheat Yields on Complex Eroded Hills Using Geostatistics and Thematic Mapper Images", *Remote Sensing of the Environment*, Elsevier, 37, pp. 181-191

BIROT, P. (Sem data) "Portugal", *col. Horizonte*, n.º 31, Lisboa, Horizonte, 229 p

BLANC-PAMERD, C. ; RAISON, J.P. (1986) "Paisagem" in EINAUDI (1986) "Região", Vol. VIII, Lisboa, INCM, pp. 138-160

BLASCHKE, T.; PETCH, J. (1999) "Landscape Structure and Scale: Comparative Studies on some Landscape Indices in Germany and the UK", *in* MAUDSLEY, M.; MARSHALL, J. *eds.* (1999) "Heterogeneity in Landscape Ecology – Pattern and Scale", *Proceedings of the 1999 Annual I.A.L.E. (UK) Conference*, IACR – Long Ashton Research Station, Bristol, UK I.A.L.E., pp. 75-84

BLASCHKE, T.; LANG, S.; LORUP, E. *et al* (2000) "Object-Oriented Image Processing in an Integrated GIS/Remote Sensing Environment and Perspectives for Environmental Applications", *Environmental Information for Planning, Politics and the Public*, Verlag, pp. 555-570, http://www.geo.sbg.ac.at/staff/tblaschk/publications/UI2000_Blaschke_et_al.pdf

BOCCO, G.; VALENZUELA, C.R. (1988) "Integration of GIS and Image Processing in Soil Erosion Studies Using ILWIS", *ITC Journal*, 4, pp. 309-318

BOER, M.M. (1996) "Geographic Information System-Based Application of the Desertification Response Unit Concept at the Hillslope Scale", *in* BRANDT, C.J. THORNES, J.B. *Eds.* (1996) "Mediterranean Desertification and Land Use", Chichester, John Wiley & Sons, pp. 471-492

BOWERS, M.; DOOLEY, J. (1999) "A Controlled, Hierarchical Study of Habitat Fragmentation: Responses at the Individual, Patch and Landscape Scale", *Landscape Ecology*, Vol. 14, pp. 381-389

BOWLER, I.R. (1985) "Agriculture Under the Common Agricultural Policy", Manchester, University Press, 255 p.

BRABYN, L. (2000) "Classifying New Zealand's Landscape Automatically with GIS", Apresentado na XX Conferência de Utilizadores Environmental Systems Research Institute, San Diego, California, Junho de 2000, 12 p., <http://www.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/PAP185/p185.htm>

BRADLEY, T.; HAMMOND, H. (1992) "Landscape Analysis and Planning Summary – A Component of Holistic Forest Use", SFF, 9 p., <http://www.silvafor.org/docs/docs.htm#top>

BRADLEY, T.; HAMMOND, H. (1993) "Practical Methodology for Landscape Analysis and Zoning", SFF, 38 p., <http://www.silvafor.org/docs/docs.htm#top>

BRANDT, C.J. THORNES, J.B. *Eds.* (1996) "Mediterranean Desertification and Land Use", Chichester, John Wiley & Sons, 554 p.

BRIASSOULIS, H. (2000) "Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches", Departamento de Geografia, University of the Aegean, Lesvos, Grécia, 2 p. (Índice), <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>

BRODNIG, G.; MAYER-SCHÖENBERGER, V. (2000) "Bridging the Gap: The Role of Spatial Information Technologies in the Integration of Traditional Environmental Knowledge and Western Science", *The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries*, Vol. 1, 16 p., <http://ksghome.harvard.edu/~vmayerschoenberger.academic.ksg/bdg.pdf>

BROGAARD, S.; ÓLAFSDÓTTIR, R. (1997) "Ground-Truths or Ground-Lies ?", *Lund Electronic Reports in Physical Geography*, Department of Physical Geography, Universidade de Lund, Suécia, Nº 1, 15 p., <http://www.natgeo.lu.se/Publikationer/Lerpg/1/Article.htm>

BROUWER, F., A.J. THOMAS, AND M.J. CHADWICK, *Eds.* (1991) "Land Use Changes in Europe: Processes of Change, Environmental Transformations and Future Patterns", Dordrecht, Kluwer Academic Publishers

BRYNE, C.F.; CRAPPER, P.F.; MAYO, K.K. (1980) "Monitoring Land Cover Change by Principal Components Analysis of Multi-Temporal Landsat Data", *Remote Sensing of Environment*, N° 10, pp. 175-184

BUGAYEVSKIY, L.M.; SNYDER, J.P. (1995) "Map Projections – A Reference Manual", Londres, R.U., Taylor & Francis, 328 p.

BUNN, A.G.; URBAN, D.L.; KEITT, T.H. (2000) "Landscape Connectivity: A Conservation Application of Graph Theory", 4 Th. International Conference on Integrating GIS and Environmental Modelling (GIS/EM4): Problems, Prospects and Research Needs, Banff, Alberta, Canada, Setembro de 2000, 6 p., <http://www.colorado.edu/research/cires/banff/upload/284/>

BURROUGH, P.A (1996) "Natural Objects with Indeterminate Boundaries", in BURROUGH, P.A.; FRANK, A.U. *Eds.* (1996) "Geographic Objects with Indeterminate Boundaries", GISDATA Series N° 2, Londres, Taylor and Francis, pp. 3-28

BURROUGH, P.A.; FRANK, A.U. *Eds.* (1996) "Geographic Objects with Indeterminate Boundaries", GISDATA Series N° 2, Londres, Taylor and Francis, 345 p.

CABRAL, F.C.; TELLES, G.R. (1999) "A Árvore em Portugal", Lisboa, Assírio e Alvim, 203 p.

CAIN, D.H.; RIITTERS, K.; ORVIS, K. (1997) "A Multi-Scale Analysis of Landscape Statistics", *Landscape Ecology*, Vol. 12 (4), pp. 199-212

CAMPBELL, J.B. (1996) "Introduction to Remote Sensing", 2ª Ed., Londres, Taylor & Francis, 622 p.

CAO, C.; LAM, N.S. (1997) "Understanding the Scale and Resolution Effects in Remote Sensing and GIS", in QUATTROCHI, D.A.; GOODCHILD, M.F. *Eds.* (1997) "Scale in Remote Sensing and GIS", E.U.A., Lewis Publishers, pp. 57-72

CARMEL, Y.; KADMON, R. (1999) "Effects of Grazing and Topography on Long-Term Vegetation Changes in a Mediterranean Ecosystem in Israel", *Plant Ecology*, 145, pp. 234-254, <http://www.technion.ac.il/technion/agr/members/carmel/grazing%20paper.pdf>

CASASNOVAS, J.M. (1999) "La Percepción Remota y Los Sistemas de Información Geográfica: Tecnologías de la Información Espacial para el Estudio y Análisis del Territorio", XVII Curso Internacional de Edafología, Universidade Autónoma de Nayarí, México, 20 p. http://www.udl.es/dept/mac/sedai/referenc/Cursos%20y%20seminarios/Leccion_Mexico.pdf

CASIMIRO, P.C. (1993) "Concelho de Mértola – Geo-Biografia das Mudanças de Uso do Solo", Lisboa, DGPR – FCSH – UNL, Provas de Capacidade Científica, 220 p.

CASIMIRO, P.C. (2000) "Uso do Solo – Ecologia da Paisagem: Perspectivas de uma Nova Abordagem do Estudo da Paisagem em Geografia", Revista GeoInova – Revista do Departamento de Geografia e Planeamento Regional, Nº 2 – 2000, F.C.S.H. – U.N.L., pp. 45-66

CASIMIRO, P.C. (2002) "Uso do Solo – Ecologia da Paisagem: Quantificação da Estrutura da Paisagem para Análise de Padrões Espaciais – Concelho de Mértola", Revista GeoInova – Revista do Departamento de Geografia e Planeamento Regional, N.º 4 – 2002, F.C.S.H. – U.N.L.

CHEDDADI, R.; GUIOT, J.; JOLLY, D. (2001) "The Mediterranean Vegetation: What if the Atmospheric CO₂ Increased ?", Landscape Ecology, Vol. 16(7), pp. 667-675

CHENG, P.; TOUTIN, T.; TOM, V. (2000) "Unlocking the Potential for Landsat 7 Data", Earth Observation Magazine, 9(2), 7 p., <http://www.eonline.com/Common/Archives/Feb00/cheng.htm>

CHERRILL, A.J.; LANE, A.; FULLER, R.M. (1994) "The Use of Classified Landsat 7 Thematic Mapper Imagery in the Characterization of Landscape Composition: A Case Study in Northern England", Journal of Arid Environments, Vol. 40, Nº 4, pp. 357-377, <http://www.ideallibrary.com/links/artid/jema.1994.1028>

CHUVIECO, E. (1996) "Fundamentos de Teledetección Espacial", 3ª Ed., Madrid, Ediciones Rialp, 568 p.

CICIA, G.; SCARPA, R. (2000) "Willingness to Pay for Rural Landscape Preservation: A Case Study in Mediterranean Agriculture", Fondazione Eni Enrico Mattei, Milão, 21 p., <http://www.feem.it/web/attiv/wp/abs00/59-00.pdf>

CLARK, S.C. (1996) "Mediterranean Ecology and the Ecological Synthesis of the Filled Sites", in BRANDT, C.J. THORNES, J.B. Eds. (1996) "Mediterranean Desertification and Land Use", Chichester, John Wiley & Sons, pp. 271-301

CLAUDE (Coordinating Land Use and Cover Data and Analyses in Europe) (1997) "The User Needs for More Harmonised Land Use Information at the National and the EU Level", Report on the CLAUDE Workshop, Wageningen, 22-23 de Maio 1996, CLAUDE - Resource Paper No.2

COELHO, I.; FRAGAT, A.; GALVÃO-TELES, C.; SIMÕES, J. (1999) "Raça Preta: a Portuguese Beef Breed: Economic and Environmental Objectives in Natural Resources Management", Estação Agronómica Nacional, 3 p., <http://www.mluri.sari.ac.uk/livestocksystems/dublin/book/05-05.pdf>

COLWELL, R.N. (1983) "Manual of Remote Sensing", 2ª Ed., 2 Vols., Falls Church, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 2440 p.

COLWELL, R.N. (1996) "Uses and Limitations of Multispectral Remote Sensing", *Proceedings of the Fourth Symposium on Remote Sensing of Environment*, Ann Arbor, University of Michigan, pp. 71-100

Comissão Europeia (1996) "The Use of Remote Sensing for Land Degradation and Desertification Monitoring in the Mediterranean Basin – State of the Art and Future Research", Environment and Climate Programme, Experts Workshop 13-15 Junho Valencia, Espanha, Relatório N° EUR 16732 EN, Bruxelas, 235 p.

Comissão Europeia (1997) "CAP 2000 – Working Document, Rural Developments", D.G.Agricultura, 78 p., <http://www.europa.eu.int/en/comm/dg06/new/cap2000/rd/rden/index.htm>

Comissão Europeia (1998) "The Environmental Impact of Arable Crop Production in the European Union: Practical Options for Improvement", D.G. Ambiente, 179 p., <http://europa.eu.int/comm/environment/agriculture/pdf/arable.pdf>

Comissão Europeia (1999) "Interpretation Manual of European Union habitats", EUR 15/2, D.G. Ambiente, Nature Protection, Coastal Zones and Tourism, 121 p., <http://europa.eu.int/comm/environment/nature/hab-en.htm>

Comissão Europeia (1999) "Agriculture, Environment, Rural Development: Facts and Figures – A Challenge for Agriculture", D.G. Agricultura, D.G. Ambiente, EUROSTAT, JRC, 2 p. (Índice), <http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/report/en/index.htm>

Comissão Europeia (1999) "Desertification Convention: Data and Information Requirements for Interdisciplinary Research", Bruxelas, DG Research, 374 p.

Comissão Europeia (2000) "From Land Cover to Landscape Diversity in the European Union", D.G. Agricultura, Eurostat, JRC, 3 p. (Índice), <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/landscape/index.htm>

Comissão Europeia (2000) "Mediterranean Desertification – Research Results and Policy Implications", Proceedings of the International Conference, 29 Th. October to 1 St. November 1996, Crete, Greece, Volume 1, "Plenary Session Keynote Speakers", Buxelas, DG Research, EUR 19303, 429 p.

Comissão Europeia (2000) "Mediterranean Desertification – Research Results and Policy Implications", Proceedings of the International Conference, 29 Th. October to 1 St. November 1996, Crete, Greece, Volume 2, "Summary of Project Results", Buxelas, DG Research, EUR 19303, 615 p.

Conduto, R. (1996) "A Ovelha Campaniça – origem, Livro Genealógico, Características Genéticas, Morfológicas e Produtivas. Sistemas de exploração". Colectânea S.P.O.C., Sociedade Portuguesa de Ovinotecnia e Caprinotecnia Vol. 6, Nº1.
<http://www.ovinosecaprinos.com/campanicahistoria.html>

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. (1998) "Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices", Nova Iorque, Lewis Publishers, 137 p.

COOK, R.U.; DORNKAMP, J.C. (1990) "Geomorphology in Environmental Management – A New Introduction", 2ª Ed, Oxford, R.U., Clarendon Press, 410 p.

CORNER, B. (1996) "Application of Principal Components Analysis to Multisensor Classification", Environmental remote Sensing Laboratory, Department of Electrical Engineering, University of Nebraska - Lincoln, 1 p. (Índice), <http://doppler.unl.edu/users/bcorner/forum1.html>

CORONA, P.; FERRARA, A. (1993) "Study of the Spatial Relationships in Forested Areas of Central Italy", Medalus Project, Working Paper Number 4, 12 p.

