

Documentação de apoio didático

TERRITÓRIO E SISTEMAS ECOLÓGICOS

João Paulo Tavares de Almeida Fernandes
(Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento)

Universidade de Évora
2022

ISBN: 978-989-33-3469-0

Índice

1 – Introdução – O território como uma natureza perturbada.....	3
2 - Conceitos básicos da Ecologia da Paisagem.....	10
3 – Noção de estrutura enquadrante e de estrutura circunstancial.....	17
4 - O território sistémico (baseado em Klug et al. 1983).....	22
5 - A escala como factor chave na definição de unidades ecológicas e geográficas	29
6 – O funcionamento do Território (elementos sistemas e processos).....	47
6.1 – Hidrossistemas e morfossistemas	51
6.2 – Ciclos Biogeoquímicos e fluxos de energia.....	56
6.3 – Os sistemas vivos	59
6.3.1 – Os principais mecanismos de evolução e adaptação dos sistemas ecológicos	59
6.3.2 – Processos e funcionalidades ecológicas	62
6.3.3 – Heterogeneidade espacial e funcional e populações.....	66
7 – O antropossistema.....	70
7.1 - Introdução	70
8 – Classificação do território	80
8.1 - A caracterização, utilidade e limitações.....	80
8.2 - A caracterização no domínio dos estudos de avaliação do território.....	85
8.3 - A escala do país (classificações e zonamento mesoescalares)	90
8.4 - A escala sub-regional e local (classificações e zonamentos microescalares)	93
8.5 - A construção de um modelo de zonamento e classificação	94
8.5.1 - A escala do país	94
8.5.2 - A escala da região	97
8.5.3 - A escala do lugar e da estação (o nível topográfico).....	98
8.5.4 Exemplo de estudo: Caracterização e avaliação da estrutura do território: Análise da sua evolução no séc. XX e análise da evolução da continuidade ecológica do mesmo	99
8.6 – Integração metodológica.....	107
Bibliografia.....	110

1 – Introdução – O território como uma natureza perturbada

“A Paisagem é um palimpsesto com milhares de milhões de anos de escrita e rescrita”

Prof. Garcia Nuevo

O território que nos rodeia (e onde nos inserimos como elementos constituintes) representa na definição de A. von Humboldt “a globalidade de uma superfície terrestre” onde podem ser identificados diversos componentes agregados e definidos por fronteiras de maior ou menor nitidez. Mais simplesmente, um território pode ser considerada como uma área espacialmente heterogénea em que se reconhecem manchas, corredores e a matriz que a enforma e lhe dá coerência (Turner, 1989), diferenciando-se estes elementos estruturais no que respeita à forma, tamanho, tipo, número e configuração, e conseqüentemente no que respeita à distribuição e interação dinâmica dos componentes e fatores ecológicos (nutrientes, água, energia, espécies, populações e indivíduos) - determinar esta distribuição e dinâmica é compreender a estrutura e funcionalidade do território (Forman & Godron, 1986). Numa perspectiva dinâmica, constitui a solução, em cada momento, da equação que integra os fatores biofísicos locais, os processos dinâmicos deles decorrentes, as diversas ações decorrentes do uso humano e todas as soluções anteriores dessa equação.

É exatamente nas relações e interações entre os padrões espaciais e os processos ecológicos que se focaliza a ecologia da paisagem ou do território (Turner & Gardner, 2015).

A natureza do território decorre assim da sua heterogeneidade. Ela assume um carácter estrutural e um carácter dinâmico. Com efeito, qualquer paisagem é constituída por complexos estruturais que refletem, em cada momento, quer a ação de fatores ambientais tendencialmente estáveis (geologia, clima, morfologia), quer a ação e interação cumulativas das modificações determinadas pelos processos dinâmicos naturais (hídricos, climatológicos, gravíticos, etc.), quer pelos diversos usos que os seres vivos deles e a ação humana vão realizando em cada local.

O território é uma entidade dinâmica em que o principal agente de evolução é a perturbação.

Esta perturbação é algo inerente à natureza e decorrente da sua própria dinâmica de funcionamento. Com efeito, recorrendo à origem do universo verifica-se que foram as micro perturbações ocorridas na sequência do “Big Bang” que geraram as descontinuidades que estiveram na origem das aglomerações de matéria e energia que hoje constituem as galáxias.

Na história da Vida o mesmo sucedeu e sucede, já que cada processo engendra acções que, de um modo ou de outro, vão determinar a geração de novos rearranjos da energia e da matéria.

Desta forma, bastou uma pequena concentração residual de oxigénio na atmosfera primitiva, como resultado da fotólise da água, para originar um filtro que protegia da ionização fotoquímica as protomoléculas orgânicas, permitindo o aparecimento dessa forma particular de organização da matéria e da energia que hoje conhecemos como Vida.

Do mesmo modo, quando no decorrer do processo de evolução bioquímica associada aos processos fotoquímicos, termoquímicos e electroquímicos que originaram a vida aparece uma molécula autotrófica (ou seja, capaz de transformar energia luminosa em energia química sob a forma de compostos orgânicos indispensáveis à alimentação das formas de vida já existentes e totalmente dependentes da produção abiótica desses nutrientes), os processos fisico-químicos associados à actividade de uma molécula fotossintética, produziam como resíduo um produto altamente tóxico para o ambiente fortemente reductor então existente: o oxigénio.

Como resultado desta perturbação (poluição oxidante) os seres vivos sofreram uma “crise ecológica” de natureza global que só foi ultrapassada pelo desenvolvimento, por um lado, de mecanismos de isolamento dos biosistemas redutores (ainda hoje identificáveis nas actuais estruturas celulares) e por outro lado, pelo desenvolvimento de mecanismos tróficos capazes de utilizar esse “poluente” em benefício próprio (o ciclo de Krebs). Desta forma, o que parecia um conflito inotornável entre diferentes soluções bioquímicas de desenvolvimento da Vida permitiu um enorme salto qualitativo, autonomizando esta pela posse de mecanismos próprios de produções de nutrientes (a fotossíntese) e de mecanismos mais eficazes de valorização energética desses nutrientes (o ciclo de Krebs é mais de dez vezes mais rentável energeticamente do que os anteriores processos essencialmente baseados na fermentação).

Ao longo dos milhões de anos subsequentes outras crises globais se sucederam como as catástrofes do Câmbrio, do Pérmico e do Cretácio em que se verificou a extinção súbita de mais de 90% das espécies então existentes na Terra e o posterior florescimento de outros “Phylae” até então dominados pelos grupos que dominavam e determinavam esses paleoecossistemas (o caso mais mediático é o da extinção dos Dinossáurios no fim do Cretácio e a afirmação como grupo dominante dos mamíferos).

Todas estas crises globais tiveram origem na Terra ou no Sistema Solar.

Contudo, muitas outras crises ou perturbações ocorrem diárias ou ciclicamente (erupções vulcânicas, terremotos, inundações, aquecimentos e arrefecimentos globais, por exemplo) e contribuem para o carácter dinâmico dos sistemas ecológicos ocorrentes.

É neste contexto que aparece o “paradigma contemporâneo da ecologia” (Pickett et al. 1992) que ao antigo paradigma:

“(…)cada unidade de paisagem pode ser uma reserva natural adequada. Em segundo lugar sistemas mantêm-se a si próprios em equilíbrio. Sistemas preservados e isolados da perturbação humana manter-se-ão no estado desejável para o qual foram originalmente conservados. Além disso, sistemas perturbados relativamente ao seu equilíbrio regressarão ao mesmo equilíbrio. Qualquer desvio desse estado desejado para o qual a área foi colocada sob reserva será corrigido por processos naturais gerados e actuando nesse lugar.” (idem, pp 68)

antepõe o novo paradigma:

“(…) que pode ser denominado, por conveniência o “paradigma do desequilíbrio (ou do não equilíbrio)”. (...) O paradigma do desequilíbrio sugere algumas ideias importantes acerca dos sistemas naturais. Em primeiro lugar, aceita que os sistemas

naturais são abertos, ou seja, têm de ser colocados no contexto da sua envolvente, da qual podem fluir organismos e materiais. (...) Chegadas inesperadas de carácter único ou periódico são especialmente importantes, devido à sua influência potencial na estrutura e funcionalidade dos sistemas. A regulação pode ser determinada de modo completamente exterior ao sistema. O paradigma do desequilíbrio enfatiza o processo em vez do ponto final (...). Por exemplo, de acordo com o ponto de vista do conceito de sucessão de Clements, o climax era considerado como essencialmente uma causa final aristotélica. (...) Agora, contudo, a preocupação é o modo como os sistemas se comportam realmente, ou seja, como a sua estrutura e trajetória são determinados. (...) Os aspectos do paradigma contemporâneo podem ser resumidos metaforicamente. A metáfora científica é “dinâmica de manchas” ou “manchas cambiantes”.”(ibidem pp 71-72)

Um bom exemplo da concretização deste paradigma é o conceito de “mosaico – ciclo” de Remmert que defende que qualquer ecossistema climático corresponde a um mosaico onde é possível distinguir manchas em todos os estádios da sucessão (Remmert, 1992).

Neste contexto, o conceito de perturbação assume um carácter completamente diferente em ecologia, Com efeito, em vez da noção habitual de que consiste em qualquer desvio do estado “normal” de um ecossistema, questiona o próprio conceito de “normalidade” em ecologia, já que não se pode afirmar qual o estado normal de um sistema dinâmico e em permanente evolução. Passa, portanto, a definir perturbação como:

“Qualquer acontecimento relativamente pontual no tempo que altera a estrutura de um ecossistema, comunidade ou população e modifica os recursos, a disponibilidade em substrato ou o ambiente físico.” (White e Pickett, 1985, pp 7)

As implicações deste conceito refletem-se em conceitos tão básicos como o conceito de “natural”. Com efeito, natural é um conceito socio-cultural – uma concepção humana – já que hoje não existe natureza sem o Homem (Ostfeld et al., 1997), não apenas pela sua enorme e generalizada capacidade de manipulação, como pelo facto de o Homem ser uma componente indissociável do sistema ecológico actual, dele originado e nele “naturalmente” inserido.

O Homem não se distingue em nada dos restantes seres vivos em termos das suas necessidades de funções ambientais. O que o individualiza é a sua capacidade de reconhecimento da sua existência e, decorrentemente, a sua capacidade de intervenção gestora no sistema que o integra.

Esta capacidade (única vantagem biológica do Homem em termos de Selecção Natural) não constitui uma anormalidade na Vida, mas apenas o resultado de uma crescente capacidade desta de lidar com a Informação, concretizada pela primeira vez no Homem, pioneiro, até ao momento, na consciência do ser.

Mesmo considerando as intervenções do Homem na Natureza verificamos que elas não são, na sua natureza, criadoras, mas tão-somente remodeladoras. Não se criou uma nova física ou uma nova química, apenas se utilizaram os recursos físicos e químicos existentes para, como a

Natureza tantas vezes fez ao longo do seu historial, combinar novas substâncias ou estados destas.

Regressando ao tema central do território como uma natureza perturbada, podemos, pois, concluir que a natureza intrínseca do território é dinâmica, sendo a perturbação um, senão o motor dessa dinâmica. O território ecológico constitui, pois, um sistema complexo onde, dentro do quadro físico do universo existe um constante processo de criação/destruição, em que a selecção dos sobreviventes se faz, exclusivamente pela sua capacidade relativa de utilizarem em proveito próprio as condicionantes e recursos ambientais prevaletentes em cada lugar e em cada momento.

Em suma, a natureza do território decorre da sua diversidade. Essa diversidade assume um carácter estrutural e um carácter dinâmico. Com efeito, qualquer território, é constituído por complexos estruturais que reflectem, em cada momento, quer a acção de factores ambientais tendencialmente estáveis (geologia, clima, morfologia), quer a acção cumulativa das modificações determinadas pelos diversos usos que os seres vivos deles fazem incluindo, a acção humana.

Estas modificações determinam a formação de padrões estruturais e funcionais de organização do território com um carácter tendencialmente estável (por exemplo padrões de drenagem, alterações morfológicas, decapitação de solos) ou tendencialmente conjunturais (como os resultantes de lavras, adubações, regas ou da disposição de resíduos).

No caso particular por exemplo, dos usos urbanos, a introdução de territórios tipologicamente rupícolas (semelhantes a escarpas), a alteração dos balanços químicos decorrentes da meteorização dos materiais das construções e de inúmeras substâncias importadas, a alteração dos balanços hídricos pela impermeabilização e drenagem e a perturbação dos balanços de radiação e dos padrões climáticos por uma alteração radical da natureza dos materiais, das formas e do coberto do solo, todos estes factores, podem ser considerados como gerando padrões e condicionantes espaciais estáveis, enquanto os fenómenos poluidores assumem um carácter essencialmente circunstancial.

Como consequência desta interacção de padrões de diferente estabilidade e de perturbações de intensidade e constância variáveis gera-se uma organização espacial estrutural e funcionalmente complexa com padrões pontuais de estabilidade muito diversificados. Note-se, contudo, que uma tal estrutura (ou organização) não é exclusiva, nas suas características e processo, de territórios onde foi exercida uma acção humana intensa. Com efeito, o condicionamento circunstancial e cumulativo das características e funções estáveis de um lugar é determinado por qualquer tipo de uso, antrópico ou ecológico em geral, distinguindo-se eventualmente o primeiro apenas pela intensidade e âmbito espacial generalizado e persistente de algumas das perturbações induzidas ou pela diferente velocidade a que certas perturbações ocorrem (Pickett et al. 1992, Noss, 1992).

A perturbação, como referido, é uma característica de qualquer ecossistema, sendo fundamental para a sua estabilidade funcional e evolutiva. O seu significado positivo ou negativo em termos da preservação desse ecossistema tem de ser equacionado no contexto mais amplo da região em que esse ecossistema se localiza e dos modos de articulação entre

esse ecossistemas e os restantes ecossistemas ocorrentes, assim como dos padrões dinâmicos que marcam todos os componentes estruturais envolvidos (Pickett et al., 1992, Allen e Hoekstra, 1992) (Tab. 1.1).

Neste contexto, a análise do território terá de procurar reflectir este complexo de factores determinantes e exprimir, quer a funcionalidade actual das estruturas ocorrentes, quer as possibilidades da sua evolução (determinada pelos factores enquadrantes que apresentam um carácter tendencialmente mais estável), quer o modo como as perturbações ocorrem e são assimiladas pela natureza do território passando a integrá-lo e sendo a sua anulação agora, por sua vez, uma perturbação (Allen e Hoekstra, 1992).

Tabela 1.1 - Descritores de regimes de perturbação (White e Pickett, 1985 pp. 7)

Descritor ^a	Definição
. Distribuição	Distribuição espacial, incluindo relações com gradientes geográficos, topográficos e comunitários;
. Frequência	Número médio de acontecimentos por período de tempo. A frequência é muitas vezes usada como probabilidade de perturbação quando expressa como uma fracção decimal de acontecimentos por ano;
. Intervalo de recorrência ou ciclo de ocorrência	Inverso da frequência; tempo médio entre perturbações;
. Período de rotação	Tempo médio necessário para perturbar uma área equivalente à área de estudo (arbitrariamente definida; alguns lugares podem ser perturbados várias vezes nesse período e outros não o serem de todo - por esse motivo "área de estudo" tem de ser claramente definida);
, Previsibilidade	Uma função inversa escalada da variância dentro do intervalo de recorrência;
. Área ou dimensão	Área perturbada. Pode ser expressa como a área por acontecimento, área por intervalo de tempo, área por acontecimento por intervalo de tempo, ou área total por perturbação por intervalo de tempo. Frequentemente expressa como percentagem da área total disponível.
. Magnitude intensidade	Força física do evento por área por tempo (por ex. calor desenvolvido por intervalo de tempo para o fogo e velocidade do vento para furacões);
severidade	Impacte no organismo, comunidade ou ecossistema (por ex. área basal removida);
. Sinergia	Efeitos na ocorrência de outras perturbações (por ex. a seca aumenta a intensidade do fogo e os danos por insectos aumentam a susceptibilidade a tempestades).

^a Para um dado descritor de perturbação, medidas da tendência para a média, da dispersão, assim como das distribuições de frequência são de interesse

Estes factores não ocorrem aleatoriamente nem são condicionados de modo equivalente pelas diferentes características e funções actuais do território. Antes pelo contrário, *é possível identificar um padrão hierarquizado de condicionamento dinâmico, em função dos padrões de*

estabilidade dos diferentes componentes estruturais de cada lugar e do padrão da sua perturbação instantânea ou cumulativa decorrente dos usos ecológicos (ou, no caso particular dos territórios de uso, ou mais adequadamente, dos territórios culturais, antropizados).

A identificação de um tal padrão e a caracterização do seu quadro de condicionamento espacial constitui um instrumento do maior interesse para a caracterização ambiental e, particularmente, para o planeamento e gestão do território, já que permite realizar uma avaliação muito mais rigorosa, quer dos seus potenciais, quer das suas susceptibilidades e correspondentes riscos de impacte, quer dos investimentos (materiais, energéticos e, conseqüentemente económicos) necessários à manutenção de padrões organizacionais particulares do território decorrentes de objectivos de uso específico.

Simultaneamente, a compreensão da importância do conceito de perturbação e, particularmente da sua natureza não necessariamente negativa, mas intrinsecamente criativa, constitui um instrumento fundamental para a orientação da gestão do território.

Para o desenvolvimento de uma metodologia de análise do território e do modo como este reage a padrões particulares de perturbação, torna-se necessária uma identificação detalhada do modo como cada factor biofísico condiciona o carácter de um lugar e da forma como cada perturbação afecta esse padrão de condicionamento.

Através dessa análise é possível diferenciar dois grandes grupos de factores espaciais: os *factores estruturantes*, marcados decisivamente pela geologia e a macroclimatologia e que enformam decisivamente os factores morfológicos, pedológicos e hidrológicos e os *factores circunstanciais* condicionados essencialmente pelo uso e pelas perturbações de curta duração, cuja manifestação espacial é facilmente observável através do padrão de ocorrência e distribuição da vegetação e da tipologia e intensidade dos diferentes processos dinâmicos, como os fenómenos microclimatológicos, hidrológicos e os balanços topológicos de materiais (solo e nutrientes).

A importância de cada um destes grupos de factores é assim mais fácil de compreender, na medida em que os factores estruturantes, pela sua função enquadrante, determinam os limiares dentro dos quais os processos dinâmicos de um determinado lugar podem ocorrer, condicionando, desse modo os intervalos de oferta de funções ambientais susceptíveis de ocorrerem nesse lugar.

Os factores circunstanciais condicionam essa oferta, ao determinarem um padrão particular da sua manifestação com um intervalo de variação muito mais reduzido e susceptível de, em domínios muito pouco resilientes, ser afastada irreversivelmente dos valores máximos potenciais determinados pelos factores enquadrantes.

Dentro deste quadro de condicionantes será fácil compreender a importância de uma caracterização ambiental que discrimine, descreva e operacionalize os domínios enquadrantes e circunstancial, identificando claramente o modo como eles determinam o carácter de um lugar e o seu potencial, instantâneo ou gerível, de realização ambiental.

Uma tal caracterização terá de se orientar de acordo com três linhas de força:

- Padrão de organização estrutural do território

- Padrão de condicionamento (perturbação actual ou residual) do território
- Padrão dinâmico do território (balanços e limiares dos reguladores)

A caracterização do padrão de organização estrutural, pelo seu próprio objecto, terá de atender a dois tipos principais de variáveis:

- os elementos
- as relações entre esses elementos

em suma, a estrutura e a funcionalidade.

Para conseguir realizar essa tarefa, torna-se necessário dispôr de critérios classificativos estruturais, que permitam representar o carácter dos diferentes elementos, assim como de descritores dinâmicos que permitam descrever as principais interrelações entre esses elementos. É fundamental que o sistema classificativo adoptado consiga distinguir a natureza dos elementos identificados, nomeadamente em termos do seu grau de estabilidade ou seja, dos factores que geraram a sua ocorrência e o seu modo de manifestação instantânea e a diferentes prazos.

Simultaneamente, o conhecimento do território, tem como razão de ser fundamental a sua gestão (é essa a vantagem competitiva do ser humano no quadro das relação com os restantes seres vivos do seu ecossistema), ou também dito, o Ordenamento deste no sentido de atingir o objectivo geral de *assegurar a saúde e o bem-estar da humanidade* objectivo central daquilo a que corresponde o conceito de Desenvolvimento Sustentável:

O objectivo deste trabalho é, desta forma, o de procurar realizar uma tentativa de sistematização destas abordagens e das suas utilizações potenciais no Planeamento e Gestão do Território e dos sistemas ecológicos em geral.

2 - Conceitos básicos da Ecologia da Paisagem

A paisagem, ou, em termos mais generalizantes, o espaço global que nos rodeia (e onde nos inserimos como elementos constituintes) como indivíduos e como sociedade, tal como é apreendida pelo homem, representa a globalidade de uma superfície terrestre (na definição de A. von Humboldt que ganha crescente actualidade) onde podem ser identificados diversos componentes agregados e definidos por fronteiras de maior ou menor nitidez. Mais simplesmente, uma paisagem pode ser considerada como uma área espacialmente heterogénea em que se reconhecem manchas, corredores e a matriz que a enforma e lhe dá coerência (Turner, 1989), diferenciando-se estes elementos estruturais no que respeita à forma, tamanho, tipo, número e configuração, e conseqüentemente no que respeita à distribuição de elementos ecológicos (nutrientes, água, energia e espécies) - determinar esta distribuição é compreender a estrutura e funcionalidade da paisagem (Forman & Godron, 1986).

O território constitui, portanto, a solução, em cada momento, da equação que integra os fatores biofísicos locais, os processos dinâmicos deles decorrentes, as diversas ações decorrentes do uso humano e todas as soluções anteriores dessa equação.

A dinâmica gerada pela interação dos elementos estruturais, em forma de fluxos contínuos de elementos ecológicos, determina e permite prever, por outro lado, o funcionamento da paisagem, nomeadamente no que respeita à origem, evolução, estabilidade e viabilidade dos elementos estruturais que compõem as paisagens. Tais interações entre elementos estruturais estão contudo limitadas, no essencial, à ecologia do local em que se inserem, constituindo-se esta como um condicionante natural do carácter do local.

Uma paisagem no Alentejo, por exemplo, incorpora na sua estrutura montados, na sua totalidade resultante da gestão pelo homem dos matos originais de *quercínias* no sentido da promoção das duas espécies de interesse económico mais marcante: o sobro e o azinho, estepes de sequeiro, regadios, montes agrícolas, cerealicultura, estradas, albufeiras, aglomerados urbanos, etc., aspecto que expressa a sua heterogeneidade espacial e caracteriza o seu padrão. Ao termo paisagem está, neste sentido puramente visual, subjacente uma área heterogénea em que se agrupam diversos ecossistemas ou sistemas de uso (antropogénico ou não) assim como, a dinâmica do uso do solo e a sucessão vegetal que originam heterogeneidade temporal na paisagem, associadas às perturbações que sobre ela se vão verificando

De forma complementar, operam na paisagem processos ecológicos, com escalas espaciais e temporais distintas das que os nossos sentidos ou registos históricos são capazes de apreender, cujo funcionamento e intensidade estão fortemente relacionados com a estrutura da paisagem e a dinâmica do seu mosaico. Esta interacção é o aspecto fundamental que a Ecologia da Paisagem explora, com o fim de promover uma melhor compreensão dos processos ecológicos.

Deste modo o carácter de um local é, como já referido, o reflexo da acção conjunta de um complexo de factores biofísicos cuja estabilidade intrínseca e resiliência face às perturbações susceptíveis de ocorrerem pode ser hierarquizada numa tipologia de condicionamento natural (Tab. 2.1).

Tab. 2.1 - Sistematização da Tipologia do Condicionamento Natural dos factores biofísicos (Fernandes, 1994)

<p><u>Clima</u></p> <p>A posição geográfica é o principal aspecto na definição macroclimática de um lugar, determinando o padrão e a intensidade a que operam processos ecológicos como a precipitação, a erosão/sedimentação, o fogo e a desertificação, cuja manifestação é perceptível ao nível de regiões e biomas. Localmente, por acção da morfologia e/ou do biótopo originam-se situações microclimáticas que introduzem singularidade e recursos numa região climática. O clima é estável dentro dos padrões de manifestação característicos e tende a enformar os restantes factores biofísicos. Susceptível a perturbações que operam à escala global (ex.: ozono e dióxido de carbono)</p>
<p><u>Geologia</u></p> <p>Elevada estabilidade, condicionando os padrões morfológicos, de drenagem superficial, de infiltração e armazenamento de água, e os grandes sistemas de solos. Depois do clima é o factor que mais influencia a relação das comunidades humanas e restantes seres vivos com o seu ambiente.</p>
<p><u>Morfologia</u></p> <p>Por determinar as taxas de fluxos como a radiação, precipitação e nutrientes, a morfologia subordina, dentro de cada padrão de dinâmica, o coberto vegetal, o uso, o escoamento e a erosão/sedimentação. A sua estabilidade é essencialmente função do tipo de material litológico presente.</p>
<p><u>Solo</u></p> <p>É em grande parte o resultado de um longo processo de interacção dos factores biofísicos mais estáveis. Por essa razão, o solo é um recurso com reduzida resiliência e com uma elevada diversidade tipológica. A estabilidade deste factor depende fundamentalmente da manutenção da sua estrutura, esta condição determina que o manuseamento cuidadoso deste recurso é vital. Nos climas mediterrâneos e semi-áridos as paisagens perturbadas no sentido da potenciação da erosão tendem a proporcionar o desencadeamento do processo de desertificação em todos os seus modos de manifestação.</p>
<p><u>Hidrologia</u></p> <p>É um factor chave na produtividade ecológica e estável dentro dos padrões de ocorrência decorrentes do macroclima, geologia, morfologia e solos. A susceptibilidade à perturbação tende a aumentar com o aumento das alterações no balanço hidrológico e com as modificações naturais ou introduzidas nas características naturais das Bacias Hidrográficas e do talvegue e leitos de cheia.</p>
<p><u>Uso-do-solo/Biocenose</u></p>

Determina circunstancialmente numa paisagem o tipo de habitat e desse modo as espécies ou grupo de espécies potencialmente ocorrentes. Constitui o factor para o qual menor energia é necessária investir para nele originar uma perturbação. Este condicionamento tem contudo um reverso já que é o factor de mais elevada resiliência, isto se o factor solo mantiver as suas características. A susceptibilidade à perturbação tende a aumentar com o aumento das alterações nos balanços de energia e materiais.

Deste contexto ambiental de condicionamento natural depreende-se a necessidade de proceder a uma caracterização da paisagem que descreva os referenciais espaciais estável e circunstancial ou, dito de outra forma, as estruturas ou sistemas de diferente estabilidade e capacidade de percepção sensorial, em termos da sua influência, quer no carácter de um local, quer na dinâmica entre elementos estruturais.

Tal caracterização terá de desenvolver-se de acordo com critérios e descritores que possibilitem definir relativamente aos elementos estruturais da paisagem as suas características, natureza, funções e dinâmica.

O modelo Mancha-Corredor-Matriz, desenvolvido por Forman & Godron (1986) Tab. 2.2, assume que todas as paisagens, da mais natural à mais antropizada, apresentam um modelo estrutural semelhante, no qual o arranjo dos constituintes da paisagem: manchas, corredores e matriz, revelam ser o maior determinante quer dos fluxos e movimentos funcionais na paisagem, quer da alteração no seu padrão e processos ao longo do tempo.

Tabela 2.2 - Sistema de classificação estrutural-funcional da ecologia da paisagem e do território (com base nos trabalhos de Forman & Godron, 1986; Risser, 1987; Forman & Moor, 1992; Fernandes, 1994, Baptista, 1996 com. pessoal).

Componentes do território	Características estruturais	Natureza (tipos)	Funções	Dinâmica (Alteração)
Matriz	Microheterogeneidade Macroheterogeneidade Conectividade Porosidade	Recurso Perturbação (crónica) Constância Consistência	Habitat Complementaridade Controle da dinâmica espacial	Estabilidade Resiliência Sazonalidade
Mancha	Tamanho Forma Número Biótipo Configuração Estrutura vertical	Recurso Perturbação (crónica) Remanescente Regenerada Introduzida Efémera	Habitat Complementaridade Polaridade Permeabilidade Fonte (produtividade) Absorção/Acumulação	Meta-estabilidade Resiliência
Corredor (Fronteira/ Ecótone)	Largura Conectividade (continuidade) Biótipo	Recurso Perturbação (crónica) Remanescente	Habitat Condução Filtro/Barreira Fonte	Sazonalidade Tipo de fronteira

	Convolução do ecótone	Regenerada Introduzida Efémera Contraste- Similitude	Absorção/Acumulação Hidroscopia Permeabilidade Complementaridade
--	-----------------------	--	---

Estes instrumentos analíticos permitem à Ecologia da Paisagem constituir-se como uma ferramenta - uma linguagem de análise espacial - que em decorrência de determinada estrutura e funcionamento, possibilita a caracterização do grau de perturbação das paisagens (Forman, 1995). O vocabulário utilizado pelo modelo para a descrição dos elementos da paisagem é considerado por Ahern (1989) como um meio universal para a descrição da configuração espacial das paisagens de todo o mundo e facilita a colaboração interdisciplinar.