CORREIA, T.P. (1993) "Threatened Landscapes in Alentejo, Portugal: The Montado and Other Agro-Silvo-Pastoral Systems", Landscape and Urban Planning, 24, pp. 43-48

COSTICK, L.A.; USTIN, S.L.; WALLENDER, W.W. (1996) "Using Remote Sensing and GIS for Mine Site Location and Environmental Hazards Classification", Resources Agency, Department of Conservation, Office of Mine Reclamation, Pilot Project, Centre for Spatial Technologies and Remote Sensing, Universidade da California em Davis, <http://cstars.ucdavis.edu/papers/html/costicketal1996b/>

COUCLELIS, H. (1996) "Towards an Operational Typology of Geographic Entities with Ill-defined Boundaries", in BURROUGH, P.A.; FRANK, A.U. *Eds.* (1996) "Geographic Objects with Indeterminate Boundaries", GISDATA Series Nº 2, Londres, Taylor and Francis, 345 p.

COUTINHO, A.C. (1998) "Segmentation and Classification of Landsat TM Images for the Mapping of Land Use", Tese de Mestrado, 1 p. (Índice),
http://www.cnpm.embrapa.br/projects/procimag_us/index.html

CRACKNELL, A.P.; HAYES, L.W.B. (1993) "Introduction to Remote Sensing", Londres, Taylor & Francis, 293 p.

CURRAN, P.J. (1985) "Principles of Remote Sensing", Londres, Longman

CSILLAG, F.; FORTIN, M.J.; DUNGAN, J.L. (2000) "On the Limits and Extensions of the Definition of Scale", Bulletin of the Ecological Society of America, Vol. 81, pp. 230-232, <http://www.esajournals.org/esaonline/?request=get-archive>

CZAPLEWSKI, R. (1998) "Use of Advanced Remote Sensing Technologies for Annual State Inventories", USDA Forest Service, Forest Inventory and Analysis Program, Rocky Mountain Research Station, 10 p., <http://www.fs.fed.us/rm/ftcol/rwu4804/farm2.htm>

DANALATOS, N.G.; KOSMAS, C.K.; MOUSTAKAS, N.C.; YASSOGLOU, N. (1994) "Effect of Parent Material and land Use on Soil Erosion Rates Under Mediterranean Conditions", Medalus Project, Working Paper Number 28, 13 p.

DANALATOS, N.G.; KOSMAS, C.K.; MOUSTAKAS, N.C.; YASSOGLOU, N. (1994) "The Impact of Rock Fragments on Soil Physical Properties and Erosion Under Field Conditions", Medalus Project, Working Paper Number 29, 14 p.

DANALATOS, N.G.; KOSMAS, C.K.; MOUSTAKAS, N.C.; YASSOGLOU, N. (1994) "The Impact of Rock Fragments on Soil Physical Properties and Biomass Production Under Mediterranean Conditions", Medalus Project, Working Paper Number 30, 13 p.

DARKOH, M.B.K. (1989) "Combating Desertification in the Southern African Region", Moscovo, United Nations Environmental Programme, 370 p.

DAVIS, J.C. (1986) "Statistics and Data Analysis in Geology", Nova Iorque, EUA, Willey & Sons, 646 p.

DAVISON, G.J. (1984) "Ground Control Pointing and Geometric Transformations of Satellite Imagery", *in* Location (M.Steven, M.Dobson, P.M.Mather, Eds.), Proceedings of Remote Sensing Workshop, Nottingham, Reino Unido, pp. 45-59

DE BLOIS, S.; DOMON, G.; BOUCHARD, A. (2001) "Environmental, Historical and Contextual Determinants of Vegetation Cover : a Landscape Perspective", Landscape Ecology, Vol. 16(5), pp. 421-436

DE LA BLACHE, V. (1984) "Princípios de Geografia Humana", 2ª Ed., Lisboa, Cosmos, 390 p.

DEMANGEOT, J. (1996) "Les milieux "naturels" du globe", 6ª Ed., Paris, Masson, 337 p.

DeFRIES, R. (1998) "Characterizing Land Cover Heterogeneity and Land Cover Change from Multisensor Satellite Data", Departamento de Geografia, Universidade de Maryland, Programa da NASA de Land Use – Land Cover Change, 23 p.,
<http://lcluc.gsfc.nasa.gov/products/pdfs/PrgRep-DeFries98.pdf>

DEULING, M.J.; WOUDSMA, C.G.; FRANKLIN, S.E. (2000) "Temporal Analysis of Habitat Fragmentation: Integrating GIS, Landscape Ecology, and Improved RS Classification Methods", 4 Th. International Conference on Integrating GIS and Environmental Modelling (GIS/EM4): Problems, Prospects and Research Needs, Banff, Alberta, Canada, Setembro de 2000, 9 p.,
<http://www.colorado.edu/research/cires/banff/upload/327/>

Di CARLO, W. (1997) "A Virtual Environment for Remote Sensing Visual Data Exploration and Analysis", Joint Research Centre, ISPRA, Itália, 12 p.,
<http://www.geog.le.ac.uk/fliers/annrep/walter/FirstYearReport.html>

DIAMANTOPOULOS, J.; PAPATHEODOROU, E.M.; PANTIS, J.D.; STAMOU, G.P. (1994) "Assessment of the Effect of Grazing on Nutrient Concentration in the Different Parts of the Quercus Coccifera Shrublands", Medalus Project, Working Paper Number 35, 6 p.

DIAMANTOPOULOS, J.; MARDIRIS, T.A.; PANTIS, J.D.; STAMOU, G.P. (1994) "Effects of Common Management Practices on Greek Maquis Ecosystems", Medalus Project, Working Paper Number 38, 12 p.

DIAZ-AMBRONA, C.G.; CAMARA, D.G. (1999) "Um Modelo Regional para la Evaluacion Cinegetica del Territorio", Investigacion Agrícola – Sistemas Recursos Florestales, Vol.8 (1), pp. 25-47,
<http://ntcpdc.inia.es/IASPF/1999/vol8/02.C.G.HERNANDEZ.pdf>

DGF – Direcção Geral De Florestas (2000) "Agricultura do Alentejo – Principais Indicadores", 11 p.,
<http://www.dgf.min-agricultura.pt>

DGF – Direcção Geral De Florestas (2001) "Taxa de Ocupação de Zonas de Caça por Município – Valores de 2001-06-22", 14 p. <http://www.dgf.min-agricultura.pt>

DIVIS, D.A. (2000) "Selective Availability: Going Away of the Dinosaur", GPS World Online, Junho, 6 p.

DOVER, JW; BUNCE, R.G.H. *eds.* (1998) "Key Concepts in Landscape Ecology", Proceedings of the 1998 European Congress of the I.A.L.E., UK – I.A.L.E., 434 p.

DRAMSTAD, W.E.; OLSON, J.D.; FORMAN, R. (1996) "Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning", Harvard University, Island Press e American Society of Landscape Architects, 80 p.

DUNN, C.; SHARPE, D.; GUNTENSPERGEN, G; STERANS, F.; YANG, Z. (1991) "Methods for Analysing Temporal Changes in Landscape Pattern", *in* TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (1991) "Quantitative Methods in Landscape Ecology", Ecological Studies Vol. 82, Springer-Verlag, Berlin, pp. 173-198

DUVIGNEAUD, P. (1974) "A Síntese Ecológica", Lisboa, Socicultur, 2 Volumes, 165 e 339 p.

EFNCP (European Forum on Nature Conservation and Pastoralism) (2000) "Recognising European Pastoral Farming Systems and Understanding their Ecology", EFNCP Occasional Publication N° 23, Proceedings of the 7 th. EFNCP, Irlanda, Junho 2000, 69 p., <http://www.efncp.org/publins.html>

ENVI (1997) "ENVI – The Environment for Visualizing Images – User's Guide", Manual do Software ENVI 3.0, Better Solution Consulting, Colorado, EUA, 614 p.

EEA (European Environment Agency) (1994) "CORINE Land Cover Technical Guide", 130, p., http://etc.satellus.se/I&CLC2000/pdf/technical_guide.pdf

EEA (European Environment Agency) (1999) "EUNIS Habitat Classification", 216 p., <http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw/EUNIS/home.html>

EEA (European Environment Agency) (2000) "CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000", EEA Technical Report N° 40, 105, p., http://etc.satellus.se/I&CLC2000/pdf/tech_guide_add_2000.pdf

ESA (Ecological Society of America) (1999) "Ecological Principles and Guidelines for Managing the Use of Land", ESA Committee on Land Use, 46 p., <http://esa.sdsc.edu/esalanduse.htm>

EINAUDI (Enciclopédia) (1986) "Região", Vol. VIII, Lisboa, INCM, 545 p.

EYRE, S.R. (1987) "Vegetation and Soils - World Picture", 2ª Ed., Bath, Edward Arnold, 328 p.

FAO (Food and Agriculture Organization) (1995) "Planning for Sustainable Use of Land Resources", FAO Land and Water Bulletin, N° 2, Roma - FAO

FAO (Food and Agriculture Organization) (1996) "Agro-Ecological Zoning – Guidelines", FAO Soils Bulletin, N.º 73, Roma - FAO

- FAO (Food and Agriculture Organization) (1997) "Africover Land Cover Classification", Roma - FAO
- FARINA, A. (1998) "Principles and Methods in Landscape Ecology", Londres, Chapman & Hall
- FARINA, A. (2000) "Landscape Ecology in Action", Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 317 p.
- FEIO, M. (1983) "Le Bas Alentejo et l'Algarve", Évora, INIC, Centro de Ecologia Aplicada da Universidade de Évora, 200 p.
- FEIO, M. (1989) "A reconversão da Agricultura e a Problemática do Eucalipto", Lisboa, Associação Central de Agricultura Portuguesa, 166 p.
- FEIO, M. (1991) "Clima e Agricultura", Lisboa, Ministério da Agricultura Pescas e Alimentação - DGPA, 266 p.
- FEIO, M. (1998) "A Evolução da Agricultura do Alentejo Meridional – As Cartas Agrícolas de G. Pery as Díficeis Perspectivas Actuais na Comunidade Europeia", Lisboa, Colibri, 108 p.
- FERGUSON, M. (1997) "GPS Land Navigation", Boise-Idaho, EUA, Glassford Publishing, 255 p.
- FERRARI, G. (1996) "Boundaries, Concepts, Language", in BURROUGH, P.A.; FRANK, A.U. *Eds.* (1996) "Geographic Objects with Indeterminate Boundaries", GISDATA Series Nº 2, Londres, Taylor and Francis, pp. 99-108
- FERREIRA, D.B.; PINHEIRO, J.; MATOS, J.; Bento, J. (2000) "Assessment of the Impact of Tillage in Soil Erosion with a Diachronic Analysis of Digital Terrain Models", Third International Congress of the European Society of Soil Conservation, 18 p., <http://www.civil.ist.utl.pt/joao/pdf/ESSC2000.pdf>
- FERREIRA, M.D. (1967) "Corte do Gafo - Uma Aldeia em Decadência", Finisterra, Vol. II, n.º 4, Lisboa, CEG, pp. 201-242
- FIRBANK, L. (1997) "Farm Landscapes for Biodiversity - Guide to Using Landscape Ecology to Assess and Improve the Quality of Northern European Farmed Landscapes for Biodiversity", CONNECT – The European Conservation Institutes Research Network, 1 p. (Índice), <http://www.nerc-merlewood.ac.uk/ite/econet/bio.html>
- FISCHER, P. (1996) "Boolean and Fuzzy Regions", in BURROUGH, P.A.; FRANK, A.U. *Eds.* (1996) "Geographic Objects with Indeterminate Boundaries", GISDATA Series Nº 2, Londres, Taylor and Francis, 345 p.