Embora a escala de análise em Ecologia da Paisagem seja a escala da paisagem ou mais correctamente, do Território, a disciplina reconhece explicitamente a importância da ligação inter-escalar na hierarquia dos sistemas. Tal abordagem hierárquica deverá permitir analisar as relações de coexistência multi-escalar dos elementos da paisagem, em que o funcionamento de qualquer elemento, tanto contribui para o contexto mais amplo em que se insere, como é constringido por ele (Ahern, 1989, Allen e Hoesktra, 1992, Leser, 1997).

Esta observação de Ahern é tanto mais importante quanto ela tanto se aplica à paisagem actual na forma como à sua estrutura circunstancial ou potencial (no conceito, por exemplo, de Pflug, 1978, baseado nas abordagens fitocenóticas de Tüxen e Trautman (vide Fernandes, 1992) que demonstra o condicionamento que as características estáveis de um local determinam sobre o seu uso - sem querer afirmar a existência de um determinismo ecológico histórico ou geográfico na história do uso do solo, importa ter em conta referências como as observações geográficas de Birot, s.d. (pp. 161-162) e a nota histórica de Matoso, 1993 (pp170-171) por exemplo). Isto contribui para que qualquer "momento" do Território" - ou seja, qualquer "momento" da evolução de um dos seus determinantes ou de um seu complexo, antes ou após uma dada perturbação, dentro de qualquer escala de tempo é função da dinâmica desses determinantes - pode ser analisado estrutural e funcionalmente e, como tal, descrito em termos comparativos com realidades resultantes, transformando este sistema de análise num instrumental extremamente potente para a compreensão (e gestão) do território.

Simultaneamente a consideração do verdadeiro significado do conceito de perturbação, como um mecanismo inerente à dinâmica evolutiva de qualquer paisagem, veio permitir esclarecer o conceito de uso do território como independente do homem e inerente a qualquer organismo vivo e compreender que a denominação como perturbação de um dado uso não determina ou distingue necessariamente a agressividade ecológica desse uso, pelo que se tornará necessário discriminar mais cuidadosamente as manchas e as tipologias de uso no processo de análise e gestão do território tendo em vista a manutenção das actuais funções de continuidade e complementaridade e definindo claramente as graduações dos usos de produção e protecção, assim como as diferentes valências de cada uso/ecossistema.

Tab. 2.3 – Princípios da Ecologia da Paisagem (Forman e Godron, 1986)

I. ESTRUTURA DA PAISAGEM - relação espacial entre ecossistemas distintos; distribuição de energia, materiais e espécies em relação com o tamanho, forma, número, tipo e configuração dos ecossistemas.

1. Princípio da estrutura e funcionamento da paisagem - *As paisagens são heterogêneas diferenciando-se estruturalmente no que respeita à distribuição de espécies, energia e matéria pelas manchas, corredores e matriz. Consequentemente, as paisagens diferem funcionalmente quanto aos fluxos de espécies, energia e matéria entre esses elementos estruturais da paisagem.*

2. Princípio da Diversidade Biológica - *A heterogeneidade da paisagem reduz a abundância de espécies de interior raras, aumentando a abundância de espécies de orla e especialmente de animais que utilizam dois ou mais elementos da paisagem, deste modo a heterogeneidade potencia o número total de espécies que podem coexistir.*

II. FUNCIONAMENTO DA PAISAGEM - Interações entre os elementos da paisagem; fluxos de energia, materiais e espécies entre os componentes do ecossistema.

3. Princípio do Fluxo de Espécies - *A expansão e a contração de espécies entre os elementos da paisagem é condicionada pela heterogeneidade da paisagem, por um lado, mas por outro essa heterogeneidade é também o resultado daqueles agentes.*

4. Princípio da redistribuição de Nutrientes - *A taxa de redistribuição de nutrientes minerais entre os elementos da paisagem aumenta com a intensidade da perturbação exercida sobre esses elementos.*

5. Princípio do fluxo de energia - *Os fluxos de energia calorífica e de biomassa são incrementados ao longo das fronteiras das manchas, corredores e matriz da paisagem com o aumento da heterogeneidade da paisagem.*

III. ALTERAÇÃO DA PAISAGEM - Alteração da estrutura e funcionamento do mosaico ecológico ao longo do tempo.

6. Princípio da Alteração na Paisagem - *Quando não perturbada, a estrutura horizontal da paisagem tende progressivamente a caminhar para a homogeneização; uma perturbação moderada rapidamente incrementa a heterogeneidade e uma perturbação severa tanto pode incrementar como reduzir a heterogeneidade.*

7. Princípio da Estabilidade da Paisagem - *A estabilidade no mosaico da paisagem pode ser incrementada de três modos distintos, através da (a) estabilidade do sistema físico (caracterizado pela ausência de biomassa), (b) rápida recuperação após a perturbação (baixa biomassa presente), ou (c) elevada resistência à perturbação (normalmente com muita biomassa presente).*

A operacionalização destes conceitos pode, portanto, ser realizada atribuindo, na prática, a cada unidade de recursos dois vectores de caracterização, um referente ao intervalo de manifestação de cada uma das suas características biofísicas e outro referente às funções de afectação dessas características:

Na prática cada unidade territorial de recursos (ou unidade territorial se determinada apenas pelos padrões espaciais geológicos, morfológicos, pedológicos, climatológicos) pode ser caracterizada por dois vectores, representando o primeiro o intervalo de variação de cada factor ambiental e o segundo as diferentes funções de afectação desses factores:

δa	$f(a)$
δb	$f(b)$
δc	$f(c)$
...	...
δn	$f(n)$

Cada unidade de uso, por sua vez, corresponderá a um conjunto de vectores, que exprimem o grau de utilização (afectação) dos recursos (características e funções) estáveis de cada unidade estável que utilizam e que os diferenciam entre si pela diferente energia de afectação, resiliência e intensidade de perturbação:

$\delta a'$	$f(a')$	$\delta a''$	$f(a'')$
$\delta b'$	$f(b')$	$\delta b''$	$f(b'')$
$\delta c'$	$f(c')$	$\delta c''$	$f(c'')$
...
$\delta n'$	$f(n')$	$\delta n''$	$f(n'')$

O desvio que cada um destes vectores de uso relativamente à média (situação de metaestabilidade sustentável) das unidades enquadrantes ou estáveis permite estimar a energia de perturbação e, decorrentemente dispor de um instrumento de análise de “custos benefícios” e decorrentemente da eficiência/sustentabilidade do uso em causa. Para esta análise contribuem naturalmente as funções de variação de cada variável biofísica e os limiares de perturbação, a partir dos quais se entra/ou numa situação de irreversibilidade e se origina/ou uma nova unidade estável (Allen e Hoesktra, 1992, Pickett e White, 1985).

Um terceiro objecto de caracterização pode ser adicionado representando as ligações funcionais, a similaridade e a permeabilidade das fronteiras de unidades territoriais adjacentes, permitindo a identificação das funções de continuidade e complementaridade ao nível regional:

Funções regionais	Unidades territoriais vizinhas				
	1	2	3	...	n
$f(a)$	$f(a,1)$	$f(a,2)$	$f(a,3)$	...	$f(a,n)$
$f(b)$	$f(b,1)$	$f(b,2)$	$f(b,3)$	...	$f(b,n)$
$f(c)$	$f(c,1)$	$f(c,2)$	$f(c,3)$	...	$f(c,n)$
...
$f(n)$	$f(n,1)$	$f(n,2)$	$f(n,3)$	...	$f(n,n)$

Através da combinação do uso actual do solo com as unidades de paisagem estamos capazes de obter um mapa integrado de caracterização do uso do solo, onde as unidades de território são caracterizadas por conjuntos de caracterização “estáveis” e “circunstanciais”.

Estes conjuntos de caracterização também podem ser expressos sob a forma vectorial e de matriz, mostrando o grau de disponibilidade resultante de cada factor ambiental, assim como as funções de afectação resultantes:

$\delta a'$	$f(a')$	$\delta a''$	$f(a'')$
$\delta b'$	$f(b')$	$\delta b''$	$f(b'')$
$\delta c'$	$f(c')$	$\delta c''$	$f(c'')$
...
$\delta n'$	$f(n')$	$\delta n''$	$f(n'')$

Funções regionais	Unidades territoriais vizinhas				
	1	2	3	...	n
$f(a')$	$f(a',1)'$	$f(a',2)'$	$f(a',3)'$	...	$f(a',n)'$
$f(b')$	$f(b',1)'$	$f(b',2)'$	$f(b',3)'$	...	$f(b',n)'$
$f(c')$	$f(c',1)'$	$f(c',2)'$	$f(c',3)'$	...	$f(c',n)'$
...
$f(n')$	$f(n',1)'$	$f(n',2)'$	$f(n',3)'$	...	$f(n',n)'$

(n vezes, de acordo com o número de possíveis matrizes relacionais)

Deste modo é possível avaliar as relações de reversibilidade ou irreversibilidade e, deste modo, a sustentabilidade positiva ou negativa de cada uso do solo em cada unidade territorial. Da mesma forma, as matrizes funcionais regionais permitem a identificação da criação/destruição de vias de conectividade, de complementaridades entre unidades territoriais e variações no grau de fragmentação

Esta metodologia, apresenta, contudo, elevadas dificuldades operacionais, devido à problemática da expressão e operação da multiplicidade de funções envolvidas. Contudo, algumas aproximações práticas podem já ser realizadas como se ilustra no Capítulo 5.

Para a plena compreensão do modelo de caracterização da paisagem atrás esquissado, há, contudo que explicitar um conjunto muito vasto de conceitos.

3 – Noção de estrutura enquadrante e de estrutura circunstancial

Retomando a discussão sobre o conceito de unidade territorial (UT) verifica-se que, no contexto da actual discussão a consideração deste conceito implica que a definição original de Zooneveld de Unidade Territorial Homogénea deva ser alterada para *“uma porção de território tendencialmente homogéneo em termos ecológicos na dimensão escalar em causa, onde as variações internas das características ecológicas que a caracterizam e distinguem são nitidamente inferiores às verificadas nos contactos com as unidades vizinhas”*.

As UT apresentam-se, como referido, condicionadas, no seu modo de manifestação actual, pelo uso que delas é feito pelos sistemas ecológicos e antropológicos, os quais introduzem uma complexificação desse quadro, pela geração de novas ocorrência de recursos ou padrões de perturbação.

A caracterização da estrutura circunstancial que, na prática, consiste na caracterização do quadro de uso bio-antropológico actual, tem de focar a sua atenção sobre a essência estrutural desse padrão, ou seja, sobre o modo como os elementos constituintes desse quadro de uso se articulam funcionalmente e hierarquicamente em dimensões superiores e inferiores e em padrões temporais distintos. O cerne de uma tal caracterização terá portanto de ser o "elemento paisagístico" que, a cada escala de território e de tempo é possível identificar na paisagem como constituindo um nó fulcral das diferentes relações funcionais ocorrentes nessa paisagem (Forman e Godron, 1986) e que, no caso do uso, corresponderá a cada tipologia de coberto (vegetal ou construído).

Da posse de ambos os elementos de caracterização, é agora possível realizar a sua integração, identificando na estrutura actual da paisagem quais são as tipologias de condicionamento de cada elemento homogéneo (cada unidade de uso actual).

Estas tipologias, expressando as condicionantes estáveis do local exprimem igualmente os investimentos energéticos (perturbações) realizados pelo homem e todos os restantes seres vivos. Tais perturbações, tais como quaisquer outras perturbações de origem não biológica, determinam afastamentos dos processos ecológicos habituais que se podem exprimir por regressões primárias ou secundárias (implicando desvios a esses padrões habituais) (Julve, 1985). Tais desvios criam novos estados (ou entidades) locais, com padrões de realização ambiental próprios. Contudo, esses padrões, longe de assumirem uma natureza completamente nova representam apenas constrangimentos dos padrões estáveis que lhes estão subjacentes, pelo que a sua capacidade de realização e de evolução e as nossas possibilidades de gestão são sempre, em última análise, restringidas pelos padrões estáveis subjacentes. Note-se, contudo, que alguns desses estados apresentam um carácter e uma “estabilidade” tais, que a reposição do seu estado original constituiria, de novo, uma perturbação (Allen e Starr, 1982), no curto, médio ou longo prazo, conforme os critérios de gestão prevalecentes.

A caracterização estrutural terá, portanto, de acompanhar os diferentes níveis de estabilidade de cada variável do território, de modo a poder identificar claramente quais os padrões estruturais estáveis e quais aqueles que reflectem alterações e perturbações susceptíveis de gestão. Esta diferenciação é crucial, no sentido de identificar a viabilidade prática e energética de certas intervenções no território, pelo reconhecimento das causas de cada restrição e de cada intervalo de viabilidade da sua gestão.

Considerando que cada ecossistema, na acepção de Frontier, et al., 1990 é o resultado da interacção complexa dos factores de lugar (o biótopo) e dos componentes e sistemas biológicos nele ocorrentes em cada momento (a biocenose), é fácil concluir que a caracterização das unidades ecológicas actuais, deverá constituir, portanto, uma confluência de duas aproximações taxonómicas complementares: por um lado a classificação dos biótopos como substratos de diferente tipologia e apresentando diferentes padrões de ocorrência das variáveis ecológicas, logo diferentes condições de suporte de comunidades biológicas e por outro lado, a classificação das diferentes comunidades susceptíveis de se instalarem num determinado substrato.

Numa primeira aproximação, esta operação de confluência da componente geocénica (ou antropogeocénica se, mais realisticamente considerarmos as condicionantes topológicas determinadas pela acção residual ou actual das actividades humanas sobre cada lugar) com a componente biocénica deverá, pelo menos em termos estritamente taxonómicos, restringir-se aos factores fitocénicos. Esta consideração justifica-se pelo facto de as zoocenoses, apresentarem uma relação com o território (o zotopo), bastante mais complexa de sistematizar, sendo, contudo, possível caracterizar, de modo mais compreensível, as diferentes zoocenoses, considerando a noção de complexo de biótopos e de estrutura complementar de habitats, a qual poderá constituir uma aproximação mais produtiva à caracterização operativa das unidades ecológicas (Bartkowski, 1990).

Procurando sistematizar as variáveis em jogo tem-se, portanto:

- **Unidade ecológica** - Estrutura geográfica, correspondente aos limites do biótopo, mas incluindo, em termos conceptuais, a sua componente espacial (o topo) e funcional (as cenoses (bio, geo e antro)). Resulta da acção recíproca dessas componentes e corresponde, em cada momento, a uma unidade funcional específica, com um balanço de energia e de informação (organização) próprios.
- **Biocenose (ou comunidade)** - conjunto de seres vivos susceptíveis de utilizarem com sucesso os recursos existentes num dado lugar e de estabelecerem entre si e esses recursos, relações sistémicas equilibradas e não desestruturantes.
- **Biótopo (incluindo a geocenose correspondente)** - conjunto de características e processos físicos, químicos e informativos ocorrentes, num dado momento, em cada lugar, determinando uma oferta específica de realizações susceptíveis de serem utilizadas pelas espécies de uma dada comunidade.
- **Fitocenose** - Subconjunto da biocenose englobando o conjunto das espécies vegetais a ela correspondentes.