- FISCHER, P. (1997) "The Pixel: a Snare and a Delusion",
International Journal of Remote Sensing, Vol. 18, Nº 3, pp. 679-685
- FJELLSTAD, W.J.; DRAMSTAD, W.E.; FRY, G.L.A (1998) "Landscape Indices – Useful Tolls or Misleading Numbers ?", *in* DOVER, JW; BUNCE, R.G.H. *eds.* (1998) "Key Concepts in Landscape Ecology", Proceedings of the 1998 European Congress of the I.A.L.E., UK – I.A.L.E., pp. 63-68
- FLACK, J. (1995) "Interpretation of Remotely Sensed Data Using Guided Techniques", Tese Ph.D., School of Computer Science, Curtin University of Technology, Western Australia, 3 p. (Índice),
<http://www.per.dem.csiro.au/staff/FlackJulien/thesis/node2.html>
- FOODY, G.M. (2002) "Status of Land Cover Classification Accuracy Assessment", Remote Sensing of Environment, Vol. 80 (1), pp. 185-201
- FOREY, P.; FITZSIMONS, C. (1997) "Flora e Fauna Mediterrânicas – Guia Prático para Identificar os Animais e Plantas da Zona Mediterrânea", Lisboa, Plátano, 125 p.
- FOREY, P. (1998) "Árvores – Guia Prático para Reconhecer Todos os Tipos de Árvores",
2ª Ed., Lisboa, Plátano, 129 p.
- FOREY, P.; FITZSIMONS, C. (1998) "Flores Silvestres – Guia Prático", 2ª Ed., Lisboa, Plátano, 126 p.
- FORMAN, R.; GODRON, M. (1986) "Landscape Ecology", Nova Iorque, EUA, John Wiley & Sons, 619 p.
- FORMAN, R. (1995) "Land Mosaics – The Ecology of Landscapes and Regions",
Cambridge, RU, Cambridge University Press, 632 p.
- FOTELLI, M.N.; RADOLOU, K.M.; CONSTANTINIDOU, H.I.A. (2000) "Water Stress Responses of Seedlings of Four Mediterranean Oak Species", Tree Physiology, 20,
Heron Publishing, Victoria, Canada, pp. 1065-1075,
<http://heronpublishing.com/tree/files/domain/data/contents/summary/a20-1065.html>
- FOTHERINGHAM, S.; ROGERSON, P. *Eds.* (1995) "Spatial Analysis and GIS",
Bristol, Taylor & Francis, 281 p.
- FORTIN, M.J. (1999) "Spatial Statistics in Landscape Ecology" *in* KLOPATEK, J.M. ; GARDNER, R.H. *Eds.* (1999) "Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications", Nova Iorque, Springer-Verlag, pp. 253-279

- FRANCO, J.A. (1971) "Nova Flora de Portugal (Continente e Açores)", Vol. I, Lycopodiaceae-Umbelliferae, Lisboa, Ed. Aut., p. VII-648
- FRANKLIN, J.; STEPHENSON, J. (1999) "Integrating GIS and Remote Sensing to Produce Regional Vegetation Databases: Attributes Related to Environmental Modelling", 12 p.,
http://www.sbg.ac.at/geo/idrisi/gis_environmental_modeling/sf_papers/franklin_janet/my_paper.html
- FRAZIER, B.E.; CHENG, Y. (1989) "Remote Sensing of Soils in the Eastern Palouse Region with Landsat Thematic Mapper", Remote Sensing of the Environment, Elsevier, Vol. 28, pp. 317-325
- FRÉMONT, A. (1980) "A Região, Espaço Vivido", Coimbra, Almedina, 275 p.
- FREUND, J.E.; WALPOLE, R.E. (1987) "Mathematical Statistics", 4ª Ed., New Jersey, EUA, Prentice Hall
- FROHN, R.C. (1998) "Remote Sensing for Landscape Ecology", Nova Iorque, Lewis Publishers, 99 p.
- GILLESPIE, M.K.; BARR, C.J.; HOWARD, D.C.; BUNCE, R.G.H (1999) "Describing Variation in the Spatial Pattern of British Landscapes Using Data From Countryside Surveys", *in* MAUDSLEY, M.; MARSHALL, J. *eds.* (1999) "Heterogeneity in Landscape Ecology – Pattern and Scale", Proceedings of the 1999 Annual I.A.L.E. (UK) Conference, IACR – Long Ashton Research Station, Bristol, UK I.A.L.E., pp. 65-73
- GILLIAM, J.F.; FRASER, D.F. (2001) "Movement in Corridors: Enhancement by Predation Threat, Disturbance and Habitat Structure", Ecology, Vol. 82, Nº 1, pp. 258-273,
<http://www.esajournals.org/esaonline/?request=get-archive>
- GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1975) "Applications de la Télédétection à L'étude de la Biosphère", Paris, Masson, 186 p.
- GIRARD, M.C.; GIRARD, C.M. (1989) "Télédétection Appliquée – Zones Tempérées et Intertropicales", Paris, Masson, 260 p.
- GLEICK, J. (1989) "CAOS – A Construção de uma Nova Ciência", Lisboa, Gradiva, 420 p.
- GOETZ, S.J. (2001) "Recent Advances in Remote Sensing of Biophysical Variables – An Overview of the Special Issue", Remote Sensing of Environment, Vol. 78 (2-3), pp. 145-146
- GOMES, I.M. ; TAVARES, C.D. (1994) "Vegetation Monitoring and Land Use Mapping with NOAA-AVHRR – Beja Region", Medalus Project, Working Paper Number 32, 11 p.

GOMEZ, S.R. (1999) "Mediterranean European Agroforestry Systems. The Dehesa : 900 Years of Agrosilvopastoral Yield and Environmental Quality", Universidade Politécnica de Madrid, 11 p., <http://www2.dst.dk/internet/agrienvstat99/seminar%20item%2017.pdf>

GONÇALVES, E. (2000) "The Cork Report – A Study on the Economics of Cork", Royal Society for the Protection of Birds, 53 p., <http://www.rspb.org.uk/pdfstore/cork.pdf>

GOPAL, S.; WOODCOCK, C. (1994) "Theory and Methods for Accuracy Assessment of Thematic Maps Using Fuzzy Sets", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 60, N.º 2, pp. 181-188

GORDON, S.I. (1980) "Utilizing Landsat Imagery to Monitor Land-Use Change: a Case Study in Ohio", Remote Sensing of Environment, Vol. 9, pp. 189-196

GOUDIE, A. (1988) "The Human Impact on the Natural Environment", 2ª ed., Oxford, Blackwell, 337 p.

GOWARD, S.M.; MASEK, J.G. (2001) "Landsat – 30 Years and Counting", Remote Sensing of Environment, Vol. 78 (1-2), pp. 1-2

GOWARD, S.M.; MASEK, J.G.; WILLIAMS, D.L.; IRONS, J.R.; THOMPSON, R.J. (2001) "The Landsat 7 Mission – Terrestrial Research and Applications for the 21 St. Century", Remote Sensing of Environment, Vol. 78 (1-2), pp. 3-12

GRAETZ, R.D. (1996) "Empirical and Practical Approaches to land Surface Characterisation and Change Detection", *in* Comissão Europeia (1996) "The Use of Remote Sensing for Land Degradation and Desertification Monitoring in the Mediterranean Basin – State of the Art and Future Research", Environment and Climate Programme, Experts Workshop 13-15 Junho Valencia, Espanha, Relatório N.º EUR 16732 EN, Bruxelas, pp 9-22.

GREEN, K.; KEMPKA, D.; LACKEY, L. (1994) "Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-Cover and Land-Use Change", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 60, N.º 3, pp. 331-337

GROVE, A.T. (1994) "Erosion in the Historic Past ; Climate or Man-Made ?", Medalus Project, Working Paper Number 12, 25 p.

GROVE, A.T. (1996) "The Historical Context : Before 1850", *in* BRANDT, C.J. THORNES, J.B. Eds. (1996) "Mediterranean Desertification and Land Use", Cap. 2, pp. 13-28

GROVES, R.H. (1998) "Ecological Indicators of Landscape Degradation", *in* RUNDEL, P.W.; MONTENEGRO, G.; JAKSIC, F.M. *Eds.* (1998) "Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean – Type Ecosystems", Ecological Studies Nº 136, Berlin, Springer, pp. 55-62

Guia de Portugal (1983) "Estremadura, Alentejo e Algarve", *vol.* II, 2ª *ed.*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 697 p.

HARGIS, C.D. ; BISSONETTE, J.A. ; DAVID, J.L. (1998) "The Behaviour of Landscape Metrics Commonly Used in the Study of Habitat Fragmentation", Landscape Ecology, Vol. 13(3), pp. 167-186

HERZOG, F.; LAUSCH, A (1999) "Prospects and Limitations of the Application of Landscape Metrics for Landscape Monitoring", *in* MAUDSLEY, M.; MARSHALL, J. *eds.* (1999) "Heterogeneity in Landscape Ecology – Pattern and Scale", Proceedings of the 1999 Annual I.A.L.E. (UK) Conference, IACR – Long Ashton Research Station, Bristol, UK I.A.L.E, pp. 41-50

HILL, J. (1993) "Land Degradation and Soil Erosion Hazard Mapping in Mediterranean Environments with Operational Earth Observation Satellites", Proceedings International Symposium "Operationalization of Remote Sensing", ITC, Enschede, Holanda, 19-23 de Abril, Vol. 9, pp. 41-51

HILL, T.B. (1993) "Taking the " " out of "Ground Truth" : Objective Accuracy Assessment", Proceedings of the 12 Th. Pecora Conference, Sioux Falls, S.D., pp. 389-396

HOEHN, P. ; LARSGAARD. M.L. (2001) "Dictionary of Abbreviations and Acronyms in Geographic Information Systems, Cartography and Remote Sensing", Map & Imagery Laboratory, University of California, Berkeley, Santa Barbara Library, 46 p., <http://www.lib.berkeley.edu/EART/abbrev.html>

HOOVER, E.M.; GIARRATANI, F. (1984) "An Introduction to Regional Economics", 3ª Ed., Nova Iorque, Alfred Knopf

HOPPER, D.U. (1998) "The Role of Complementarity and Competition in Ecosystem Responses to Variation in Plant Diversity", Ecological Society of America, Online Journal, Março, 15 p.

HOWARTH, P.J.; WICKWARE, G.M. (1981) "Procedures for Change detection Using Landsat Digital Data", International Journal of Remote Sensing, Nº 2, pp. 277-291

HUDAK, A.T. ; WESSMAN, C.A. (1997) "Textural Analysis of Aerial Photography to Characterize Large Scale Land Cover Change", Proceedings for the 12 Th. Annual ESRI User Conference, Copenhaga, Setembro de 1997, 8 p., <http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to650/pap643/p643.htm>

HUETE, A.R. (1987) "Spectral Signatures and Vegetation Indices", II Reunião Nacional do Grupo de Trabalho em Teledetecção, Valencia, pp. 13-26

HUGGETT, R. (1990) "Catastrophism: Systems of Earth History", Kent, Edward Arnold, 246 p.

HUMPHRIES, C.J.; PRESS, J.R. ; SUTTON, D.A. (1996) "Árvores de Portugal e Europa", Porto, Câmara Municipal do Porto e Fundo para a Protecção dos Animais Selvagens, 320 p.

HUNSAKER, C.T.; RICH, A.C. ; KAUFMAN, J.F. (1998) "Integrated Strategy for Measuring Vegetation Structure Using Remote Sensing Technologies", Workshop Proceedings and Proposal Action, South Lake Tahoe, California, 13 p.,
http://www.r5.fs.fed.us/sncf/framework/adaptative_mgt_monitoring/spam_report/chapter7.html

IMESON, A.C. (1996) "Desertification Research – Thematic Issues and Spatial and Temporal Scale", *in* Comissão Europeia (1996) "The Use of Remote Sensing for Land Degradation and Desertification Monitoring in the Mediterranean Basin – State of the Art and Future Research", Environment and Climate Programme, Experts Workshop 13-15 Junho Valencia, Espanha, Relatório N° EUR 16732 EN, Bruxelas, pp. 1-9

INE – Instituto Nacional de Estatística (2001)

"Censos 2001 – Resultados Preliminares, Região do Alentejo", 26 de Junho,
http://www.ine.pt/CENSOS2001/Downloads/Documentos/Destaque26Junho_Alentejo.pdf

INCOLL, L.D. (1993) "Plant Ecophysiology Group, Extended Third Interim Report on Work with Desertification Response Units", Medalus Project, Working Paper Number 14, 9 p.

INCOLL, L.D. (1994) "Plant Ecophysiology Group, Extended Third Interim Report on Work with Desertification Response Units", Medalus Project, Working Paper Number 15, 10 p.

JÄHNE, B. (1997) "Digital Image Processing – Concepts, Algorithms and Scientific Applications", 4ª Ed., Heidekberg, Springer Verlag, 555 p.

JEFFERS, J.N. (1985) "The Role of Ecosystem Theory in Upland Land Use and Management" , Soil Erosion in the European Community – Impact of Changing Agriculture, Proceedings of a Seminar on Land Degradation, Cesera, Ed. R.P.C. Morgan, Outubro de 1985, pp. 51-65

JENSEN, J.R. (1996) "Introductory Digital Image Processing – A Remote Sensing Perspective", 2ª Ed., Prentice Hall, New Jersey, EUA, *sn*.

JIAJU, L. (1988) "Development of Principal Components Analysis Applied to Multi-temporal Landsat TM Data", International Journal of Remote Sensing, Vol. 9, N° 12, pp. 1895-1907

JOHANNSEN, C.J. (2000) "Tractors, Planes and Satellites: Advances in Remote Sensing for Agriculture", Laboratory for Applications of Remote Sensing, California Department of Food and Agriculture, 6 p., <http://www.cdffa.ca.gov/inspection/frep/docs/tps.htm>

JOHANSON, T.D. (2000) "Visualization in Cyber-Geography : Reconsidering Cartography's Concept of Visualization", Centre for Advanced Spatial Analysis – Working Paper Series, N° 17, 45 p., <http://www.casa.ucl.ac.uk/cyberviz.pdf>

JOHNSTON, R.J. (1987) "Environmental Problems", Londres, Belhaven Press, 211 p.

JONES, A.; CLARK. J. (1997) "Driving Forces behind European Land Use Change: An Overview", in CLAUDE (Coordinating Land Use and Cover Data and Analyses in Europe) (1997) "The User Needs for More Harmonised Land Use Information at the National and the EU Level", Report on the CLAUDE Workshop, Wageningen, 22-23 de Maio 1996, CLAUDE - Resource Paper No.2

KAUFMAN, Y.; TANRÉ, D. (1992) "Atmospheric Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 30, pp. 261-270

KENNEDY, P.; KUUSELA, K.; FOLVING, S. (1998) "Regionalization and Stratification of Europe's Forests: The Foresters Perspective", Comissão Europeia, Space Applications Institute -Joint Research Centre, 17 p., http://www.egeo.sai.jrc.it/forecast/firs/firs_regions_97.pdf

KENNEDY, P.; KUUSELA, K.; FOLVING, S. (1998) "Regionalization and Stratification of Europe's Forests: The Foresters Perspective – Annex I", Comissão Europeia, Space Applications Institute - Joint Research Centre, 120 p., http://www.egeo.sai.jrc.it/forecast/firs/firs_97_annex.pdf

KEPNER, W.G. ; WATTS, C. *et al* (200) "A Landscape Approach for Detecting and Evaluating Change in a Semi-Arid Environment", Environmental Monitoring and Assessment, 64(1), 179-195, <http://www.wkap.nl/oasis.htm/270247>

KLOPATEK, J.M. ; GARDNER, R.H. *Eds.* (1999) "Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications", Nova Iorque, Springer-Verlag, 400 p.

KÖHL, M ; PÄIVINEN, R. (1996) "Definition of a System of Nomenclature for Mapping European Forests and for Compiling a Pan-European Forest Information System", Luxemburgo, Comissão Europeia, 238 p., http://www.egeo.sai.jrc.it/forecast/firs/firs_nomen/

KOMAR, J.G.; MIGNONO, M. ; SHEFFNER, E.; THOMPSON, R.J. (1996) "The Landsat Program: Toward Landsat 7 and Beyond", Apresentado no *Pecora 13 Symposium*, Sioux Falls, South Dakota, 22 de Agosto de 1996, 7 p., in <http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/pecora.html>

KOUTSIDOU, E.; GIOURGA, C.; LOUMOU, A.; MARGARIS, N.S. (1994) "Vegetation Recovery in Grazing Exclosures in Greece", Medalus Project, Working Paper Number 18, 12 p.

KOUTSIDOU, E.; MARGARIS, N.S. (2000) "Natural Regeneration of Degraded Mediterranean Ecosystems as Result of Grazing Pressure Exclusion – The Case of Chios Island", in Comissão Europeia (2000) "Mediterranean Desertification – Research Results and Policy Implications", Proceedings of the International Conference, 29 Th. October to 1 St. November 1996, Crete, Greece, Volume 2, "Summary of Project Results", Buxelas, DG Research, EUR 19303, pp. 367-377

KUIPER, J.A. (1999) "Grid-Based Modelling for Land Use Planning and Environmental Resource Mapping", Apresentado na XIX Conferência de Utilizadores Environmetal Systems Research Institute, São Diego, California, Julho de 1999, 15 p.,
<http://www.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap375/p375.htm>

LAMBERS, R.H.; RIETKERK, M. *et al* (2001) "Vegetation Pattern Formation in Semi-Arid Grazing Systems", Ecology, Vol. 82, Nº 1, pp. 50-61,
<http://www.esajournals.org/esaonline/?request=get-archive>

LANDGREBE, D. (1997) "The Evolution of Landsat data Analysis", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 63, Nº 7, pp. 859-867,
<http://dynamo.ecn.purdue.edu/~landgreb/Landsat.paper.pdf>

LARGOUËT, C.; CORDIER, M.O. (2000) "Improving the Land Cover Classification Using Domain Knowledge", Special Issue on Environmental Sciences and Artificial Intelligence, Vol. 14-1, 8 p.,
<http://www.irisa.fr/aida/Christine.Largouet/aicom.ps>

LEMONNIER, P. (1986) "O Solo", in EINAUDI (1986) "Região", Vol. VIII, Lisboa, INCM, pp. 59-96

LEMPS, A.H. (1970) "La végétation de la terre", Paris, Masson, 133 p.

LEVINE, N. (1996) "Spatial Statistics and GIS: Software Tools to Quantify Spatial Patterns", Journal of the American Planning Association, 62(3), pp. 381-391

LI, X.; LU, L.; CHENG, G.; XIAO, H. (2000) "Quantifying Landscape Structure of the Heihe River Basin, North-West China, Using FRAGSTATS", Journal of Arid Environments, 46, pp. 1-15,
<http://www.ideallibrary.com/links/artid/jare.2000.0715>

LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. (1994) "Remote Sensing and Image Interpretation", 3ª Ed., Nova Iorque, John Wiley and Sons, 750 p.

LINTZ, J.; SIMONETT, D.S. (1976) "Remote Sensing of Environment", Reading, MA, Addison-Wesley, 694 p.

LIU, H.; YEAQIAO, W. (1999) "Effect of Spatial Measurement Unit on Calculation of Landscape Indices", Geoinformatics and SocioInformatics, The Proceedings of Geoinformatics 1999 – Conference, Junho 1999, Li. B *et al*/Ed., pp. 1-9,
http://www.umich.edu/~iinet/chinadata/geoim99/Proceedings/liu_haiyan.PDF

LOBO, A.; PINEDA, N. (2000) "SPATEM: The Analysis of Annual Sequences of Vegetation Data at a Landscape Scale", 8 p., <http://vegetation.cnes.fr:8080/vgtprep/vgt2000/lobospatem.pdf>

LOBO, A.; CARRERAS, J.; NINOT, J.M. (2000) "Mediterranean Habitats: a Multi-Variate Analysis of vegetation Data", 5 p., <http://vegetation.cnes.fr:8080/vgtprep/vgt2000/lobohabitat.pdf>

LONGLEY, P.; BATTY, M. *Eds.* (1996) "Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment", Cambridge, Geoinformation International, 392 p.

LÓPEZ, B.; SABATÉ, B.; GRACIA, C. (1998) "Fine Roots Dynamics in a Mediterranean Forest: Effects of Drought and Stem Density", Tree Physiology, 18, Heron Publishing, Victoria, Canada, pp. 601-606

LÓPEZ, V. (1989) "La Observación de la Tierra desde el Espacio: el Mapa de Ocupación del Suelo de la Comunidad Económica Europea", Estudios Geográficos, 50, pp. 409-434

LOUNSBURY, J.F.; SOMMER, M.L.; FERNALD, E.A. (1981) "Land Use - a Spatial Approach", IOWA-EUA, Kendall/Hunt, 230 p.

LOURENÇO, F. (1996) "A Fronteira Luso - Espanhola: Comparação de Indicadores Demográficos, da Ocupação do Solo e das Explorações Agrícolas", Departamento de Economia Agrária e Sociologia Rural, UTL, 54 p., <http://www.isa.utl.pt/deasr/docs/fe-cidosea.pdf>

LOURENÇO, N. (1998) "Monitoring and Managing Changes in Marginal Areas. A Comparative Analysis", LUCC (Land Use / Land Cover Change) Newsletter, Nº 4, pp. 7-11,
http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC/pdf/news_lucc4.pdf

LSIRD (Livestock Systems in Rural Development in Disadvantaged Areas) (1997) "Livestock Systems in European Rural Development", International Conference, Nafplio, Grécia, Janeiro de 1997, 146 p., <http://www.mluri.sari.ac.uk/livestocksystems/nafplio/proceedings/>

LUCC (Land Use and Cover Change) (1996) "Open Science Meeting Proceedings", LUCC Report Series Nº 1, Amsterdão, Janeiro de 1996, 144 p., <http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC/pdf/proceedings.pdf>

LUCC (Land Use and Cover Change) (1999) "LUCC implementation strategy", IGBP Report 48, IHDP Report 10, 126 p., http://www.igbp.kva.se//uploads/report_48.pdf

MAB – Man and Biosphere Programme – UNESCO (1985) "Cartographie Intégrée de L'Environnement: Un Outil Pour la Recherche et pour L'Aménagement", Notes Techniques du MAB 16, Paris, UNESCO, 55 p.

MACHADO, J.R. (1999) "A Emergência dos Sistemas de Informação Geográfica na Análise e Organização do Espaço", Lisboa, FCG – FCT – MCT, 540 p.

MADRP – Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas (1999) "Manual Básico de Boas Práticas Agrícolas", 81 p., <http://www.min-agricultura.pt>

MAGNUSSEN, S.; BOUDEWYN, S.; WULDER, P.; SEEMANN, D. (2000) "Predictions of Forest Inventory Cover Type Proportions Using Landsat TM", Silva Fennica, 34(4), pp. 351-370, <http://www.metla.fi/silvafennica/abs/sa34/sa344351.htm>

MAINGUET, M. (1991) "Desertification, Natural Background and Human Mismanagement", Berlin, Springer Verlag

MAIROTA, P.; GEESON, N. *Eds.* (1994) "EC Policy Strategies for Land Use in the Mediterranean Countries", Medalus Project, Working Paper Number 17, 83 p.

MALVEIRO, M.I. (1990) "Desertificação e Dinâmica Populacional no Concelho de Mértola - Uma Perspectiva Ecológica", Tese de Mestrado em Ecologia Humana, Évora, Universidade de Évora, 151 p.

MANDELBROT, B.B. (1983) "The Fractal Geometry of Nature", Nova Iorque, EUA, W.H. Freeman and Company, 468 p.

MANION, A.M. (1991) "Global Environmental Change", Londres, Longman, 403 p.

MARSH, W.M. (1997) "Landscape Planning: Environmental Applications", 3ª Edição, John Willey & Sons, Nova Iorque, 434 p.

MARTINEZ-FERNANDEZ, J.; LOPEZ-BERMUDEZ, F; ROMERO-DIAZ, M. *et al* (1995) "Evolution of vegetation and Pedological Characteristics in Fields with Different Age of Abandonment", Medalus Project, Working Paper Number 52, 19 p.

MATHER, A.S. (1986) "Land Use", Londres, Longman, 286 p.

MATHER, P.M. (1993) *Ed.* "Geographical Information Handling – Research and Applications", Chichester, John Wiley & Sons, 343 p.

MATHER, P.M. (1994) "Computer Processing of Remotely-Sensed Images – An Introduction", Chichester, RU, John Wiley & Sons, 352 p.

MATOS, C.A. (2000) "Recursos Genéticos Animais e Sistemas de Exploração Tradicionais em Portugal", Arch. Zootec., N.º 49, pp. 363-383, <http://www.uco.es/grupos/cyted/7matos.pdf>

MAUDSLEY, M.; MARSHALL, J. *eds.* (1999) "Heterogeneity in Landscape Ecology – Pattern and Scale", Proceedings of the 1999 Annual I.A.L.E. (UK) Conference, IACR – Long Ashton Research Station, Bristol, UK I.A.L.E, 276 p.

McCloy, K. R. (1995) "Resource Management Information Systems", Bristol, Taylor & Francis, 415 p.

McGARIGAL, K.; MARKS, B.J. (1995) "FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure", General Technical Report PNW-GTR-351, Portland-Oregon, Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 122 p.

MEDEIROS, C.A. (1987) "Introdução à Geografia de Portugal", Lisboa, Estampa, 268 p.

MEEKES, W.V. (1999) "Trends in European Cultural Landscape Development: Perspectives for a Sustainable Future", Landscape and Urban Planning, 46, Elsevier, pp. 3-14, <http://129.79.82.27/IASCP/Papers/zingarip042400.pdf>

MEINIG, D.W. (1979) "The Interpretation of Ordinary Landscapes", Geographical Essays, Oxford, Oxford University Press

MELIA, J.; SOMMER, S.; TABERNER, M. *et al* (2000) "Remote Sensing Vegetation Assessment in Mediterranean Semiarid Landscapes" in Comissão Europeia (2000) "Mediterranean Desertification – Research Results and Policy Implications", Proceedings of the International Conference, 29 Th. October to 1 St. November 1996, Crete, Greece, Volume 2, "Summary of Project Results", Buxelas, DG Research, EUR 19303, pp. 597-606

MESEV, V.; LONGLEY, P.; BATTY, M. (1996) "RS – GIS: Spatial Distributions from Remote Imagery" *in* LONGLEY, P.; BATTY, M. *Eds.* (1996) "Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment", Cambridge, Geoinformation International, pp. 123-148

MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. *Eds.* (1994) "Changes in Land Use and Land Cover – A global Perspective", Cambridge, Cambridge University Press, 537 p.

MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. (1996) "Land-Use / Land-Cover Change: Challenges for Geographers", *Geojournal* 39(3), pp. 237-240

MILLER, D.; WHERRETT, J. (1998) "Visualizing Changes in Historic Landscapes", Land Use Science Group, Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Escócia, 16 p.,
<http://bamboo.mluri.sari.ac.uk/~jo/publications/rt98-david/miller-paper.html>

MILLER, D. (2000) "Spatial Modelling of the Visibility of Land Use Change", 4 Th. International Conference on Integrating GIS and Environmental Modelling (GIS/EM4): Problems, Prospects and Research Needs, Banff, Alberta, Canada, Setembro de 2000, 9 p.,
<http://www.colorado.edu/research/cires/banff/upload/448/>

MILNE, B.T. (1991) "Lessons from Applying Fractal Models to Landscape Patterns", in TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (1991) "Quantitative Methods in Landscape Ecology", *Ecological Studies* Vol. 82, Springer-Verlag, Berlin, pp. 199-238

Ministério da Agricultura (1996) "Portugal: Country report to the FAO International Technical Conference on Plant Genetic Resources. Leipzig 1996", Oeiras, M.A., 57 p.,
<http://web.icppgr.fao.org/pdf/portugal.pdf>

Ministério do Ambiente (1998) "Convention on Biological Diversity – First portuguese National Report", ICN, 117 p., <http://www.biodiv.org/doc/world/pt/pt-nr-01-en.pdf>

MICHENER, W.K.; BRUNT, J.W.; STAFFORD, G. *Eds.* (1994) "Environmental Information Management and Analysis: Ecosystem to Global Scales", Bristol, Taylor & Francis, 555 p.