- **Zoocenose** - Subconjunto das espécies animais pertencentes a uma biocenose (não corresponde, ao contrário da fitocenose, a um lugar (topo) específico, apresentando antes uma complexidade de relações com o território, fundamentadas essencialmente nas tipologias de funções que, em cada momento, cada lugar pode realizar para cada espécie ou grupo de espécies - por ex. alimentação, refúgio, reprodução, deslocação).

Neste contexto conceptual, a classificação e caracterização de unidades ecológicas torna-se mais clara, pois a consideração da sua correspondência a territórios geográficos (independentemente da sua origem) e às características e funções físicas, químicas e informativas neles ocorrentes, determinando um potencial específico de sustentação de uma dada biocenose, permite a consideração de todos os tipos de territórios existentes, ultrapassando, desta forma equívocos infundados sobre eventuais distinções entre territórios mais ou menos "naturais".

Fica igualmente compreensível a necessidade de uma aproximação taxonómica diversificada, considerando por um lado, as (antropo)geocenoses e os correspondentes (antropo)geotopos como expressão geográfica mais claramente identificável dos biótopos actuais e por outro, as biocenoses (ou mais praticamente as fitocenoses).

A consideração das zoocenoses implica uma abordagem estrutural e funcional um pouco mais complexa, focada essencialmente nos elementos estruturais de cada paisagem, em cada momento, sendo, para tal, a classificação estrutural de Forman et al., (1986), distinguindo entre matriz do território, manchas e corredores e operacionalizando esses conceitos em termos das suas funções intrínsecas (por ex. grau de interioridade, diversidade, complexidade da orla, complexidade estrutural (Short, 1988)) e extrínsecas (por ex. conectividade, interacção, permeabilidade (Turner et al., 1989) e, particularmente, a complementaridade) de longe a metodologia de abordagem mais operacional e diversificada (Bartkowski, 1990).

Interessa, por fim, dar a necessária relevância a dois outros conceitos fundamentais para a compreensão do processo de caracterização e classificação de unidades ecológicas, os conceitos de escala e de hierarquia. Com efeito, a escala de consideração do território vai determinar o nível de heterogeneidade identificável e conseqüentemente, conduzir à constatação da existência de níveis hierarquicamente diferenciados de organização das estruturas e funções ecológicas no território (Burel, et al. 1992).

As implicações destes conceitos no contexto da caracterização ecológica implicam que, subjacente ao conceito de unidade ecológica ou geográfica, estar o conceito de homogeneidade estrutural e funcional, ou seja, de distinção espacial do grau de variação de um ou mais gradientes espaciais, numa determinada área, quando comparada com áreas confinantes (Zooneveld, 1989). O modo como esse grau de variação se manifesta e mesmo a relevância de cada variável, é dependente, quer da escala espacial de consideração, quer da escala temporal de análise, a qual determinará, por ex. a dominância de padrões momentâneos, sazonais, tendenciais ou de grande estabilidade temporal, sobre os objectos e variáveis caracterizados.

Consequentemente, a homogeneidade espacio-temporal é uma função complexa, só clarificável, se houver uma cuidada identificação dos níveis escalares de consideração de cada objecto e fenómeno. Decorrentemente, a localização hierárquica desses objectos ou fenómenos aparece como um elemento informativo essencial para a compreensão do padrão de organização e funcionamento ecológico de um lugar ou de uma região.

O conceito de unidade ecológica ou geográfica pressupõe a existência de uma organização estrutural da paisagem, determinante de uma funcionalidade específica, orientadora de um padrão de evolução próprio (Turner, 1989). Esta organização estrutural corresponde ao resultado da acção recíproca do conjunto dos agentes ambientais (clima, dinâmica geológica, acção humana, etc.) que vão introduzir no território duas características fundamentais: *heterogeneidade espacial* expressa numa diversidade local e *interconectividade espacial*, determinando um padrão não aleatório de inter-relacionamento dinâmico entre cada lugar.

Como consequência destas características é possível identificar um padrão específico de organização do território, manifestado na forma de um mosaico de unidades espaciais, diferenciáveis estrutural e funcionalmente a cada escala de consideração e de análise. Cada elemento desse mosaico pode, decorrentemente, ser caracterizado, em cada momento, por um conjunto exclusivo de valores das diferentes variáveis ambientais e, simultaneamente por um padrão próprio e exclusivo de interconectividade recíproca com os restantes elementos.

Importa acentuar, contudo, que a diferenciação da heterogeneidade espacial, ou seja, a caracterização e descrição da organização e características desse mosaico é fortemente dependente da escala de análise, ou seja, do seu grau de resolução. Com efeito, subjacente à noção de unidade espacial funcional está a noção de que esta possui uma homogeneidade tendencial intrínseca, que permite diferenciá-la das unidades vizinhas. Por homogeneidade entende-se, neste contexto que, dentro dessa unidade não são identificáveis gradientes significativos das diferentes características espaciais, ao contrário do que acontece nos seus limites (Zooneveld, 1989). Esta característica depende necessariamente, da escala espacial e temporal de consideração e, obviamente, do detalhe correspondente do sistema classificativo dessas variáveis que é empregue.

Esta influência da escala pressupõe, portanto, a existência de uma hierarquia entre unidades espaciais, função da escala da sua consideração e diferenciação e do correspondente nível hierárquico do sistema taxonómico empregue na caracterização das suas variáveis.

Estas considerações, válidas para a caracterização de qualquer variável espacial (e.g. níveis taxonómicos da classificação das unidades fitogeográficas (Rivas Martinez, 1985) ou pedológicas (Cardoso, 1965)), aplicam-se igualmente à classificação das unidades ecológicas, pelo que se justifica a diferenciação das diferentes escalas de classificação associadas aos sistemas actualmente existentes.

Conceitos básicos considerados no desenvolvimento do sistema de caracterização e avaliação Fig.3.1):

- Cada território é determinado e pode ser caracterizado por dois tipos de factores ambientais:

- Características biofísicas estáveis e funções e processos a elas associados, e
 - Uso do solo e padrões de ocupação do solo susceptíveis de gestão e funções e processos a eles associados.
- É possível desenvolver um sistema de referência relativamente ao qual cada padrão de uso susceptível de correr possa ser comparado utilizando algoritmos avaliativos comuns.
 - Torna-se portanto possível, construir um modelo de caracterização e avaliação a escalas grandes a muito grandes (garantido que seja, obviamente a disponibilidade de informação geográfica com a escala e o detalhe correspondentes).
 - Tal pode ser concretizado através da caracterização de uma base de referência comum (a estrutura biofísica estável do território) que, sendo descrita por descritores comuns aos dos quadros de ocupação do solo ou de cenários alternativos de uso, permitem avaliações consistentes referidas a esse referencial estável e consistente.

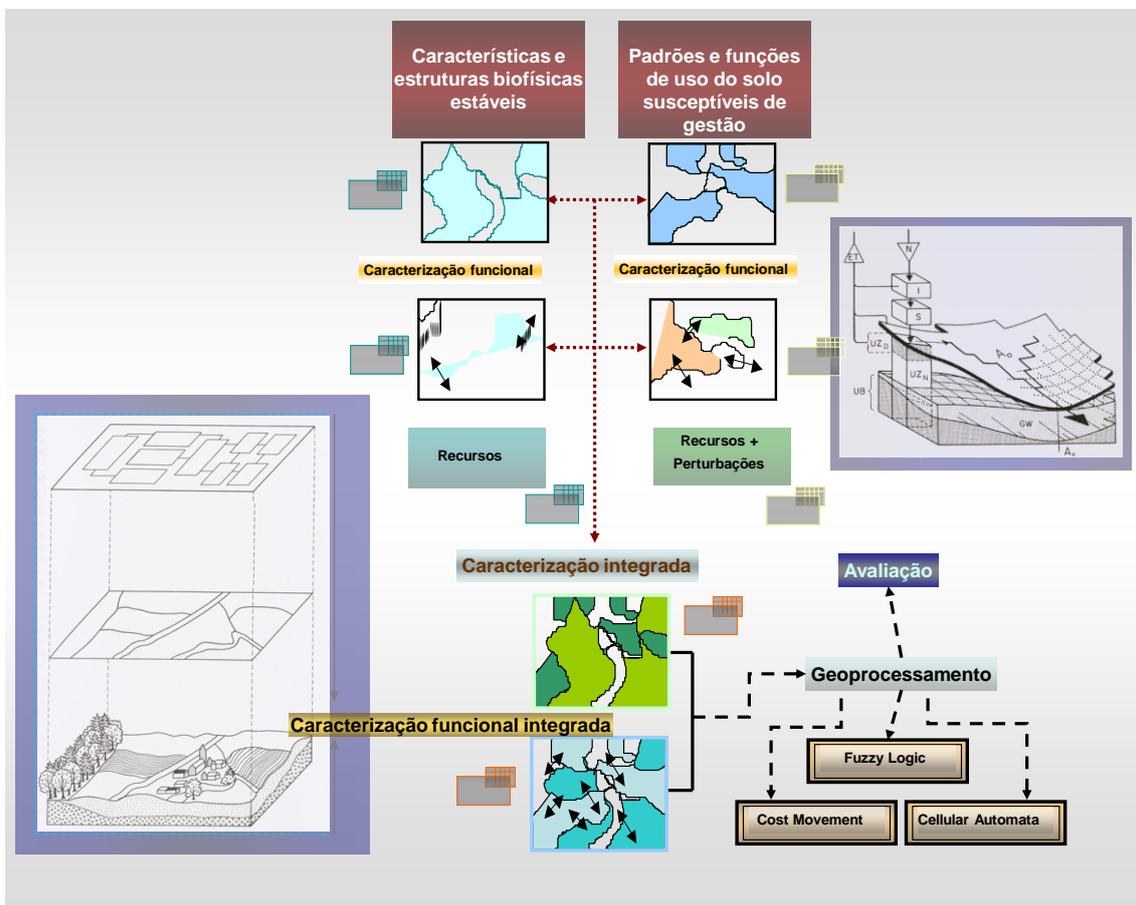


Fig. 3.1 - Representação do modelo ILA integrando os dois planos de caracterização do território: estruturas enquadrante e circunstancial

4 - O território sistémico

O toposistema (ou mais amplamente, o sistema espacial topológico ou local) deverá, conjuntamente com a sua expressão espacial, o topo, constituir o objecto chave dos estudos de caracterização ambiental com vista ao planeamento. A sua principal característica é o facto de ser constituído por diversos elementos organizados de forma ordenada, cuja associação apresenta um funcionamento próprio distinto do que seria de esperar da soma dos seus componentes.

Os sistemas espaciais referem-se a partes relativamente fechadas da Geosfera, de diversas dimensões e são analisáveis através da Teoria Geral dos Sistemas. Caracterizam-se através da rede funcional de relações de interdependência, assim como pelas trocas de materiais e energia entre os seus elementos. Dado tratar-se de sistemas abertos, permanecem em constante troca com o seu ambiente. Os elementos dos sistemas espaciais são todos os parâmetros mensuráveis ou qualificáveis, cuja subdivisão ou especificação não é possível ou relevante.

As relações dentro do sistema podem ser abordadas em termos de balanços input/output ou de inter-relacionamento retroactivo interno, definindo as tipologias dos reguladores (de intensidade ou de partilha). Igualmente as variações ao longo do tempo (alterações de curto prazo, quantidade, ritmo e procedimento) têm de ser consideradas. As relações nos sistemas espaciais podem ser de diversos tipos: em linha, em paralelo, de retroacção directa ou indirecta (fig. 4.1).

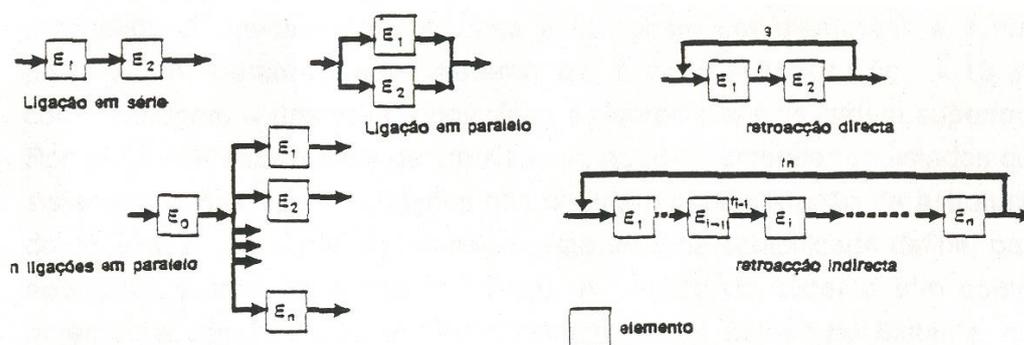


Fig. 4.1 - Tipo de relações ocorrentes nos sistemas ambientais (extraído de Klug et al., 1983)

A estrutura de um sistema engloba a totalidade das relações entre os elementos do sistema e é normalmente representada por um grafo (fig. 4.2). A estrutura caracteriza um sistema em dado momento, dado este ser uma entidade dinâmica sujeita a variações em função dos inputs sofridos.

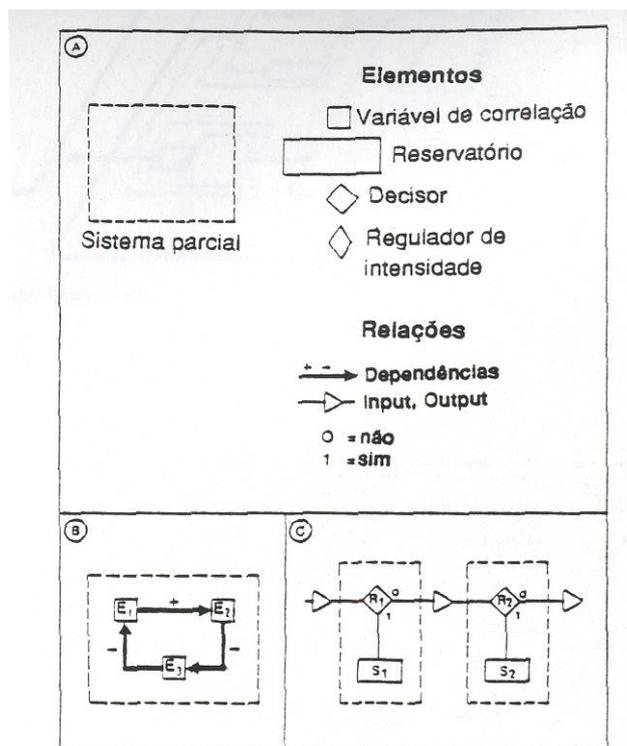


Fig. 4.2 - Representação dos elementos constituintes dos sistemas (A-símbolos, B-sistemas de correlação, C-sistemas de processo) (extraído de Klug, et al., 1983)

Na definição dos limites geográficos de validade do sistema recorre-se não só a inúmeros parâmetros caracterizadores, como aos balanços dos processos dinâmicos. Cada sistema é composto por elementos e é ele próprio um elemento dum sistema de ordem superior correspondente a unidades topológicas ou corológicas de ordem superior (Fig. 4.3).