MONTERO, G.; CAÑELLAS, I. (1999) "Sustainable Management of Mediterranean Forests in Spain", UNASYLVA, Nº 197, Vol. 50 – Mediterranean Forests, FAO, 7 p.,
<http://www.fao.org/docrep/x1880e/x1880e06.htm>

MONTSERRAT, P.; VILLAR, L. (1999) "Consecuencias Ecológicas del Abandono de Tierras y de la Despoblación Rural", *Investigación Agrícola – Sistemas Recursos Florestales*, Fuera de Serie Nº 1 – Dezembro de 1999, pp. 135-141, <http://ntcpdc.inia.es/IASPF/1999/Allue/10.MONTSE.pdf>

MOSER, S.C (1996) "A Partial Instructional Module on Global and Regional Land Use / Cover Change: Assessing the Data and Searching for General Relationships", *Geojournal* 39(3), pp. 241-283

MOSS, M.R. (2000) "Interdisciplinarity, Landscape Ecology and the «Transformation of Agricultural Landscapes»", *Landscape Ecology*, Vol. 15(3), pp. 303-311

MUSICK, H.B; GROVER, H. (1991) "Image Textural Measures as Indices of Landscape Pattern", in TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (1991) "Quantitative Methods in Landscape Ecology", *Ecological Studies* Vol. 82, Springer-Verlag, Berlin, pp. 77-104

NASA (1999) "Remote Sensing Tutorial", 5 p. (Índice), <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>

NASA (2000) "Landsat 7 – Science Data Users Handbook", *circa* 120 p., *in* http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/

NASA (2000) "Landsat Project, Policy and History – Comparison of the Landsat Missions", 7 p., *in* http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/LANDSAT/CAMPAIGN_DOCS/PROJECT/Comparison.html

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. (1984) "Landscape Ecology – Theory and Applications", Nova Iorque, EUA, Springer – Verlag

NAVEH, Z. (1998) "From Biodiversity to Ecodiversity – Holistic Conservation of the Biological and Cultural Diversity of Mediterranean Landscapes", *in* RUNDEL, P.W.; MONTENEGRO, G.; JAKSIC, F.M. *Eds.* (1998) "Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean – Type Ecosystems", *Ecological Studies* Nº 136, Berlin, Springer, pp. 23-53

NIGHTBERT, J.S. (1999) "Using Arc/Grid to Build and Use Patch Geometry and Neighbourhood Relationship Tables for the Interpretation of Remotely Sensed Vegetation Data", Apresentado na Conferência da American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Portland, Oregon, Maio de 1999, 6 p., <http://www.or.blm.gov/gis/gallery/asprs/asprs.htm>

NIMA – National Imagery and Mapping Agency (2000), "Defence Mapping Agency Technical Manual 8358.1 Datums, Ellipsoids, Grids and Grid reference Systems", 3 p. (Índice), <http://164.214.2.59/GandG/tm83581/toc.htm>

NRC - National Research Council (1997) "Rediscovering Geography – New Relevance for Science and Society", Washington D.C., National Academy Press, p. 234

NRC - National Research Council (1998) "People and Pixels – Linking Remote Sensing and Social Science", Washington D.C., National Academy Press, p. 244

NÚÑEZ-OLIVEIRA, E.; MARTÍNEZ-ABAIGAR, J. *et al* (1995) "A Comparative Study of Cistus Ladanifer Shrublands in Extremadura (CW Spain) on the Basis of Woody Species Composition and Cover", *Vegetatio*, 117(2), 123-132, <http://www.wkap.nl/oasis.htm/78036>

ODUN, E.P. (1971) "Fundamentos de Ecologia", 4ª Ed., Lisboa, F.C.G., 927 p.

OETTER, D.R.; COHEN, W.B.; BERTERRETCHÉ, M.; MAIERSPERGER, T.K.; KENNEDY, R.E. (2001) "Land Cover Mapping in Agricultural Setting Using Multiseasonal Thematic Mapper Data", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 76 (2), pp. 139-155

ONOFRE, N.X.; ROSÁRIO, L.P.; CABRAL, M.T.E. (1985) "Algumas Considerações Sobre o Modo de Recuperação da Capacidade Biofísica de Zonas Degradadas em Situações Pré-Desérticas", Évora, *Actas do Congresso sobre o Alentejo*, vol. II, pp. 509-525

OOST, K.V.; GOVERS, G.; DESMET, P. (2000) "Evaluating the Effects of Changes in Landscape Structure on Soil Erosion by Water and Tillage", *Landscape Ecology*, Vol. 15(6), pp. 577-589

PALMER, A.R.; ROOYEN, A.F. (1998) "Detecting Vegetation Change in the Southern Kalahari using Landsat TM Data", *Journal of Arid Environments*, Vol. 39, Nº 2, pp. 143-153, <http://www.ideallibrary.com/links/artid/jare.1998.0399>

PATIL, G.P.; TAILLIE, C. (1999) "Conceptualising Pattern Analysis of Spectral Change Relative to Ecosystem Status", *School of Forest Resources, Department of Statistics, Pennsylvania State University*, 6 p., <http://www.stat.psu.edu/~gpp/TR99-0301.htm>

PAUSAS, J.G. (1999) "Mediterranean Vegetation Dynamics: Modelling Problems and Functional Types", *Plant Ecology*, 140(1), 27-39, <http://www.wkap.nl/oasis.htm/191109>

PEEDELL, S.; KAY, S.; GIARDINO, G. (1998) "Seeing the (Olive) Trees From the Wood – Using GIS in Europe for Olive Tree Identification", *Proceedings of the 13 Th. ESRI European User Conference, Florença, Outubro de 1998*, 11 p., <http://www.arcdataonline.com/library/userconf/proc98/PROCEED/TO300/PAP275/PAP275.htm>

PELLEGRETTI, P.; VERNAZZA, G.; CONESE, C. *et al* (1994) "Classification of Agro-Forest Areas in Central Italy by the Integrated Use of Multispectral, Textural and Ancillary Data", *Medalus Project, Working Paper Number 21*, 17 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.

- PETERSEN, G.W.; CONNORS, K.F.; MILLER, D.A. *et al* (1987) "Aircraft and Satellite Remote Sensing of Desert Soils and Landscapes", *Remote Sensing of the Environment*, Elsevier, 23, pp. 253-271
- PEREVOLOTSKY, A. (1998) "Role of Grazing in Mediterranean Rangeland Ecosystems", *Bioscience Online*, Dezembro, 25 p.
- PICKUP, G. (1985) "The Erosion Cell – A Geomorphic Approach to Landscape Classification in Range Assessment", *Australian Rangeland Journal*, Vol. 7, Nº 2, pp. 114-121
- PINILLA, C. (1995) "Elementos de Teledetección", Madrid, RA-MA, 313 p.
- PINTO-CORREIA, T.; MASCARENHAS, J. (1999) "Contribution to the Extensification / Intensification Debate: New Trends in the Portuguese Montado", *Landscape and Urban Planning*, 46, pp. 125-131, http://147.46.94.112/e_journals/pdf_full/journal_I/I02_9912_460114.pdf
- POESEN, J.; BUNTE, K. (1996) "The Effects of Rock Fragments on Desertification Processes in Mediterranean Environments", *in* BRANDT, C.J. THORNES, J.B. *Eds.* (1996) "Mediterranean Desertification and Land Use", Chichester, John Willey & Sons, pp. 247-269
- POLLOCK, P.; BEAUCHEMIN, M.; FEDOSEJEVS, G. *et al* (2000) "Use of Remote Sensing Generated Landscape Metrics for Environmental Monitoring in Labrador, Canada", 4 Th. International Conference on Integrating GIS and Environmental Modelling (GIS/EM4): Problems, Prospects and Research Needs, Banff, Alberta, Canada, Setembro de 2000, 7 p., <http://www.colorado.edu/research/cires/banff/upload/172/>
- PRICE, K.P. (1993) "Detection of Soil Erosion within Pinyon-Juniper Woodlands Using Thematic Mapper Data", *Remote Sensing of the Environment*, Vol. 45, pp. 233-248
- PULINA, G.; MASALA, G.; ZANDA, A.; ENNE, G. (1994) "Analysis of Biomass Balance and Stocking Rate in Cattle and Sheep Production Systems in Mediterranean Areas", Medalus Project, Working Paper Number 23, 12 p.
- QUARMBY, N.A.; TOWNSHEND, J.R. *et al* (1989) "Monitoring Sediment Transport Systems in a Semiarid Area Using Thematic Mapper Data", *Remote Sensing of the Environment*, Vol.28, pp. 305-315
- QUATTROCHI, D.A.; GOODCHILD, M.F. *Eds.* (1997) "Scale in Remote Sensing and GIS", E.U.A., Lewis Publishers, 406 p.

QUATTROCHI, D.A.; PELLETIER, R.E. (1991) "Remote Sensing for Analysis of Landscapes: An Introduction", in TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (1991) "Quantitative Methods in Landscape Ecology", Ecological Studies Vol. 82, Springer-Verlag, Berlin, pp. 51-76

QUÉZEL, P.; MÉDAIL, F.; LOISEL, R.; BARBERO (1999) "Biodiversity and Conservation of Forest Species in the Mediterranean basin", UNASYLVA, Nº 197, Vol. 50 – Mediterranean Forests, FAO, 10 p., <http://www.fao.org/docrep/x1880e/x1880e05.htm>

RAISON, J.P. (1986) "Terra", in EINAUDI (1986) "Região", Vol. VIII, Lisboa, INCM, pp. 117-137

RAMADE, F. (1987) "Les Catastrophes Écologiques", Paris, McGrawhill, 317 p

RAMALHO, J.; JAN, L.; PERDIGÃO, M.V.; OLIVEIRA, E.; HENRIQUES, R.G. (1988) "Caracterização fisiográfica da Zona Crítica Alentejana - Classificação do Uso do Solo na sub-região de Mértola", Lisboa, LNEC, ICT - Informação Técnica Detecção Remota, 13 p.

RAMÍREZ-SANZ, L.; CASADO, M.A. *et al* (2000) "Floristic Relationships Between Scrubland and Grassland Patches in the Mediterranean Landscape of the Iberian Peninsula", Plant Ecology 149(1), 63-70, <http://www.wkap.nl/oasis.htm/258987>

RAY, T. H. (1994) "A FAQ on Vegetation in Remote Sensing", Div. Of Geological and Planetary Sciences, California Institute of Technology, Pasadena, 18 p., <http://www.yale.edu/ceo/Documentation/resvefaq.html>

RAY, T.H. (1995) "Remote Sensing of Land degradation in Arid/Semiarid Regions", Tese Ph.D., California Institute of Technology, 415 p., <http://www.planetary.caltech.edu/~terrill/thesis.html>

RAYNER, S. *et al* (1994) "A Wiring Diagram for the Study of Land Use / Cover Change" in MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. *Eds.* (1994) "Changes in Land Use and Land Cover – A global Perspective", Cambridge, Cambridge University Press, pp. 13-53

RECATALÁ, L.; FABRI, A.G. *et al* () "Environmental Indicators for Assessing and Monitoring Desertification and its Influence on Environmental Quality in Mediterranean Arid Environments", 12 p., http://www.itc.nl/elanem/pdf/recatala_paper.pdf

REGATO, P.; CASTEJÓN, M.; TELLA, G. (1999) "Cambios Recientes en Los Paisajes de los Sistemas Forestales Mediterráneos de España", Investigación Agrícola – Sistemas Recursos Forestales, Fuera de Serie Nº 1 – Dezembro de 1999, pp. 383-398, <http://ntcpdc.inia.es/IASPF/1999/Allue/26.P.REGATO.pdf>

- RIBEIRO, A. *et al.* (1979) "Introduction à la Géologie Générale du Portugal", Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, 114 p.
- RIBEIRO, O. (1970) "A Evolução Agrária no Portugal Mediterrâneo - Segundo Albert Silbert", Lisboa, CEG, 226 p.
- RIBEIRO, O. (1986) "Portugal o Mediterrâneo e o Atlântico", 4ª *ed.*, *col.* Nova Universidade, Lisboa, Sá da Costa, 188 p.
- RIBEIRO, O. (1987) "Introdução ao Estudo da Geografia Regional", Lisboa, Sá da Costa, 148 p.
- RIBEIRO, O. (1987) "Mediterrâneo Ambiente e Tradição", 2ª Ed., Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 323 p.
- RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1987) "Geografia de Portugal - Comentários e Actualização, Suzanne Daveau", "A Posição Geográfica e o Território", *vol.* I, Lisboa, Sá da Costa, pp. 1-334
- RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1988) "Geografia de Portugal - Comentários e Actualização, Suzanne Daveau", "O Ritmo Climático e a Paisagem", *vol.* II, Lisboa, Sá da Costa, pp. 335-623
- RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1989) "Geografia de Portugal - Comentários e Actualização, Suzanne Daveau", "O Povo Português", *vol.* III, Lisboa, Sá da Costa, pp. 624-942
- RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H., (1991) "Geografia de Portugal - Comentários e Actualização, Suzanne Daveau", "A Vida Económica e Social", *vol.* IV, Lisboa, Sá da Costa, pp. 943-1340
- RICHARDS, J.A. (1993) "Remote Sensing Digital Image Analysis", 2ª Ed., Nova Iorque, Springer Verlag, 340 p.
- RIITTERS, K.H.; WICKHAM, J.D.; VOGELMANN, J.E., JONES, K.B. (2000) "National Land-Cover Pattern Data", *Ecology* 81, pp. 604-613, <http://esa.sdsc.edu/Archive/E081-004/e081004d1.html>
- RINDFUSS, R.R.; STERN, P.C. (1998) "Linking Remote Sensing and Social Science: The Need and the Challenges", *in* NRC - National Research Council (1998) "People and Pixels – Linking Remote Sensing and Social Science", Washington D.C., National Academy Press, pp. 1-27
- RISSER, P.G. (1984) "Landscape Ecology: Directions and Approaches", Champaign – Illinois, Special Publication 2, Illinois Natural History Survey, 18 p.

RITCHIE, W.; WOOD, M.; WRIGHT, R.; TAIT, D. (1988) "Surveying and Mapping for Field Scientists", 2ª Ed., Burnt Mill, Harlow R.U., Longman Scientific and Technical, 180 p.

RITTERS, K.; WICKHAM, J.; O'NEILL, R.; JONES, B.; SMITH, E. (2000) "Global Scale Patterns of Forest Fragmentation", *Conservation Ecology*, 4(2), 1 p. (Índice),
<http://www.consecol.org/Journal/vol4/iss2/art3/>

ROBERTS, D.A.; GARDNER, M.; CHURCH, R.; USTIN, S.L., GREEN, R.O. (1997) "Optimum Strategies for Mapping Vegetation using Multiple Endmember Spectral Mixture Models", Departamento de "Land, Air and Water Resources", Universidade da California em Davis,
<http://cstars.ucdavis.edu/papers/html/robertsetal1997a/index.html>

ROBINSON, A.H.; MORRISON, J.L. *et al* (1995) "Elements of Cartography", 6ª Ed., Nova Iorque, EUA, John Wiley & Sons, 674 p.

RODRIGUES, L. (1998) "Projeções Demográficas Espacialmente Referenciadas, Concelho de Mértola 2011: Um Ensaio Metodológico", Lisboa, FCSH – UNL, Tese de Mestrado, 200 p.

ROGAN, J.; FRANKLIN, J.; ROBERTS, D.^a (2002) "A Comparison of Methods for Monitoring Multitemporal Vegetation Change Using Thematic Mapper Imagery", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 80 (1), pp. 143-156

ROTHMALER, W. (1939) "Importância da Fitogeografia nos Estudos Agronómicos", *Palest. Agron.*, Vol. II, 1ª Parte, pp. 49-60, XIII map., Lisboa.

ROUGERIE, G; BEROUTCHACHVILI, N. (1991) "Géosystèmes et Paysages – Bilan et Méthodes", Armand Colin, Paris, 302 p.

ROXO, M.J. (1994) "A Acção Antrópica no Processo de Degradação de Solos – A Serra de Serpa e Mértola", Tese de Doutoramento, Lisboa, DGPR – FCSH – UNL, 387 p.

ROXO, M.J.; CASIMIRO, P.C. (1996) "Inner Lower Alentejo-Portugal", in THORNES J.B.; BRANDT, J. *Eds.* (1996) "Mediterranean Desertification and Land Use", Chichester, John Wiley & Sons, pp. 111-136

ROXO, M.J.; CASIMIRO, P.C. (1997) "Human Impact on Land Degradation in the Inner Alentejo, Mértola – Portugal", in MAIROTA, P., THORNES J.B. AND GEESON, N.A. *Eds.* (1997) "Atlas of Mediterranean Environments in Europe. The Desertification Context", Chichester, John Wiley & Sons

ROXO, M.J.; CASIMIRO, P.C.; MOURÃO, J. (1997) "Políticas Agrícolas, Mudanças de Uso do Solo e Degradação dos Recursos Naturais- Baixo Alentejo Interior", Revista Mediterrâneo, Instituto Mediterrâneo, F.C.S.H. – U.N.L., Nº 12-13, 1998, pp. 167-190

ROXO, M.J.; CASIMIRO, P.C. (1999) "MEDALUS: Mediterranean Desertification and Land Use. Estudos sobre Desertificação no Baixo Alentejo Interior – Concelho de Mértola", Revista Geolnova – Revista do Departamento de Geografia e Planeamento Regional, Nº 0 – 1999, F.C.S.H. – U.N.L., pp. 6-29

RUBIO, A.; GAVILÁN, R.; ESCUDERO, A. (1999) "Are Soil Characteristics and Understorey Composition Controlled by Forest Management?", Forest Ecology and Management, 113, Elsevier, pp. 191-200, <http://147.46.94.112/journal/sej/full/fem990125v113i2-307.pdf>

RUIZ de la TORRE, J. (1985) "Conservation of Plant Species Within Their Native Ecosystems", Plant Conservation in the Mediterranean Area, GOMEZ-CAPO *Eds.*, Dordrecht.

RUNDEL, P.W. (1998) "Landscape Disturbance in Mediterranean Type Ecosystems: An Overview", *in*, RUNDEL, P.W.; MONTENEGRO, G.; JAKSIC, F.M. *Eds.* (1998) "Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean – Type Ecosystems", Ecological Studies Nº 136, Berlin, Springer, pp. 4-22

RUNDEL, P.W.; MONTENEGRO, G.; JAKSIC, F.M. *Eds.* (1998) "Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean – Type Ecosystems", Ecological Studies Nº 136, Berlin, Springer, 447 p.

RUSSO, C.S.; TAVARES, H.M.; FERREIRA, M.A. (1950) "Inquérito Agrícola e Florestal ao Concelho de Mértola - Plano de Fomento Agrário", Lisboa, Ministério da Economia, Secretaria de Estado da Agricultura, 94 p.

SABINS, F. F. (1996) "Remote Sensing : Principles and Interpretation", 3ª Ed., Nova Iorque, W.H. Freeman & Company, 494 p.

SADOWSKI, F.; SARNO, J. (1976) "Forest Classification Accuracy as influenced by Multispectral Scanner Spatial Resolution", Report for Contract NAS9-14123 – NASA, Houston – Texas, EUA, LBJ Space centre.

SAMPSON, N.; DeCOSTER, L. (2000) "Forest fragmentation: Implications for Sustainable Private Forests", Journal of Forestry, 98(3), pp. 4-8, <http://www.sampsongroup.com/acrobat/ForestFrag.pdf>

SANDERSON, E.W.; USTIN, S.L. (1998) "Evaluation of Landscape Structure using AVIRIS Quicklooks and Ancillary Data", Proceedings of the Seventh Earth Science Airborne Workshop, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, Janeiro de 1998, 10 p., <http://cstars.ucdavis.edu/papers/html/sandersonetal1998c/index.html>

SANTO, F.E.; BUGALHO, M.L. (2000) "Climatic Variability and Desertification Risk in Portugal", in Comissão Europeia (2000) "Mediterranean Desertification – Research Results and Policy Implications", Proceedings of the International Conference, 29 Th. October to 1 St. November 1996, Crete, Greece, Volume 2, "Summary of Project Results", Buxelas, DG Research, EUR 19303, pp. 569-578

SCHMIDT, H.; KARNIELI, A. (2000) "Remote Sensing of the Seasonal Variability of Vegetation in a Semiarid Environment", Journal of Arid Environments, Vol. 45, Nº 1, pp. 43-59,
<http://www.ideallibrary.com/links/artid/jare.1999.0607>

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.

SENDRA, J.B. (2000) "Sistemas de Información Geográfica", 2ª Ed., Madrid, RIALP, 451 p.

SFF (Silva Forest Foundation) (1992) "Landscape Ecology – Literature Review", 23 p.,
<http://www.silvafor.org/docs/docs.htm#top>

SFF (Silva Forest Foundation) (1995) "Fully Functioning Forest Ecosystems and Associated Concepts", 5 p., <http://www.silvafor.org/docs/docs.htm#top>

SHEFFNER, E.J. (1996) "The Landsat Program and Landsat Science", Apresentado no *Landsat Science Working Group*, Greenbelt, Maryland, 15 de Outubro de 1996, 7 p.,
<http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/swg.html>

SHOSHANY, M.; KUTIEL, P.; LAVEE, H. (1996) "Monitoring Temporal Vegetation Cover Changes in Mediterranean and arid Ecosystems Using a Remote Sensing Technique: Case Study of the Judean Mountain and the Judean Desert", Journal of Arid Environments, Vol. 33, Nº 1pp. 9-21,
<http://www.ideallibrary.com/links/artid/jare.1996.0042>

SIMMONS, I.G. (1989) "Changing the Face of the Earth - Culture, Environment, History", Oxford, Blackwell, 487 p.

SINGH, R.B.; FOX, J.; HIMIYAMA, Y. Eds. (2001) "Land Use and Cover Change", Enfield, New Hampshire, Science Publishers Inc., 299 p.

SKIDMORE, A.K. (1997) "GIS Applications and Use of Digital Terrain Modelling", Geographic Information – III Joint European Conference & Exhibition on Geographical Information, Viena, Austria, 1997, IOS Press, pp. 442-463

SKOLE, D.L. (1994) "Data on Global Land-Cover Change: Acquisition, Assessment, and Analysis", in MEYER, W.B.; TURNER II, B.L. *Eds.* (1994) "Changes in Land Use and Land Cover – A global Perspective", Cambridge, Cambridge University Press, pp. 437-471.

SLOBODKIN, L.B. (2000) "Proclaiming a New Ecological Sub discipline", Bulletin of the Ecological Society of America, Vol. 81, pp. 223-226, <http://www.esajournals.org/esaonline/?request=get-archive>

SMITH, K. (1992) "Environmental Hazards – Assessing Risk and Reducing Disaster", Londres, Routledge, 324 p.

SOEIRO de BRITO, R. *Dir.* (1993) "Portugal – Perfil Geográfico", Lisboa, Editorial Estampa, 415 p.

SONG, C.; WOODCOCK, C.E.; SETO, K.C.; LENNEY, M.P.; MACOMBER, S.A. (2001) "Classification and Change Detection Using Landsat TM data – When and How to Correct Atmospheric Effects", Remote Sensing of the Environment, Vol. 75 (2), Elsevier, pp. 230-244

STEINBERG, J.; HUSSER, J. (1988) "Cartographie Dynamique Applicable à l'Aménagement", Paris, SEDES, 132 p.

STONE, William E. (1996) "The Pecora Legacy – Land Observation Satellites in the Next Century", Apresentado no *Pecora 13 Symposium*, Sioux Falls, South Dakota, 22 de Agosto de 1996, 7 p., <http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/wes.html>

STONE, William E. (1997) "Land Sensing Satellites in the Year 2000", Apresentado na *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Singapura, 7 de Agosto de 1997, 6 p., <http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/wesigrs.html>

STRAHLER, A.N. (1986) "Physical Geography", 4ª Ed., Nova Iorque, EUA, Wiley International, 643 p.

SYMANZIK, J.; GRIFFITHS, L., GILLIES, R.R (1998) "Visual Exploration of Satellite Images", Department of Mathematics and Statistics", Universidade do Utah, <http://www.math.usu.edu/~symanzik/papers/JSpapers.html>

TABERNER, M.; HURCOM, S.J.; HARISON, A.R. (1994) "Mapping Semi-Arid Vegetation at the Regional Scale Using Satellite Data", Medalus Project, Working Paper Number 41, 26 p.

TABERNER, M.; HURCOM, S.J.; HARISON, A.R. (1994) "Assessment of Biophysical Vegetation Properties Through Spectral Decomposition Techniques", Medalus Project, Working Paper Number 43, 24 p.

TABERNER, M.; FERRARA, A. (1997) "A Computer Program for Extracting Spatial Information from Landsat TM Images", Medalus Project, Working Paper Number 74, 20 p.

TEIXEIRA, C.; PAIS, J. (1976) "Introdução à Paleobotânica – As Grandes Fases da Evolução dos Vegetais", Lisboa, 210 p.

TENEDÓRIO, J.A. (1989) "Concepção de cartas de uso do solo e de evolução do uso do solo por interpretação de fotografia aérea vertical - Almada : Exemplo metodológico", Lisboa, Universidade Nova de Lisboa – FCSH - CEGPR, INIC, 79 p.

TENEDÓRIO, J.A. (1998) "Télédétection en Milieu Périurbain – Détection et Localisation du Changement de L'Occupation du Sol par Intégration des Données-Satellite SPOT – HRV dans un Système d'Information Géographique", Paris, Universidade Paris XII, Tese de Doutoramento, 254 p.

THEOBALD, D.M. (1998) "Tools Available for Measuring Habitat Fragmentation", Apresentado no Colorado Chapter of The Wildlife Society Annual Meeting, Grand Junction, Colorado, Janeiro de 1998, 6 p., <http://ndis.nrel.colostate.edu/davet/pubs/fragtools.htm>

TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. (2000) "How Should we Measure Landscape Connectivity", Landscape Ecology, Vol. 15 (7), Kluwer, pp. 633-641

TISCHENDORF, L. (2001) "Can Landscape Indices Predict Ecological Processes Consistently?", Landscape Ecology, Vol. 16(3), pp. 235-254

THOMAS, R.W.; USTIN, S.L. (1987) "Discriminating Semiarid Vegetation Using Airborne Imaging Spectrometer Data: A Preliminary Assessment", Departamento de Botânica, Universidade da Califórnia em Davis, 5 p., <http://vache.ucdavis.edu/papers/html/thomasetal1987a/>

TORRES, C.; ALVES da SILVA, L. (1989) "Mértola - Vila Museu", 2ª Ed., Mértola, Campo Arqueológico de Mértola, 155 p.

TRICART, J. (1978) "A Terra Planeta Vivo", Lisboa, Presença, 195 p.

TROLL, C. (1950) "Die Geographische Landschaft und Ihre Erforschung", Heidelberg, Studium Generale 3, pp. 163-181

TUAN, Yi-Fu (1980) "Topofilia – Um Estudo da Percepção, Atitudes e Valores do Meio Ambiente", São Paulo, Brasil, Difel, 288 p.

TUAN, Yi-Fu (1983) "Espaço e Lugar", São Paulo, Brasil, Difel, 250 p.

TURNER, B.L.; SKOLE, D.; SANDERSON, S.; FISCHER, G.; FRESCO, L.; LEEMANS, R. (1995) "Land-Use and Land-Cover Change", Science – Research Plan, IGBP Report No.35, HDP Report No.7, Estocolmo e Genebra, IGBP e HDP

TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (1991) "Quantitative Methods in Landscape Ecology", Ecological Studies Vol. 82, Springer-Verlag, Berlin, 536 p.