Por estado de estabilidade de um sistema, pode-se entender os estados do sistema, em que as perturbações não originam uma alteração da estrutura do sistema ou do equilíbrio dinâmico (esta área de estabilidade define, por oposição, a área de susceptibilidade). A análise do sistema tem como objectivo a compreensão do Comportamento e do Estado do Sistema, os quais são função, não apenas das propriedades dos elementos, como também das relações de que estes dependem, pelo que o sistema tem de ser analisado em termos dos seus elementos e da rede de relações entre eles.

Desta forma, a análise do sistema espacial tem de incluir:

- Análise dos elementos, das relações e da estrutura
- Análise do funcionamento
- Análise da regulação e da susceptibilidade

A primeira implica os seguintes passos:

- Determinação dos elementos isolados em termos de dimensão e acção
- Determinação das relações existentes entre eles em termos de tipo, acção, intensidade e sensibilidade.

A segunda implica a observação do sistema ou a sua simulação e a determinação dos seus balanços, quer referidos a compartimentos fechados (black boxes), compartimentos "cinzentos" ou a sistemas abertos e caracterizados.

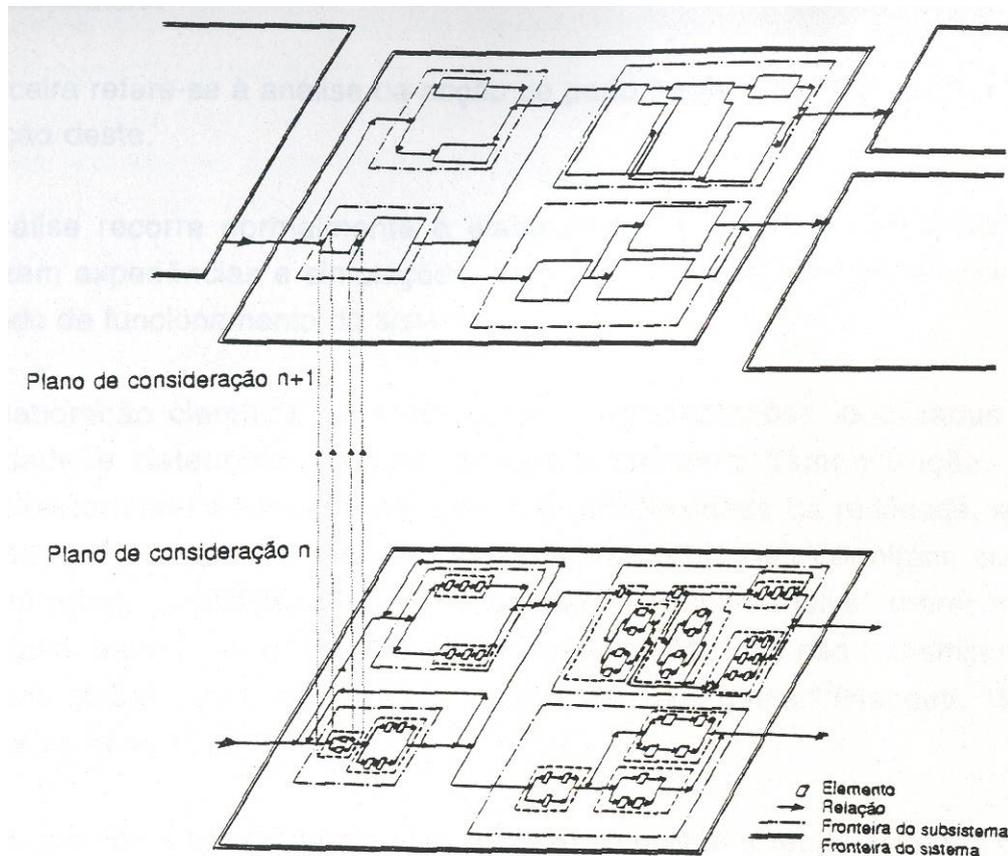


Fig. 4.3 - Hierarquia sistémica e níveis de consideração (extraído de Klug, et al., 1983)

A terceira refere-se à análise da acção de perturbações sobre o sistema e a reacção deste.

A análise recorre normalmente à elaboração de modelos, nos quais se realizam experiências e simulações, de forma a determinar indirectamente o modo de funcionamento do sistema.

"A elaboração científica de modelos cria representações idealizadas da realidade e determina as suas propriedades para demonstração. Os modelos tornam-se necessários, devido à complexidade da realidade, eles são apoios conceptuais para a nossa compreensão, eles permitam, como tal, um retrato simplificado e consequentemente compreensível, oferecendo uma base para investigar hipóteses de investigação. Eles não transmitem a verdade global mas uma parte útil e compreensível deste." (Haggett, 1972 cit. in Klug et al. 1983)

A elaboração de um modelo é um processo complexo e retroactivo, em que a escolha das variáveis e processos relevantes de entre as variáveis e processos determináveis, assume uma importância fundamental. A realização de medidas no campo para a determinação qualitativa e quantitativa de parâmetros do modelo, tem de se referir às unidades topológicas homogéneas, respeitando os princípios da homogeneidade e da reprodutibilidade.

O objectivo principal da investigação dos sistemas ambientais é, pois, o balanço dos ciclos e processos de energia e matéria, o que implica, quer o balanço global, quer o balanço de cada elemento de per si. Por elementos entendem-se os reguladores e os reservatórios. Os primeiros controlam o escoamento da matéria, da energia ou da informação, definindo os caudais e as direcções dos fluxos. Os segundos fixam, durante um dado intervalo de tempo, a matéria ou a energia, usam-nos e constróem com eles mais ou nova matéria. Os reguladores diferenciam-se em reguladores de capacidade e reguladores de decisão, conforme se referem aos fluxos de matéria ou de energia ou informação.

O objecto central dessa análise é o sistema ecológico, considerado num qualquer plano hierárquico relevante para os objectivos do modelo ou da análise (Fig. 4.4) (ver cap. 5).

A análise dos balanços e processos nos sistemas espaciais tem, em muitas situações, de recorrer a métodos de análise em sistema fechado (black box) dada a impossibilidade de conhecer as regras de funcionamento dos elementos em causa. Por ex., no modelo de Richter (1968) (fig. 4.5) tomam especial importância os fluxos, em detrimento do funcionamento dentro de cada elemento. É de referir o facto de neste exemplo, a água ser considerada apenas como um processo e não como elemento, dado não se tratar de um lugar hidrológico, o que de novo vem comprovar o conteúdo valorativo das análises e das respectivas escolhas de variáveis.

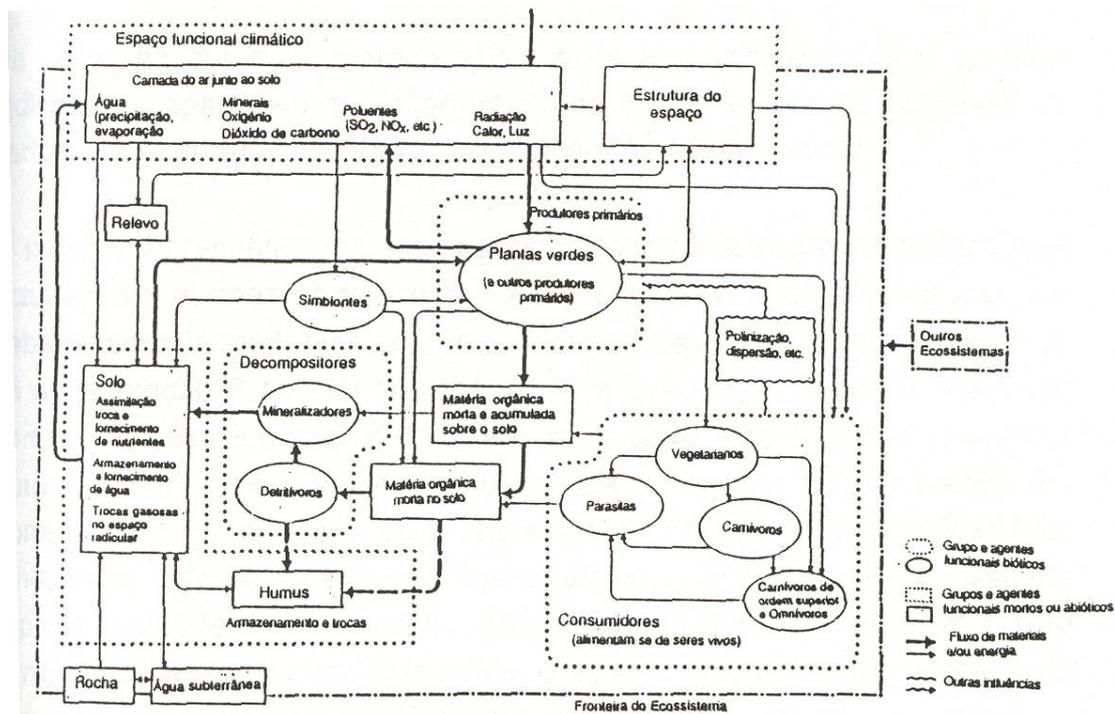


Fig. 4.4 – Representação de um sistema ecológico dando particular relevo às funções e componentes bióticos e abióticos (adaptado de Ellenberg, ****)

Além da consideração vertical dos fluxos de energia e matéria referidos a cada toposistema, há que analisar os fluxos horizontais entre toposistemas, os quais constituem as determinantes organizacionais básicas dos corosistemas. Exemplos desses fluxos horizontais são o

escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo da água, o transporte de massas de ar e partículas pelo ar, o transporte gravítico ou hídrico de materiais, etc.

Além da consideração vertical dos fluxos de energia e matéria referidos a cada toposistema, há que analisar os fluxos horizontais entre toposistemas, os quais constituem as determinantes organizacionais básicas dos corosistemas. Exemplos desses fluxos horizontais são o escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo da água, o transporte de massas de ar e partículas pelo ar, o transporte gravítico ou hídrico de materiais, etc.

Além da consideração vertical dos fluxos de energia e matéria referidos a cada toposistema, há que analisar os fluxos horizontais entre toposistemas, os quais constituem as determinantes organizacionais básicas dos corosistemas. Exemplos desses fluxos horizontais são o escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo da água, o transporte de massas de ar e partículas pelo ar, o transporte gravítico ou hídrico de materiais, etc.

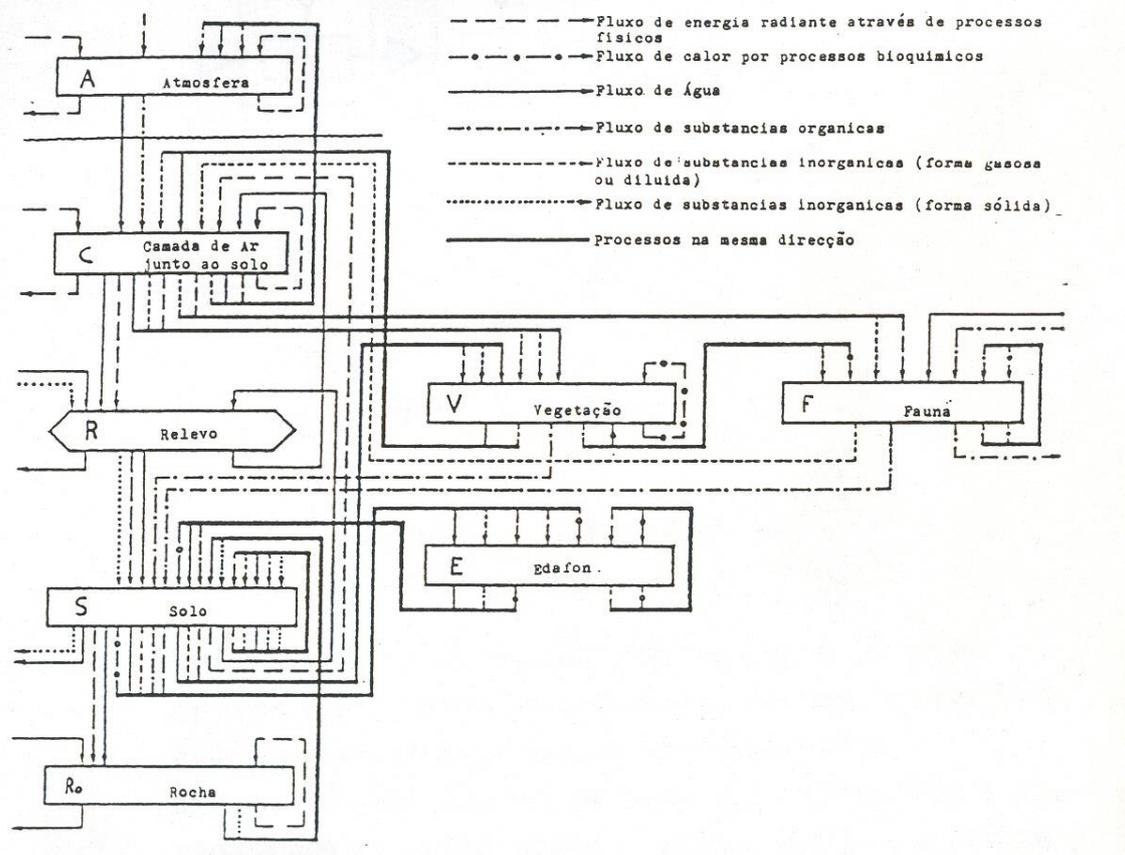


Fig. 4.5 - Modelo do Geocomplexo homogêneo (extraído de Richter, 1968)

Na análise de modelos mais detalhados, toma particular importância a quantificação dos limiares de variação funcional, dado o desencadear de novas vias de fluxo ser função directa da ultrapassagem destes limiares (definidos em termos de volume e de tempo).

Verifica-se que cada subprocesso se interliga retroactivamente com os restantes subprocessos verticais e horizontais, interdeterminando-se de modo complexo. Assim, por exemplo no caso dos processos ocorrentes numa encosta, verifica-se que as diversas componentes do fluxo

energético e da água, interaccionam processos distintos, como a erosão e o transporte sólido e reciprocamente o ângulo da encosta (Fig. 4.6).