TURNER, S.J.; O'NEILL, R.V.; CONLEY, W (1991) "Pattern and Scale: Statistics for Landscape Ecology" in TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (1991) "Quantitative Methods in Landscape Ecology", Ecological Studies Vol. 82, Springer-Verlag, Berlin, pp. 17-50

UNEP (1989) "Futures for the Mediterranean Basin – The Blue Plan", Oxford, Oxford University Press, 279 p.

UNEP (1990) "Plan D'Action pour La Méditerranée, Les Fascicules du Plan Bleu N° 2 – Les Forêts Méditerranéennes, Enjeux et Perspectives", Paris, Economica, 108 p.

UNEP-WCMC (World Conservation Monitoring Centre) (2000) "European Forests and Protected Areas: Gap Analysis", Technical Report, 71 p.,
http://www.unep-wcmc.org/forest/eu_gap/Technical%20Report.pdf

UNITAR (United Nations Institute for Training and Research) (1994) "Change and Time Series Analysis", Worcester, Clark University, 122 p.

USDA – United States Department of Agriculture (1998) "Integrating Science and Policy in Natural Resource Management: Lessons and Opportunities From North America", USDA – Forest Service, Pacific Northwest Research Station, General Technical Report PNW-GTR-441, 22 p.,
<http://www.fs.fed.us/pnw/pubs.htm>

USDA – United States Department of Agriculture (1999) "Assessing the Effects of Fire Disturbance on Ecosystems: A Scientific Agenda for research and Management", USDA – Forest Service, Pacific Northwest Research Station, General Technical Report PNW-GTR-455, 112 p.,
<http://www.fs.fed.us/pnw/pubs.htm>

USDA – United States Department of Agriculture (1999) "Place Assessment: How People Define Ecosystems", USDA – Forest Service, Pacific Northwest Research Station, General Technical Report PNW-GTR-462, 44 p., <http://www.fs.fed.us/pnw/pubs.htm>

USDA – United States Department of Agriculture (2000) “Understanding Human Uses and Values in Watershed Analysis”, USDA – Forest Service, Pacific Northwest Research Station, General Technical Report PNW-GTR-489, 24 p., <http://www.fs.fed.us/pnw/pubs.htm>

USTIN, S.L.; ADAMS, J.B.; ELVIDGE, M.R; *et al*/ (1986) “Thematic Mapper Studies of Semiarid Shrub Communities”, Departamento de Botânica, Universidade da California em Davis, 7 p., <http://vache.ucdavis.edu/papers/html/ustinetal1986a/>

USTIN, S.L.; JACQUEMOUD, SMITH, M.O.; VERSTRAETE, M.M. (1998) “Geobotany: Vegetation Mapping for Earth Sciences”, Manual of Remote Sensing, Andrew Rencz Editor, Capítulo 4, <http://cstars.ucdavis.edu/papers/html/ustinetal1998b/>

VAN der LEEUW, S.E. (2000) “Degradation and Desertification: Some Lessons from the Long-Term Perspective”, in Comissão Europeia (2000) “Mediterranean Desertification – Research Results and Policy Implications”, Proceedings of the International Conference, 29 Th. October to 1 St. November 1996, Crete, Greece, Volume 1, “Plenary Session Keynote Speakers”, Buxelas, DG Research, EUR 19303, pp. 17-31

VAN der MEER, F. (1997) “What Does Multisensor Image Fusion Add in Terms of Information Content for Visual Interpretation ?”, International Journal of Remote Sensing, Vol. 18, Nº 2, pp. 445-452

VARELA, M.C. (1999) “Cork and the Cork Oak System”, UNASYLVA, Nº 197, Vol. 50 – Mediterranean Forests, FAO, 4 p., <http://www.fao.org/docrep/x1880e/x1880e08.htm>

VARELA, M.C. (2000) “Red Europea de Conservación de Recursos Genéticos de los Robles Mediterráneos”, Investigación Agrícola – Sistemas Recursos Forestales, Fuera de Serie Nº 2 – Dezembro de 1999, pp. 95-102, <http://ntcpdc.inia.es/IASPF/2000/fueraserie/VAREL.PDF>

VEDEL, H. (1977) “Árvores e Arbustos – Península Ibérica e Mediterrâneo”, Lisboa, Circulo de Leitores, 128 p.

VERBYLA, D.; HAMMOND, T. (1995) “How to Lie With an Error Matrix”, Department of Forest Sciences, University of Alaska, Fairbanks, 7 p., <http://www.lter.uaf.edu/~dverbyla/errormatrix.html>

VERDÚ, J.R.; CRESPO, M.B.; GALANTE, E. (2000) “Conservation Strategy of a Nature Reserve in Mediterranean Ecosystems: the Effects of Protection from Grazing on Biodiversity”, Biodiversity and Conservation, 9(12), 1707-1721, <http://www.wkap.nl/oasis.htm/263826>

VOLOTÃO, C.F. (1998) “Análise Espacial – Métricas do Fragstats”, Tese de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil, 48 p., <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser431/fragstats.pdf>

VONDER, O.W.; CLEVERS, J.G. (1998) "Multisensor RS Capabilities Land, Report 1: Applications of Present and Future Optical Remote Sensing Satellite Sensors", Wageningen Agricultural University, Laboratory of Geo-Information Science and Remote Sensing, 1 p. (Índice),
<http://137.224.135.82/cgi/projects/bcrs/multisensor/report1/index.html>

WALFORD, N. (1997) "Geographical Data Analysis", Chichester, John Wiley & Sons, 446 p.

WALMSLEY, D.J.; LEWIS, G.J. (1992) "People and Environment - Behaviour Approaches in Human Geography", 2ª ed., Essex-RU, Longman, 290 p.

WANG, L.; HE, D.C. (1990) "A New Statistical Approach for Texture Analysis", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 29, pp. 656-664

WEGENER, M. (1999) "Evaluating Historical Land Use – Land Cover Change in the North Temperate Lakes Long-Term Ecological Research Site", Institute for Environment Studies, Environmental Monitoring Program, University of Wisconsin – Madison, 10 p.,
<http://www.ucgis.org/oregon/papers/wegener.htm>

WICKHAM, J.D.; O'NEILL, R.V.; JONES, K.B. (2000) "A Geography of Ecosystem Vulnerability", Landscape Ecology, Vol. 15(6), pp. 495-504

WIENS, J.A. (1992) "What is Landscape Ecology, Really ?", Landscape Ecology, Vol. 7, pp. 149-150

WILLIAMSON, H.D. (1989) "Reflectance from Shrubs and Under-Shrub Soil in a Semiarid Environment", Remote Sensing of the Environment, Vol. 29, pp. 263-271

WOLMAN, M.G. (1987) "Criteria for Land Use", in MCLAREN, D.J.; SKINNER, B.J. Eds. (1987) "Resources and World Development", Nova Iorque, John Wiley & Sons., pp. 643-657

WOOLDRIDGE, S.W.; GORDON EAST, W. (1967) "Espírito e Propósitos da Geografia", 2ª Ed., Rio de Janeiro, Zahar Editores, 189 p.

WRBKA, T.; REITER, K.; SZERENCITS, E. *et al* (1998) "Landscape Structure derived From Satellite Images as Indicator for Sustainable Land use", Institute of Surveying, Remote Sensing and Land Information, University of Agricultural Sciences, Viena,
http://www.pph.univie.ac.at/intwo/endbericht/publik/wrbka_ensch_98.htm

WWF – CSP (World Wildlife Fund – Conservation Science Program) (1998) “The Global 200: A Representation Approach to Conserving the Earth’s Distinctive Ecoregions”, 152 p.,
<http://www.worldwildlife.org/news/pubs/g200pdf.pdf>

YASSOGLOU, N. (2000) “Land, Desertification Vulnerability and Management in Mediterranean Landscapes”, in Comissão Europeia (2000) “Mediterranean Desertification – Research Results and Policy Implications”, Proceedings of the International Conference, 29 Th. October to 1 St. November 1996, Crete, Greece, Volume 1, “Plenary Session Keynote Speakers”, Buxelas, DG Research, EUR 19303, pp. 87-113

ZADEH, L. A. (1965) “Fuzzy Sets”, Information and Control, Nº 8, pp. 338-353

ZHANG, M.; GENG, S.; USTIN, S.L. (1997) “Quantifying the Agricultural Landscape and Assessing Spatio-Temporal Patterns of Precipitation and Groundwater Usage”, Departamento de “Land, Air and Water Resources”, Universidade da California em Davis,
<http://cstars.ucdavis.edu/papers/html/zhangetal1997a/index.html>

ZHANG, Y.; SHABANOV, N. *et al* (2001) “Required Consistency between Biome Definitions and Signatures with the Physics of Remote Sensing: Theoretical Arguments”, Remote Sensing of Environment, 49 p., <http://cybele.bu.edu/download/manuscripts/yuzhang02.pdf>

ZOMER, R.; USTIN, S.L., IVES, J.D. (1999) “Remote Sensing for Rapid Ecological Assessment in Mountain Environments”, Centre for Spatial Technologies and Remote Sensing, Unviversidade da Califórnia em Davis, <http://cstars.ucdavis.edu/papers/html/zomeretal999c/index.html>

ZONNEVELD, I.S. (1979) “Land Evaluation and Land(scape) Science”,
Enschede, Holanda, Internacional Training Center, 134 p.

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Diagrama operacional do trabalho.	16
Figura 1.2 – Localização da área de estudo	20
Figura 1.1 – Mecanismos de controlo e sua interacção, mudanças de coberto – uso do solo.....	36
Figura 1.2 – Ciclos biogeoquímicos	39
Figura 1.3 – Alguns aspectos das modificações da vegetação induzidas pela actividade humana.....	40
Figura 2.1 – Esquema de uma onda electromagnética.....	60
Figura 2.2 – Espectro electromagnético	61
Figura 2.3 – Espectro electromagnético da radiação solar e terrestre.....	62
Figura 2.4 – Efeitos da Atmosfera e superfície na radiação recebida por um sensor de um satélite....	63
Figura 2.5 – Influência da estrutura interna das folhas verdes no comportamento espectral	65
Figura 2.6 – Factores da reflectividade da vegetação no espectro óptico.....	66
Figura 2.7 – Diagrama do espectro electromagnético	67
Figura 2.8 – Reflectância espectral de um solo	68
Figura 2.9 – Níveis de cinzento dos pixels	70
Figura 2.10 – Relação entre a resolução espectral e a resolução espacial de vários sensores	72
Figura 2.11 – Comparação entre o número de linhas e colunas das imagens TM (b) e MSS (a).....	75
Figura 2.12 – Satélites Landsat 5 e Landsat 7.....	77
Figura 2.13 – Formas de representar dados multiespectrais, imagem, espectro e objecto.....	78
Figura 2.14 – Correlação, verificação	82
Figura 2.15 – Abordagem estatística: classificação não supervisionada e supervisionada.....	84
Figura 2.16 – Significados de escala	87
Figura 3.1 – Sequência ideal de procedimentos para o tratamento digital de imagem de satélite	95
Figura 3.2 – Domínios Florísticos em Portugal Continental	109
Figura 3.3 – Evolução anual do manto vegetal	111
Figura 3.4 – Distribuição das comunidades vegetais em clima Mediterrâneo.....	116
Figura 3.5 – Associações vegetais Mediterrâneas em função da perturbação humana	119
Figura 3.6 – Degradação do montado por intensificação e extensificação.....	124
Figura 3.7 – Principais factores que intervêm no fenómeno da Erosão Hídrica do solo.....	137
Figura 3.8 – Erosão média e máxima nos talhões, por uso do solo - CEEVF.....	141
Figura 3.9 – Erosão média e escoamento médio nos talhões, por uso do solo – CEEVF	114
Figura 3.10 – Total de erosão, para todos os usos do solo, CEEVF.	145
Figura 3.11 – Litossolos em Portugal e parte de Espanha	146
Figura 3.12 – Mapa de Aridez, Portugal Continental	155
Figura 3.13 – Precipitação anual, Mértola – Vale Formoso 1931–2001.	156
Figura 3.14 – Diferença entre cada ano e a média, Mértola – Vale Formoso 1931–2001.....	156
Figura 3.15 – Peso percentual das estações do ano, Mértola – Vale Formoso 1931 – 2001.	157