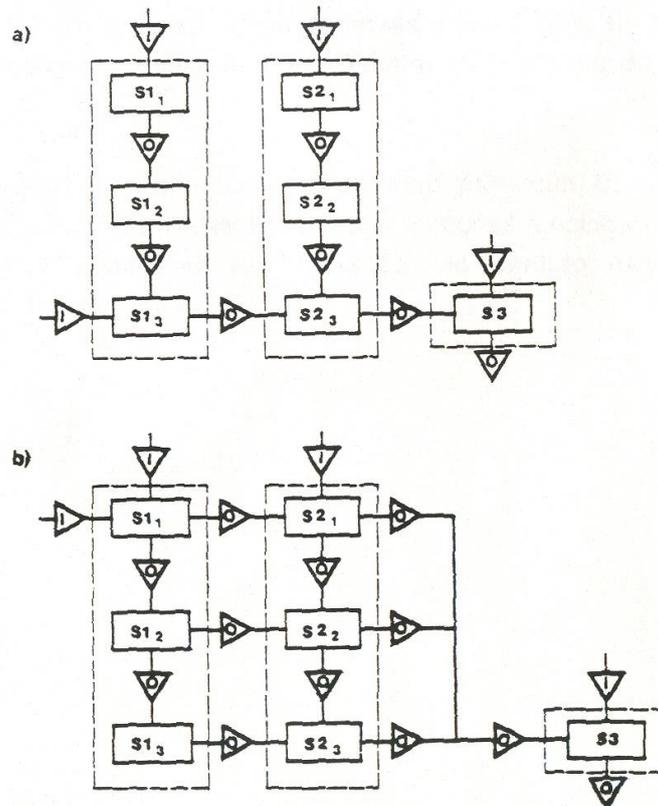


Fig. 4.6 - Variações de input-output (extraído de Klug, et al., 1983) a) Após precipitações pouco intensas ocorrem apenas transferências verticais e ao nível da água subterrânea. b) Após um certo intervalo de tempo, após o preenchimento da capacidade de campo, ocorrem também fluxos de superfície e subsuperficiais.

A análise sistémica constitui um universo particular da caracterização ambiental, permitindo a identificação das reacções funcionais espaciais e a orientação dos estudos de avaliação, no sentido das variáveis e reguladores fundamentais.

Por outro lado, não podemos esquecer que, bem para além destes sistemas essencialmente biofísicos, temos de ter consciência que a natureza e a dinâmica dos sistemas ecológicos e geográficos é resultado de interações entre universos e agentes muito mais diversificados, que geram espaços funcionais próprios, mas intimamente interligados por processos e dinâmicas funcionais (Fig.4.7).

Esse facto determina que a caracterização da natureza e funcionalidade do território se caracteriza por uma multifuncionalidade muito complexa e, decorrentemente, pela necessidade de aplicar perspectivas e critérios de caracterização muito diferenciados.

Esta multidimensionalidade implica a consideração da interfuncionalidade dos seres humanos e seus sistemas sociais, culturais e económicos, na determinação da natureza do território, seu uso e dependência da globalidade, natureza e diversidade dos ecossistemas nele ocorrente.

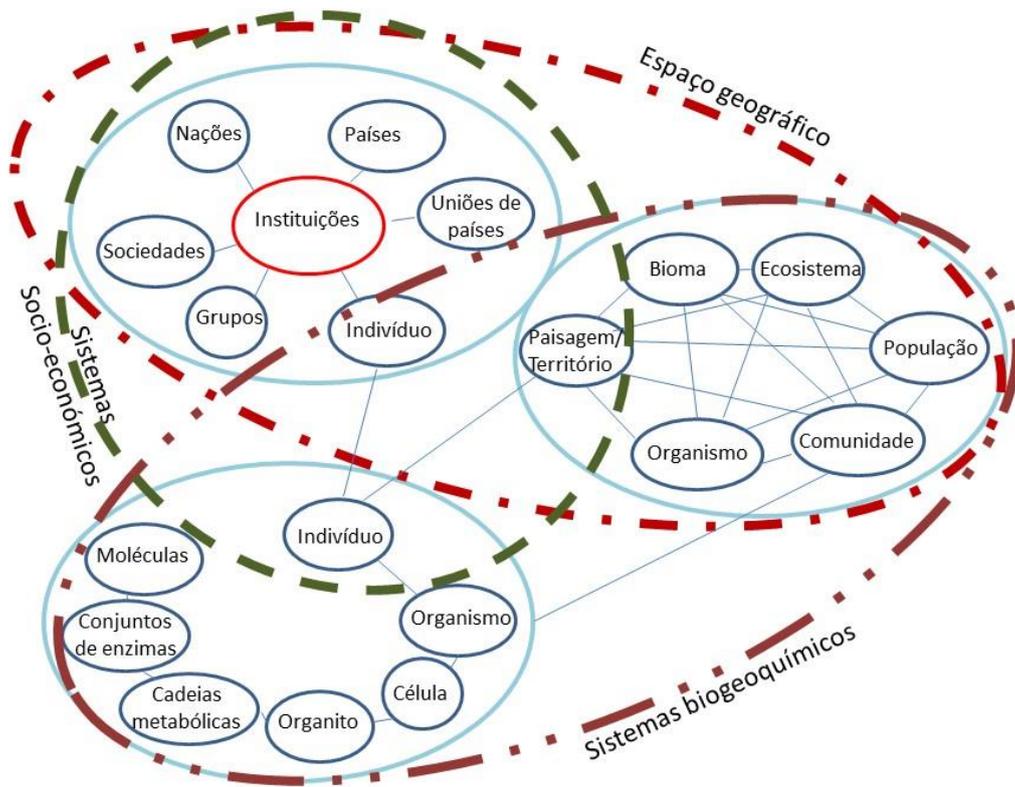


Fig. 4.7 – Multidimensionalidade do espaço geográfico, sócio económico e biogeoquímico

Uma observação final é que esta consideração do espaço e das suas componentes, se materializa de forma distinta em cada local ou região e em cada momento e contexto biofísico, cultural e económico.

5 - A escala como factor chave na definição de unidades ecológicas e geográficas

Condensando a importância dos fatores escalares em ecologia da paisagem importa sempre regressar ao texto seminal de Levin (1992, pp. 943): *“Argumenta-se que o problema do padrão e da escala é um problema central em ecologia, unificando a biologia das populações e a ciência dos ecossistemas, casando a ecologia básica com a aplicada. Desafios aplicados como a predição das causas e consequências ecológicas de alterações climáticas globais requerem a interligação de fenómenos que ocorrem em escalas espaciais, temporais e de organização ecológica muito diferentes. Além disso, não existe uma única escala natural a que se possam referir e estudar os fenómenos ecológicos; os sistemas apresentam normalmente uma variabilidade característica numa ampla gama de escalas espaciais, temporais e organizacionais. Isto tem um significado evolucionário fundamental, já que todos os organismos são um “observador” do ambiente, e a história das adaptações evolutivas como a dispersão e a dormência, alteram as escalas percencionais das espécies e a variabilidade observada. Da mesma forma tem uma significância fundamental para o nosso estudo dos sistemas ecológicos, já que os padrões que são únicos a cada gama de escalas terão causas e consequências biológicas únicas”*.

Este texto antecipa a atual visão da natureza da escala em que importa não ter apenas em consideração os clássicos aspetos da extensão e da resolução (grão), ou do grau e natureza da precisão e expressão dos níveis escalares. É igualmente relevante considerar que cada observador tem perspectivas escalares distintas, da mesma forma que cada objeto se enquadra em diferentes níveis e escalas, conforme os padrões e processos que estejam em consideração. A consciência desta realidade insere-se no designado “novo paradigma da ecologia” (Pickett et al., 1992, pp. 71) (anteriormente referido no Cap.1) que enfatiza a dinâmica e interação progressiva e regressiva dos processos ecológicos, abandonando a conceção clássica de escalas de maturidade evolutiva e de sucessão linear para estados com grau crescente de estabilidade.

Compreende-se assim a relação estreita existente entre os conceitos de escala, padrão e processos em ecologia da paisagem, já que o reconhecimento e caracterização dos últimos dependem da natureza da primeira.

Por outro lado, O’Neill et al. (1986) bem como Allen e Hoekstra (1992) enfatizaram que os processos ecológicos devem ser considerados numa perspectiva hierárquica, uma vez que a sua natureza e funcionalidade se materializam em diferentes dimensões, níveis de organização e formas de expressão escalar. Na prática, materializam uma nova dimensão na consideração do que se entende por escala (Figura 5.1).

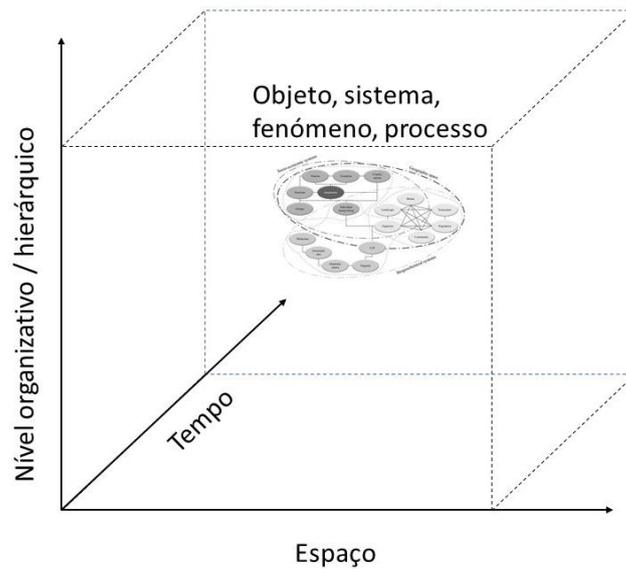


Fig. 5.1 Dimensões de escala (adaptado de Dungan et al., 2002)

Esta perspectiva hierárquica de consideração da realidade é essencial para a compreensão dos padrões e processos em ecologia da paisagem ao evidenciar que estes se organizam de acordo com um sistema de interligações ou de organização em que os níveis superiores condicionam e controlam de modo variável os níveis inferiores em função dos condicionamentos temporais do comportamento ou funcionamento do objeto ou processo (Turner et al., 2001, pp. 29). Os mesmos autores vão ainda mais longe constatando a necessidade de ajustar o modo de consideração da realidade não apenas à tradicional perspectiva inclusiva em que só existem níveis sucessivos, mas que considera igualmente a existência de níveis hierárquicos que se interpenetram: por exemplo, o sistema digestivo dos ruminantes pode ser considerado um ecossistema (um nível hierárquico elevado) enquanto o ruminante propriamente dito é, por sua vez, um constituinte básico de outro ecossistema (um nível hierárquico baixo).

Esta perspectiva é acentuada quando consideramos as diferentes dimensões e planos de consideração da realidade e dos seus atores assim como a sua evolução temporal (Figura 5.2).

Contudo, a abordagem hierárquica coloca problemas práticos de grande complexidade relacionados com o problema das transições de escala, já que manifestando-se os padrões e processos não apenas em níveis funcionais independentes, mas também em hiperplanos atravessando e interligando esses diferentes níveis, torna-se fundamental desenvolver abordagens adequadas de conciliação de escalas dimensionais ou temporais distintas num mesmo contexto de consideração e análise (e.g. Castri e Hadley, 1988; Ewert et al., 2011; Turner e Gardner, 2015).

A escala, quer considerada em termos espaciais, quer temporais, é um factor chave na diferenciação de unidades ecológicas, dado que a estrutura, funções e padrões de mudança numa paisagem são, como referido, eles próprios dependentes da escala. Com efeito, conforme se consideram escalas espaciais mais detalhadas, assim um maior número de variáveis diferenciadoras aparece com uma relevância marcada, o mesmo se passando com a

escala temporal, a qual diferencia padrões diversificados de ocorrências espaciais, conforme o intervalo de tempo considerado na análise da homogeneidade de cada lugar¹.

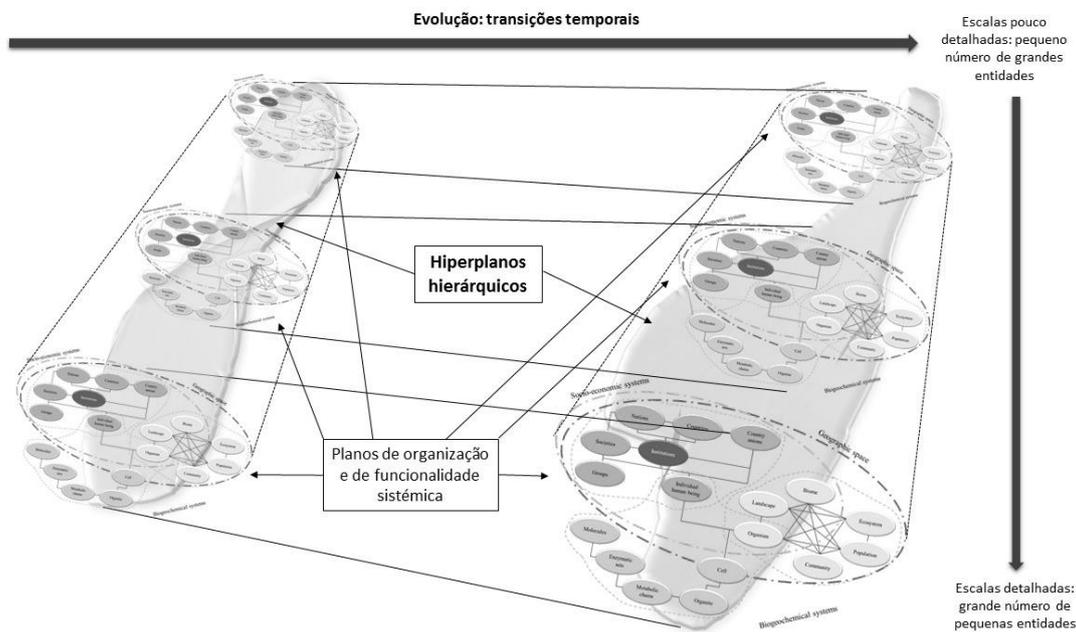


Fig. 5.2 - Escalas funcionais e sua variação ao longo do tempo integrando os distintos atores ecológicos (como propostos por Allen e Hoekstra, 1992), económicos e individuais, assim como as suas interações, sejam elas diretas ou entre níveis hierárquicos, correspondendo cada realidade a distintos hiperplanos de hierarquia mais inclusiva ou exclusiva, conforme cada contexto e perspectiva de análise (modificado de Fernandes et al., 2016)

Por esse motivo, a diferenciação de unidades ecológicas tem de ser referida a diferentes planos conceptuais, de forma a procurar desintegrar a informação ambiental de acordo com a sua estabilidade temporal e resultante estabilidade do padrão de influência estrutural. Esta desintegração, orientada de acordo com os diferentes padrões de organização espacial, identificando claramente a forma como estes apresentam diferentes graus de circunstancialidade, é o único modo de conseguir diferenciar a relevância dos diferentes factores determinantes das ocorrências ecológicas verificadas. Poder-se-á, dessa forma, discernir os factores reguladores de cada ocorrência circunstancial, esclarecendo claramente a relevância de cada tipo de determinante ambiental, único modo de identificar os pontos de maior susceptibilidade às acções exteriores e os padrões de suporte estável, determinantes do sentido de evolução e de estabilização de cada ocorrência circunstancial verificada.