Figura 3.16 – Classificação dos anos climatológicos e estações, Mértola - Vale Formoso 1931-2001.	160
Figura 3.17 – Principais fases de degradação da Paisagem em áreas declivosas	164
Figura 3.18 – Fases de degradação do coberto vegetal Mediterrâneo	166
Figura 3.19 – Imagens de 2001 e 2000, sem qualquer tratamento.	174
Figura 3.20 – Efeito da rotação da Terra numa imagem de um <i>scanner</i>	181
Figura 3.21 – Fontes de erro geométrico, sob os esquemas o efeito da deformação.....	182
Figura 3.22 – Pontos de controlo no terreno, Banda 3, Outubro de 1995, imagem bruta.	185
Figura 3.23 – Grelha UTM perto do Equador e a 45° Norte	187
Figura 3.24 – Projecção Transversal de Mercator	188
Figura 3.25 – Diferença das deformações de escala nas Projecções Transversais de Mercator.....	189
Figura 3.26 – Procedimentos para transferência dos números digitais da imagem.....	193
Figura 3.27 – Imagem não corrigida e imagem rectificada geometricamente, 1995, Banda 3.	194
Figura 3.28 – Imagem com o ficheiro vector sobreposto, limite do Concelho de Mértola.	197
Figura 3.29 – Porção do ficheiro máscara, limite do Concelho de Mértola.	197
Figura 3.30 – Resultado final de extracção da área do Concelho de Mértola, Outubro de 2000.....	198
Figura 3.31 – Processo de foto-interpretação.....	200
Figura 3.32 – Organização hierárquica dos critérios de interpretação visual.....	202
Figura 3.33 – Histograma da Banda 5, imagem de 1 de Abril de 2001.	204
Figura 3.34 – Imagem de Abril de 2001, filtragem	207
Figura 3.35 – Filtro de baixa frequência e representação gráfica da aplicação do filtro	208
Figura 3.36 – Filtro de alta frequência e representação gráfica da aplicação do filtro.....	208
Figura 3.37 – Composição colorida 457 RGB, Outubro de 2000	212
Figura 3.38 – Composição colorida 453 RGB, Abril de 2001.....	212
Figura 3.39 – NDVI, Abril de 2001, quarto Noroeste da imagem.....	215
Figura 3.40 – NDVI, Outubro 2000, quarto Noroeste da imagem.....	215
Figura 3.41 – Perfil NO – Mértola - NE, NDVI, Outubro de 2000 e Abril de 2001	217
Figura 3.42 – “Density slice” da imagem do NDVI para Abril de 2001	223
Figura 3.43 – Representação gráfica dos valores da Banda X contra a Banda Y	224
Figura 3.44 – Componentes principais, Abril de 2001	228
Figura 3.45 – Componentes principais, 123 – RGB, porção centro – Este do Concelho de Mértola. ..	229
Figura 3.46 – Componente Principal 12 da ACP às imagens de 2000 e 2001.....	230
Figura 3.47 – CP 2, CP 15, CP 13.....	230
Figura 3.48 – Unidades de textura das Bandas 453 em RGB, Abril de 2001	233
Figura 3.49 – Unidades de textura das Bandas 453 em RGB, Abril de 2001	233
Figura 3.50 – Representação gráfica da cor a partir das coordenadas RGB e HSI	235
Figura 3.51 – Composição colorida 453 – RGB, transformação RGB - HSI.....	236
Figura 3.52 – TM multi-espectral passará a ter 4 e 9 “sub-pixels”	237
Figura 3.53 – Pormenores fusão da banda pancromática do Sensor ETM à composição colorida.....	240

Figura 4.1 – Classe C parece ser uma terceira categoria, na realidade é uma mistura de AB.	246
Figura 4.2 – Cada tema é descrito por uma assinatura compósita para cada pixel	247
Figura 4.3 – Proporção de objectos num pixel	249
Figura 4.4 – Pixels mistos e geometria.....	250
Figura 4.5 – Pixels mistos em áreas de fronteira entre objectos – temas.....	251
Figura 4.6 – Influência da resolução espacial na proporção de pixels mistos	251
Figura 4.7 – Influência do sinal de “fundo”, mais forte, que por contraste se torna predominante...	252
Figura 4.8 – Perfil radiométrico arbitrário, imagem de Abril de 2001, bandas 3, 4 e 5.	253
Figura 4.9 – Perfis radiométricos, Abril de 2001, bandas 3, 4 e 5.	262
Figura 4.10 – Exemplos de dificuldade de definição de fronteiras, heterogeneidade e “confusão”....	265
Figura 4.11 – “Pixelização”, 10 X 10, de duas das fotografias anteriores.	266
Figura 4.12 – Processo de determinação de posição por um receptor GPS.	274
Figura 4.13 – Flutuações do sinal GPS	278
Figura 4.14 – Eucaliptais – 457 RGB e SHI – Pan.– Outubro 2000	317
Figura 4.15 - Montado – Fotografia Aérea 1995.....	317
Figura 4.16 - Reflorestação – Fotografia Aérea 1995.....	317
Figura 4.17 - Mato – 457 RGB, NDVI, Textura 457 – Outubro 2000 e Fotografia Aérea 1995	317
Figura 4.18 - Mato denso – 457 RGB – Outubro 2000 e Fotografia Aérea 1995.....	317
Figura 4.19 - Vegetação ripícola – 457 RGB e NDVI – Outubro 2000	318
Figura 4.20 - Cereais, solo a nu e pousio, 453 – RGB e textura, Abril 2001	318
Figura 4.21 - Água – Textura 457 – RGB, Outubro 2000 e 453 – RGB, Abril 2001.....	318
Figura 4.22 - Urbano, Fotografia Aérea 1995 e CP 12 da ACP a todas as imagens	318
Figura 4.23 - Áreas ardidas 457 – RGB – Outubro 2000.....	318
Figura 4.24 – Esteval, Vale d'Évora e proximidades do Pomarão, Abril de 2001.	319
Figura 4.25 – Plantações de pinheiros, vertente Sul da Alcaria Ruiva e Serra Branca, Abril de 2001.	319
Figura 4.26 – Montado - solo a nu (porcos, Papa Leite) e com cereal (Cortes Sines), Abril de 2001.	319
Figura 4.27 – Pousio (perto Vale Formoso) e montado com pousio (Corte Gafo), Abril de 2001.	319
Figura 4.28 – Pousio à esquerda e pousio pastado à direita, Corte Pinto, Abril de 2001.....	319
Figura 4.29 – Áreas com confusão de classes.....	325
Figura 4.30 – Superfícies de equiprobabilidade para três classes em duas bandas.	325
Figura 4.31 – Números Digitais médios e desvio padrão das áreas teste, Banda 3 – Abril 2001.....	327
Figura 4.32 – Números Digitais médios e desvio padrão das áreas teste, Banda 4 – Abril 2001.....	327
Figura 4.33 – Números Digitais médios e desvio padrão das áreas teste, Banda 5 – Abril 2001.....	328
Figura 4.34 – Números Digitais médios e desvio padrão das áreas teste, Banda 7 – Abril 2001.....	328
Figura 4.35 – Valores médios (números digitais) das classes nas Bandas 3 e 4, Abril de 2001.	329
Figura 4.36 – Representação esquemática de uma matriz de confusão.	332
Figura 4.37 – Classificação 2001-2000.....	347
Figura 4.38 – Estatísticas das Bandas das Imagens do Outono.	356
Figura 4.39 – Estatísticas das Bandas das Imagens da Primavera.....	357

Figura 5.1 – Desenvolvimento histórico da Ecologia da Paisagem	398
Figura 5.2 – Tipos de manchas, sua origem e persistência.....	403
Figura 5.3 – Formas de manchas na Paisagem, ordenadas por origem e forma	406
Figura 5.4 – Mudanças de dimensão e espaçamento das manchas	407
Figura 5.5 – Funções dos corredores	410
Figura 5.6 – Características determinantes da matriz de uma Paisagem	412
Figura 5.7 – Porosidade e conectividade na matriz	414
Figura 5.8 – Margens côncavas e convexas	415
Figura 5.9 - Padrões de margens entre dois ecossistemas	416
Figura 5.10 – Manchas de perturbação	422
Figura 5.11 – Características das manchas	425
Figura 5.12 – Corredores e outros elementos da Paisagem.	426
Figura 5.13 – Principais processos espaciais de transformação do território.	429
 Figura 6.1 – Porção Nordeste do Concelho de Mértola, Abril de 2001.....	 470
Figura 6.2 – Porção Noroeste do Concelho de Mértola, Abril de 2001.....	470
Figura 6.3 – Porção Sul do Concelho de Mértola, Abril de 2001.	471

Índice de Quadros

Quadro 1.1 - Definição e características das classes de capacidade de uso do solo.....	24
Quadro 1.2 - Classes de capacidade de uso do solo no Concelho de Mértola.....	24
Quadro 1.1 – Evolução do uso do solo no Concelho de Mértola.....	41
Quadro 1.2 – Evolução da população no Concelho de Mértola, 1798 – 2001	44
Quadro 2.1 – Recursos e objectos da Teledetecção	48
Quadro 2.2 – Resolução espacial dos principais sensores de observação da Terra.	71
Quadro 2.3 – Características dos satélites do sistema Landsat	74
Quadro 2.4 – Características das bandas espectrais dos sensores Landsat TM e ETM + ...	76
Quadro 3.1 - Erosão para vários usos do solo, em Quilos por uso nos Talhões, CEEVF.....	139
Quadro 3.2 – Número de episódios de erosão registados mensalmente, 1961-1996, CEEVF	143
Quadro 3.3 – Total de erosão registada por uso, mensalmente, CEEVF.....	143
Quadro 3.4 - Temperatura média mensal Beja, Vale Formoso, 1957-86	150
Quadro 3.5 - Precipitação média mensal no Concelho de Mértola e estações vizinhas	151
Quadro 3.6 - Distribuição percentual da precipitação pelas estações do ano, 1966-2001, CEEVF....	152
Quadro 3.7 - Dias de chuva, precipitação média mensal e por dia de chuva, 1966-2001, CEEVF.	153
Quadro 3.8 – Precipitação média por décadas e desvio em relação à média total, 1931-2001.	157
Quadro 3.9 – Precipitação média por décadas e desvio em relação à média total, 1931-2001.	158
Quadro 3.10 – Classificação dos anos climatológicos, Mértola - Vale Formoso 1931-2001.....	159
Quadro 3.11 – Pontos de controlo do terreno, residuais e RMS por ponto.	191
Quadro 3.12 – Valores RMS para a correcção das várias imagens	195
Quadro 3.13 – Estatísticas das sete bandas da imagem de 1 de Abril de 2001.....	203
Quadro 3.14 – Desvio padrão das bandas, imagens de Outubro de 2000 e Abril de 2001.	210
Quadro 3.15 – Matrizes de correlação das bandas, Outubro de 2000 e Abril de 2001.....	210
Quadro 3.16 – Média e desvio padrão NDVI	219
Quadro 3.17 – Distribuição por classes dos valores de NDVI para a Primavera dos vários anos.	221
Quadro 3.18 – Matrizes de covariância e de correlação, imagem de Abril de 2001.	226
Quadro 3.19 – Autovalores e percentagem da sua variância, imagem de Abril de 2001.....	226
Quadro 3.20 – Autovalores e autovectores, imagem de Abril de 2001.....	228
Quadro 3.21 – Exemplificação do cálculo da unidade de textura para uma janela 3X3.....	232
Quadro 4.1 – Matriz de confusão prévia, temática e física	316
Quadro 4.2 – Quadro resumo das áreas teste, Abril 2001 e Outubro 2000.	326
Quadro 4.3 – Matriz de confusão para a primeira classificação, 2000-2001.	333
Quadro 4.4 – Matriz de confusão para a segunda classificação, 2000-2001	341
Quadro 4.5 – Coberto vegetal – uso do solo no Concelho de Mértola, 2000-2001	342
Quadro 4.6 – Matriz de confusão modificada em função de 10 % de “fuzziness”.	352

Quadro 4.7 – Matriz de confusão, Classificação para 1995	359
Quadro 4.8 – Coberto vegetal – usos do solo, 1995 e 2000-2001	361
Quadro 4.9 – Matriz de confusão, Classificação 1995, modificada 10 % de “fuzziness”	362
Quadro 4.10 – Matriz de confusão, Classificação para 1985	367
Quadro 4.11 – Valores de uso do solo para 1985, 1995 e 2000-2001.....	369
Quadro 4.12 – Evolução do coberto – uso do solo entre 1985 e 1995.	372
Quadro 4.13 – Evolução do coberto – uso do solo entre 1995 e 2001.	376
Quadro 4.14 – Áreas mais estáveis, mesma classe em 1985,1995 e 2001.	379
Quadro 4.15 – Classificação Corine Land Cover para o Concelho de Mértola, 1995.....	382
Quadro 4.16 – Classificação para a “sub-região” de Mértola, 1978.....	383
Quadro 4.17 – Evolução do uso do solo para várias datas.....	384
Quadro 6.1 – Índices da Paisagem para as três datas, Concelho de Mértola.	440
Quadro 6.2 – Coberto Vegetal – uso do solo ,três porções do Concelho de Mértola.	471
Quadro 6.3 – Índices da Paisagem para as três porções do Concelho de Mértola, Abril de 2001.	472
Quadro 6.4 – Evolução do número de manchas por classe, Concelho de Mértola.	480
Quadro 6.5 – Evolução da dimensão média das manchas por classe, Concelho de Mértola.	483
Quadro 6.6 – Evolução do índice da maior mancha por classe, Concelho de Mértola.	486
Quadro 6.7 – Evolução do desvio padrão da dimensão das manchas por classe.	487
Quadro 6.8 – Evolução do coeficiente de variação da dimensão das manchas por classe.	489
Quadro 6.9 – Evolução da densidade das margens por classe, Concelho de Mértola.....	490
Quadro 6.10 – Evolução do índice de forma por classe, Concelho de Mértola.....	492
Quadro 6.11 – Evolução do índice médio de forma por classe, Concelho de Mértola.....	494
Quadro 6.12 – Evolução do índice médio de forma, ponderado pela área, por classe.	495
Quadro 6.13 – Evolução da dimensão fractal Bi-Logarítmica por classe, Concelho de Mértola.....	497
Quadro 6.14 – Evolução da dimensão fractal média por classe, Concelho de Mértola.	498
Quadro 6.15 – Evolução da dimensão fractal média ponderada, por classe, Concelho de Mértola. ...	499
Quadro 6.16 – Evolução da distância ao vizinho mais próximo, por classe, Concelho de Mértola.	500
Quadro 6.17 – Evolução do coeficiente de variação da distância ao vizinho mais próximo.....	502
Quadro 6.18 – Evolução do índice de inter-dispersão e justaposição, por classe.	504