No que se refere à identificação e caracterização espacial e funcional das unidades ecológicas, esta diferenciação assume uma particular relevância dado que, ao diferenciar o padrão de

¹ A diferenciação em termos de escala temporal, levanta, acessoriamente, a dificuldade decorrente da distinção entre o nível real e potencial dos objectos caracterizados, fazendo variar, de uma forma significativa o conteúdo informativo dessa caracterização.

organização estável do padrão circunstancial determinado pela acção dos factores ambientais de curto prazo (sazonalidade ou oscilações climáticas inter-anuais, acção humana, perturbações pontuais e oscilações de curto prazo dos padrões biocenóticos), é possível uma diferenciação clara entre as variáveis susceptíveis de serem geridas e as variáveis estáveis enformadoras de um padrão regular que baliza essa capacidade de gestão.

Estas considerações são tanto mais importantes, na medida em que os padrões de estabilidade das algumas variáveis espaciais tendem, actualmente, devido em grande medida, à acção humana, a experimentar ciclos de variação particularmente acelerados, pelo que a intervenção gestora do homem, para poder ser correctamente orientada, nomeadamente numa perspectiva criativa, tem de conseguir fundamentar-se num conhecimento diferencial dos padrões ambientais que determinam a ocorrência ou não de biocenoses específicas (ocorrências essas, de carácter circunstancial), de forma a poder reorientar a sua política de gestão sustentável do território ao nível local recreando conteúdos de valor particular através de uma adaptação fundamentada às novas condicionantes contextuais (Noss, et al., 1986; Harper, 1992).

Em termos simplificados, a consideração da Fig. 5.1, permite entender a complexidade dos factores envolvidos na determinação dos padrões de organização espacial, se considerarmos que, cada sistema geocenótico, apresenta um padrão de estabilidade próprio, distinto do padrão de estabilidade e da resiliência de cada tipo de sistema biocenóticos e que o domínio da antropocenosose (se bem que meramente conceptual e biologicamente um “não existência”)² influencia de modo, por vezes bastante diferencial, espacial e temporalmente, cada um destes subsistemas, determinando, portanto, que os padrões de organização do ecossistema, possam assumir níveis de complexidade bastante significativos. Esta situação assume dimensões críticas na perspectiva da gestão do território com vista ao seu desenvolvimento sustentável, em momentos, como o presente, em que domínios estáveis, como os climáticos, tendem, devido à acção global das actividades humanas, a apresentar gradientes aparentemente inusitados de variação, que poderão induzir padrões de alteração dos restantes sistemas de tal modo acelerados, que determinem situações críticas para a estabilidade local e global dos sistemas actualmente ocorrentes.

O conceito de escala é pois, um conceito comum e de importância crucial em múltiplas ciências, tecnologias e domínios de atividade (Cash et al., 2006). Contudo, apesar de usado quotidianamente, torna-se difícil uma definição com um mínimo de abrangência. Por exemplo, o Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea da Academia das Ciências de Lisboa (2001), não apresenta uma definição de escala, mas sim dezasseis das quais a única relevante no

² Esta questão da naturalidade (ou seja, da realidade física do conceito de antropocenosose e antropotopo) impõe um cuidado particular na sua abordagem. Com efeito, o Homem é um ser vivo que apenas se distingue dos restantes seres vivos pela sua capacidade de reconhecer que existe e, por essa via, poder intervir no seu ambiente, gerindo-o no sentido do seu interesse. Essa é a sua vantagem biológica no contexto da selecção natural. Se ele, enquanto espécie e sociedade, a sabe utilizar no sentido da sua sobrevivência como espécie e como património genético evolutivo, é uma questão em aberto, mas constitui o cerne de todas as opções sobre o sentido e a forma como o Homem, enquanto espécie, utiliza essa capacidade biológica que lhe é, tanto quanto saibamos, por enquanto, exclusiva.

nosso contexto é a seguinte: *“Proporção entre a medida de um desenho, carta, planta (...) e as dimensões reais do objecto desenhado”*.

Em ecologia, também não existe uma definição ou entendimento unificado, sendo, contudo a mais comum aquela em que *“escala se refere às dimensões espaciais e temporais de um objeto ou processo”* (Turner et al., 2001, pp. 27). Schneider (2001) procurou elencar as principais definições de escala relevantes em ecologia e ecologia da paisagem

- Escalas de medida – distinguem variáveis numa escala nominal ou quantificável e neste segundo caso entre escalas ordinais, de intervalos e de rácios.
- Escala cartográfica – é o rácio entre a dimensão numa carta, planta ou modelo e dimensão no terreno ou do objeto representado.
- Escala refere-se à dimensão relativa do grão de uma variável indexado no tempo e no espaço (resolução, dimensão do pixel...).

De acordo com Wu e Qi (2000, pp. 1) escala, em ecologia da paisagem, *“refere-se primariamente ao grão (ou resolução) e extensão no espaço e/ou no tempo”* e *“pode ser absoluta (medida em unidades espaciais ou temporais) ou relativa (expressa como rácio)”*. De acordo com os mesmos autores a *“escala pode decorrer do instrumento de medida, do observador ou da dimensão da sua janela de visualização, pode ser uma característica espacial ou temporal de um padrão ou processo ecológico ou um instrumento fundamental no quadro do qual diversos fenómenos ecológicos podem ser estudados com eficácia e compreendidos individual e coletivamente”*.

A utilização deste conceito tem vindo a assumir uma importância crescente nas ciências biológicas e ecológicas, em ecologia da paisagem e na forma como se utilizam os processos e procedimentos de medida ou deteção no quadro geral dessas ciências importando ter bem consolidados os principais termos que estão associados ao conceito (Tabela 5.1).

Tabela 5.1

Definições de termos chave relacionados com o conceito de escala (adaptado de Gibson et al., 2000, pp. 218; Turner et al., 2001)

Termo	Definição
Escala	Dimensões espaciais, temporais, quantitativas ou analíticas usadas para medir ou estudar um fenómeno. Dimensão espacial de um objeto ou processo, caracterizada simultaneamente pelo grão (resolução e extensão).
Extensão	Tamanho das dimensões de escala espacial, temporal, quantitativa ou analítica.
Resolução (grão)	Precisão utilizada na medição, que corresponde ao menor nível de resolução (por ex. unidade de medida) ou exatidão possível de utilizar num determinado conjunto de dados ou num dado contexto de análise.
Hierarquia	Sistema ligado conceptual ou causalmente para o agrupamento de objetos ou processos ao longo de uma escala analítica. Sistema de interligações ou de organização em que os níveis superiores

	condicionam e controlam de modo variável os níveis inferiores em função dos condicionamentos temporais do comportamento ou funcionamento do objeto ou processo.
Hierarquia inclusiva	Grupos de objetos ou processos ordenados em níveis hierárquicos inferiores estão contidos em (ou constituem) subdivisões de grupos classificados em níveis hierárquicos mais elevados.
Hierarquia exclusiva	Grupos de objetos ou processos ordenados em níveis hierárquicos inferiores não estão contidos em (ou constituem) subdivisões de grupos classificados em níveis hierárquicos mais elevados.
Hierarquia constituinte	Grupos de objetos ou processos estão combinados em novas unidades que se combinam em novas unidades com as suas funções e propriedades emergentes próprias.
Níveis	As unidades de análise localizadas na mesma posição de uma escala. Muitas escalas conceituais contêm níveis ordenados hierarquicamente, mas nem todos os níveis estão ligados uns aos outros constituindo um sistema hierárquico.
Escala absoluta	A distância, tempo ou quantidade medida num instrumento de medida objetivamente calibrado.
Escala relativa	Uma transformação de uma escala absoluta para uma outra que descreve as relações funcionais de um objeto ou processo com um outro (por exemplo, a distancia relativa entre duas localidades baseada no tempo requerido por um organismo para se movimentar entre elas).

A importância deste conceito decorre do facto de que a escala a que consideramos uma realidade afeta diretamente o que observamos (Wiens, 1999). Por exemplo, de acordo com Schneider (2001), problemas relevantes em ecologia manifestam-se à escala de décadas e de ecossistemas de grandes dimensões, noutros casos, muitas variáveis só podem ser medidas em curtos períodos de tempo e em áreas reduzidas. Por outro lado, padrões identificados a escalas pouco detalhadas não são necessariamente válidos ou significativos a escalas detalhadas, assim como a situação inversa.

Por todos estes motivos é da maior importância a compreensão das questões de escala em ecologia da paisagem, como o demonstram a diversidade de trabalhos de investigação não só sobre a sua relevância e forma de manifestação (e.g. Higgins et al., 2012; Chave, 2013), como sobre as implicações de transformações escalares (e.g. Wiens, 1989; Wu e Li, 2006; Cushman et al., 2010; Turner e Gardner, 2015).

Condensando a importância dos fatores escalares em ecologia da paisagem importa sempre regressar ao texto seminal de Levin (1992, pp. 943): *“Argumenta-se que o problema do padrão e da escala é um problema central em ecologia, unificando a biologia das populações e a ciência dos ecossistemas, casando a ecologia básica com a aplicada. Desafios aplicados como a predição das causas e consequências ecológicas de alterações climáticas globais requerem a interligação de fenómenos que ocorrem em escalas espaciais, temporais e de organização ecológica muito diferentes. Além disso, não existe uma única escala natural a que se possam*

referir e estudar os fenómenos ecológicos; os sistemas apresentam normalmente uma variabilidade característica numa ampla gama de escalas espaciais, temporais e organizacionais. Isto tem um significado evolucionário fundamental, já que todos os organismos são um “observador” do ambiente, e a história das adaptações evolutivas como a dispersão e a dormência, alteram as escalas percpcionais das espécies e a variabilidade observada. Da mesma forma tem uma significância fundamental para o nosso estudo dos sistemas ecológicos, já que os padrões que são únicos a cada gama de escalas terão causas e consequências biológicas únicas”.

Este texto antecipa a atual visão da natureza da escala em que importa não ter apenas em consideração os clássicos aspetos da extensão e da resolução (grão), ou do grau e natureza da precisão e expressão dos níveis escalares. É igualmente relevante considerar que cada observador tem perspectivas escalares distintas, da mesma forma que cada objeto se enquadra em diferentes níveis e escalas, conforme os padrões e processos que estejam em consideração. Estas diferentes perspectivas decorrem do facto de cada objeto em ecologia da paisagem ter de ser perspectivado de acordo com as diferentes dimensões e sistemas que nele se congregam (Figura 4.7).

A consciência desta realidade insere-se no designado “novo paradigma da ecologia” (Pickett et al., 1992, pp. 71) que enfatiza a dinâmica e interação progressiva e regressiva dos processos ecológicos, abandonando a conceção clássica de escalas de maturidade evolutiva e de sucessão linear para estados com grau crescente de estabilidade: *“(...)pode ser denominado, por conveniência o ‘paradigma do desequilíbrio (ou do não equilíbrio)’. (...) O paradigma do desequilíbrio sugere algumas ideias importantes acerca dos sistemas naturais. Em primeiro lugar, aceita que os sistemas naturais são abertos, ou seja, têm de ser colocados no contexto da sua envolvente, da qual podem fluir organismos e materiais. (...) Chegadas inesperadas de carácter único ou periódico são especialmente importantes, devido à sua influência potencial na estrutura e funcionalidade dos sistemas. A regulação pode ser determinada de modo completamente exterior ao sistema. O paradigma do desequilíbrio enfatiza o processo em vez do ponto final (...). Por exemplo, de acordo com o ponto de vista do conceito de sucessão de Clements, o clímax era considerado como essencialmente uma causa final aristotélica. (...). Agora, contudo, a preocupação é o modo como os sistemas se comportam realmente, ou seja, como a sua estrutura e trajetória são determinados. (...) Os aspetos do paradigma contemporâneo podem ser resumidos metaforicamente. A metáfora científica é ‘dinâmica de manchas’ ou ‘manchas cambiantes’”.*

Compreende-se assim a relação estreita existente entre os conceitos de escala, padrão e processos em ecologia da paisagem, já que o reconhecimento e caracterização dos últimos dependem da natureza da primeira.

Por outro lado, O’Neill et al. (1986) bem como Allen e Hoekstra (1992) enfatizaram que os processos ecológicos devem ser considerados numa perspectiva hierárquica, uma vez que a sua natureza e funcionalidade se materializam em diferentes dimensões, níveis de organização e formas de expressão escalar. Na prática, materializam uma nova dimensão na consideração do que se entende por escala (Figura 5.2).

Esta perspectiva hierárquica de consideração da realidade é essencial para a compreensão dos padrões e processos em ecologia ao evidenciar que estes se organizam de acordo com um sistema de interligações ou de organização em que os níveis superiores condicionam e controlam de modo variável os níveis inferiores em função dos condicionamentos temporais do comportamento ou funcionamento do objeto ou processo (Turner et al., 2001, pp. 29). Os mesmos autores vão ainda mais longe, constatando a necessidade de ajustar o modo de consideração da realidade não apenas à tradicional perspectiva inclusiva em que só existem níveis sucessivos, mas que considera igualmente a existência de níveis hierárquicos que se interpenetram: por exemplo, o sistema digestivo dos ruminantes pode ser considerado um ecossistema (um nível hierárquico elevado) enquanto o ruminante propriamente dito é, por sua vez, um constituinte básico de outro ecossistema (um nível hierárquico baixo).

Esta perspectiva é acentuada quando consideramos as diferentes dimensões e planos de consideração da realidade e dos seus atores assim como a sua evolução temporal (Figura 5.2).

Contudo, a abordagem hierárquica coloca problemas práticos de grande complexidade relacionados com o problema das transições de escala, já que manifestando-se os padrões e processos não apenas em níveis funcionais independentes, mas também em hiperplanos atravessando e interligando esses diferentes níveis, torna-se fundamental desenvolver abordagens adequadas de conciliação de escalas dimensionais ou temporais distintas num mesmo contexto de consideração e análise (e.g. Castri e Hadley, 1988; Ewert et al., 2011; Turner e Gardner, 2015).

Quando se fala de escala está-se essencialmente a falar de uma hierarquia de conceitos (Wu e Li., 2006): dimensões, tipologias e componentes.

O primeiro nível hierárquico distingue diferentes dimensões escalares: espacial, temporal e organizacional (hierarquias). Cada uma destas dimensões assume relevância particular na determinação das características e funcionalidades da paisagem e dos seus constituintes.

De facto, quando consideramos qualquer objeto, processo ou fenómeno num dado contexto de análise, temos sempre de o contextualizar de acordo com as três dimensões escalares que determinam a sua posição conceptual.

Por um lado, a dimensão espaço-temporal constitui um conceito perfeitamente assumido em termos de localização dimensional de qualquer objeto ou processo.

De acordo com Wu e Li (2006) para uma grande variedade de fenómenos (físicos, ecológicos, socioeconómicos), acontecimentos ou entidades de grandes dimensões tendem a apresentar taxas de variação lentas e frequências de ocorrência reduzidas, assim como efeitos mais marcantes, enquanto pequenos objetos ou entidades são mais rápidos e frequentes.

Esta regra não é obviamente universal, mas a relação espaço-temporal da maior parte dos fenómenos ecológicos e dos principais processos naturais está bem estabelecida (e.g. Turner et al., 2001; Cash et al., 2006; Forman, 2014), não só em termos das formas de manifestação dos padrões de ocorrências das diferentes tipologias hierárquicas da vegetação, como dos processos biológicos sejam eles em termos de interações inter- ou intra-específicas até à dimensão dos processos evolutivos, como ainda das perturbações e grandes processos de transformação das condições ambientais desde um fogo ou um deslizamento de terreno até à tectónica de placas (Figura 5.4).

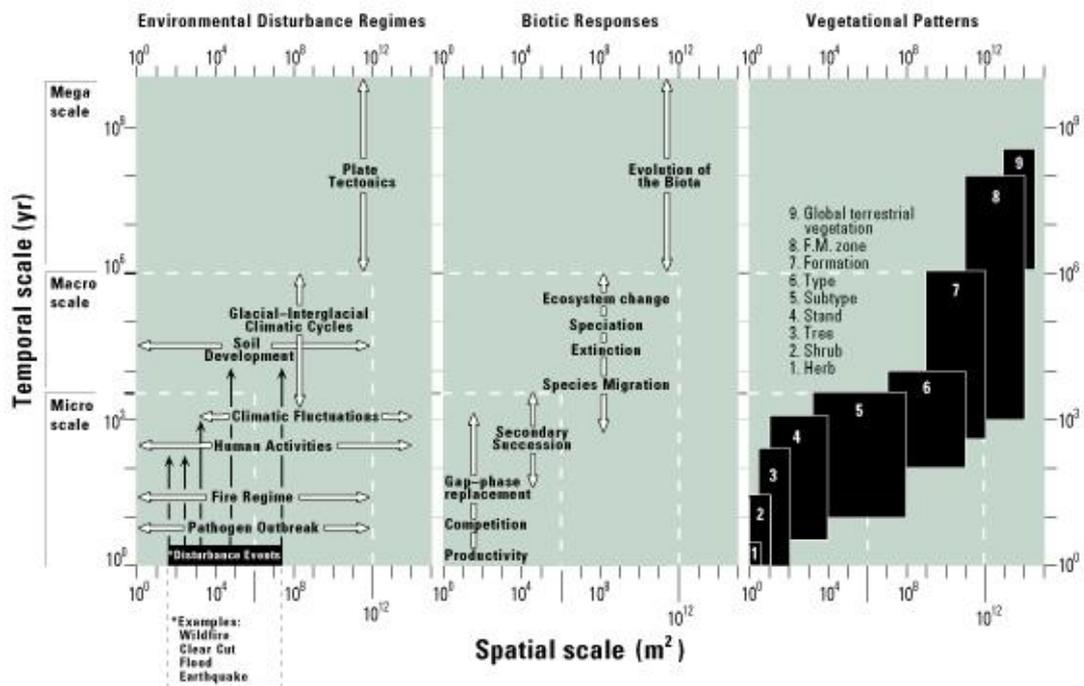


Figura 5.4. Exemplos de relações espaço-temporais de diferentes entidades, processos e perturbações (Turner et al., 2001)

Mesmo de um ponto de vista exclusivo, a consideração de diferentes dimensões temporais retrata realidades distintas e evidencia a relevância de distintos fatores, como por exemplo processos geológicos no muito longo prazo e interações tróficas no curto prazo. Já no que se refere à dimensão espacial pode-se comparar os fatores relevantes para a diferenciação de biomas à escala da Terra (disponibilidade em água e temperatura de acordo com Holdridge (1947)) com os que determinam a composição das comunidades vegetais ao nível local (e.g. nutrientes, radiação, água, características físicas do solo).

Outra perspectiva relevante que importa abordar quando nos referimos à dimensão espaço-temporal, é a da consideração de um determinado ecossistema como essencialmente uniforme. A realidade que constatamos ao detalharmos a dimensão de observação e aumentarmos a escala temporal, é a de que a aparente uniformidade, corresponde antes a um mosaico dinâmico em permanente mutação e evolução, dentro do quadro geral das características sucessionais daquele ecossistema concreto (conceito de ciclo-mosaico; Remmert, 1991) sendo, portanto, a heterogeneidade a regra, como o novo paradigma aliás evidencia.

Já a dimensão relativa aos níveis organizacionais é da maior importância na compreensão de qualquer realidade, já que ao considerar níveis de organização hierarquicamente sucessivos, verificamos como já referido, que o nível inferior confere funcionalidade ao nível superior, enquanto este confere coerência ao nível inferior (O'Neill et al., 1986) (Figura 5.3). Esta relação é sempre válida, seja em contextos hierárquicos inclusivos como exclusivos.

Os hiperplanos funcionais representados na Figura 5.2 obedecem a essa regra geral já que, como Allen e Hoekstra (1992) mostraram, a realidade, nos seus diferentes componentes, não se materializa necessariamente em planos escalares idênticos para cada um desses componentes, mas antes corresponde a combinações específicas de distintos níveis escalares de cada um desses componentes. Daí falar-se em hiperplanos para representar um nível hierárquico específico de uma dada função, processo ou entidade em Ecologia.

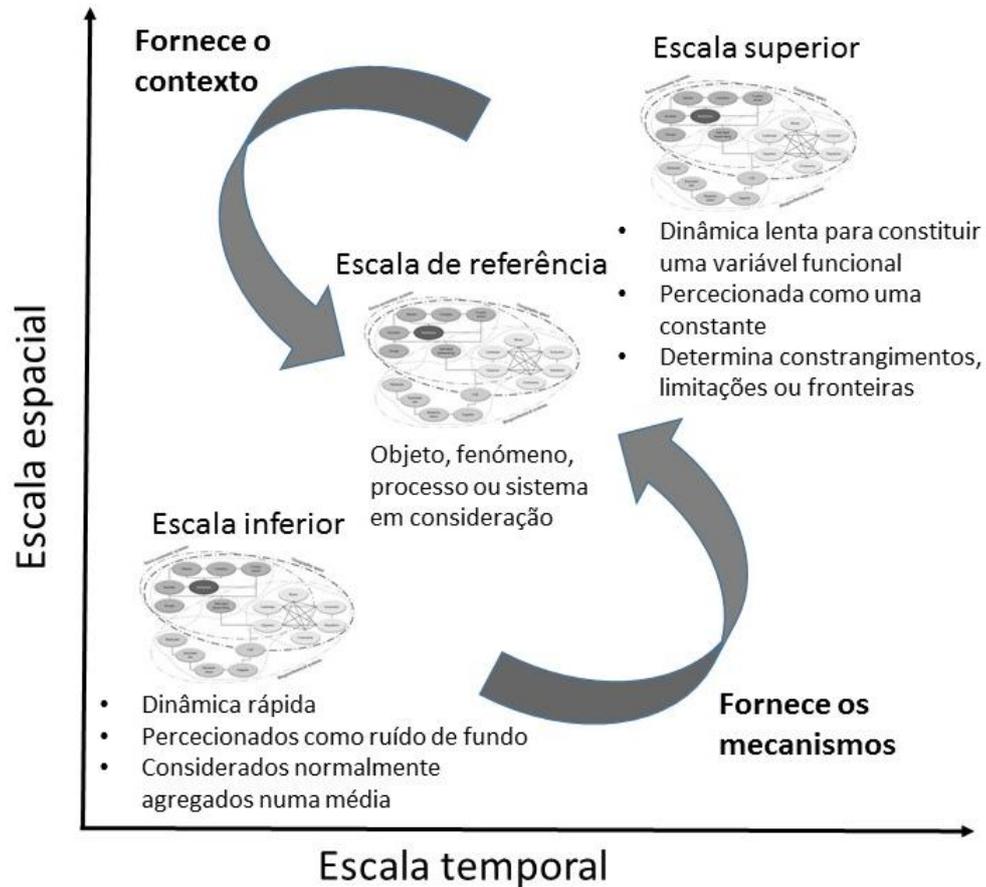


Fig. 5.3. Escalas e relações hierárquicas funcionais

Ao considerar as tipologias de escala (Figura 5.4), verificamos que a perspectiva como é considerada uma dada entidade implica a diferenciação de diferentes tipos de escalas sejam elas meramente conceituais, instrumentais ou funcionais, mas que na prática exprimem sempre uma perspectiva perceptual.

Esta perspectiva está relacionada com o universo formal ou conceptual de cada análise, a natureza do objeto, o carácter e capacidade do observador, assim como a sua grelha de percepção (semântica linguística da tipologia de escala, do instrumento de caracterização, de representação e de comunicação).

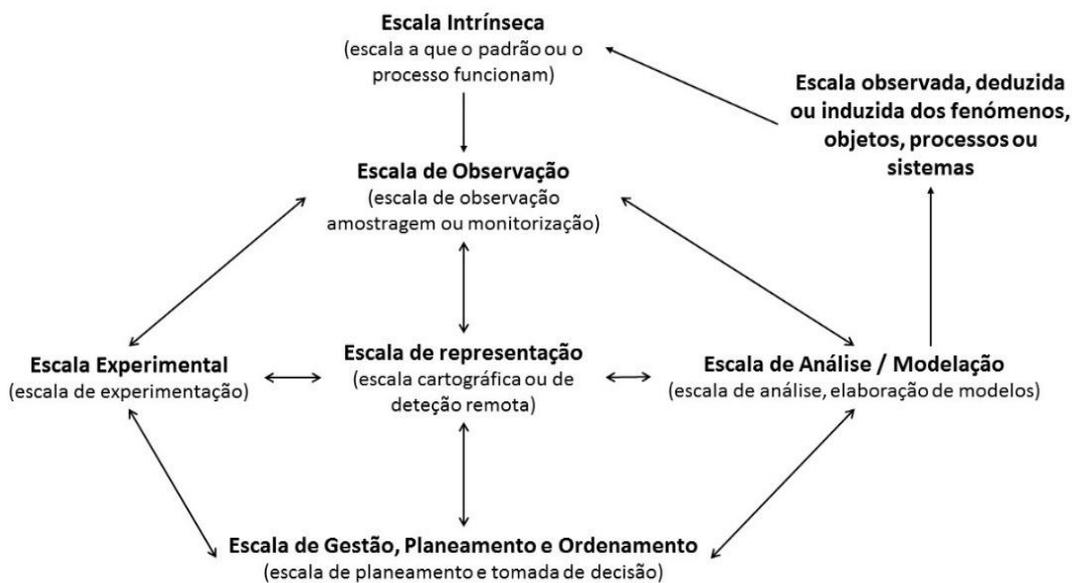


Fig. 5.4. Tipos de escala (adaptado de Wu e Li, 2006)

É exatamente neste quadro que temos de distinguir as diferentes tipologias de escala perceptual. Estas escalas assumem uma grande relevância já que se podem manifestar segundo diferentes pontos de vista: os do observador que tem uma dimensão espacial e temporal própria e a do objeto, ou ator que se percebe o seu ambiente segundo fatores escalares distintos onde a importância relativa dos objetos varia de acordo com múltiplos fatores espaciais, temporais ou de nível organizativo (e.g. Scherzinger (1976) no que se refere a escalas funcionais e Hostetler e Holling (2000) no que se refere a escalas de consideração segundo planos hierárquicos distintos) (Caixa 1).

Caixa 1.

- **Grelha semântica:** cada tipologia de escala, cada forma de linguagem, cada modo de representação e comunicação possuem uma semântica própria necessariamente limitada na sua capacidade de expressão da realidade, pelo que, qualquer forma de representação corresponde sempre a uma simplificação de natureza intrínseca e constitutiva da forma de expressão selecionada.
- **Paradigmas:** influência dos paradigmas dominantes sobre os mecanismos e escalas de observação – do mesmo modo, mas de uma forma menos constitutiva e mais contextual ou mesmo preconceituosa (Longino, 1990), a prevalência de uma dada perspectiva paradigmática tende a determinar a consideração mais ou menos exclusiva ou a não consideração de certas dimensões espaço-temporais ou mesmo de tipologias de organização, por ser mesmo incapaz de reconhecer a sua existência ou não lhes conferir relevância.
- **Janela de sensibilidade** (por exemplo sensibilidade visual, auditiva, do aparelho de deteção, tempo de observação, carácter da observação (por exemplo sinóptica, centrada no

objeto, centrada na dinâmica, centrada no contexto), resolução do observador (microscópica, macroscópica dentro da sua escala temporal e dimensional próprias) etc.). Exemplo da importância desta tipologia concreta são os estudos climatológicos que, de acordo com a janela de sensibilidade selecionada para cada estudo, dão origem a diferentes tipos de informação com distinto carácter escalar: observações sinópticas durante períodos de trinta anos – caracterização do clima da área de amostragem; registo contínuo de variáveis específicas gerando séries de tempo e, após o adequado tratamento matemático, gerando dados estatísticos sobre períodos de recorrência, frequências, tendência de variação, oscilações de curto e longo prazo, etc.; registo direcionado em condições meteorológicas extremas específicas e em localizações particulares – caracterização microclimatológica local. Outro exemplo relevante é a seleção das bandas de deteção nos instrumentos de deteção remota que podem revelar ou não, diferentes características específicas do objeto registado.

- **Sistemas de referência escalar:** tipologia de escalas de medição/classificação (nominais, ordinais, cardinais ou de rácios). Cada um destes sistemas de classificação corresponde não só a diferentes conteúdos informativos como a distintas capacidades de processamento matemático dos dados representados.
- **Sistemas de referência não escalar:** linguagens e códigos de expressão ou representação, critérios de modelação, escalas de representação e consideração (Figura 5.5). Cada observador/ recetor/ processador da informação transmite-a e processa-a de distintas formas gerando leituras por vezes profundamente distintas de uma mesma realidade.

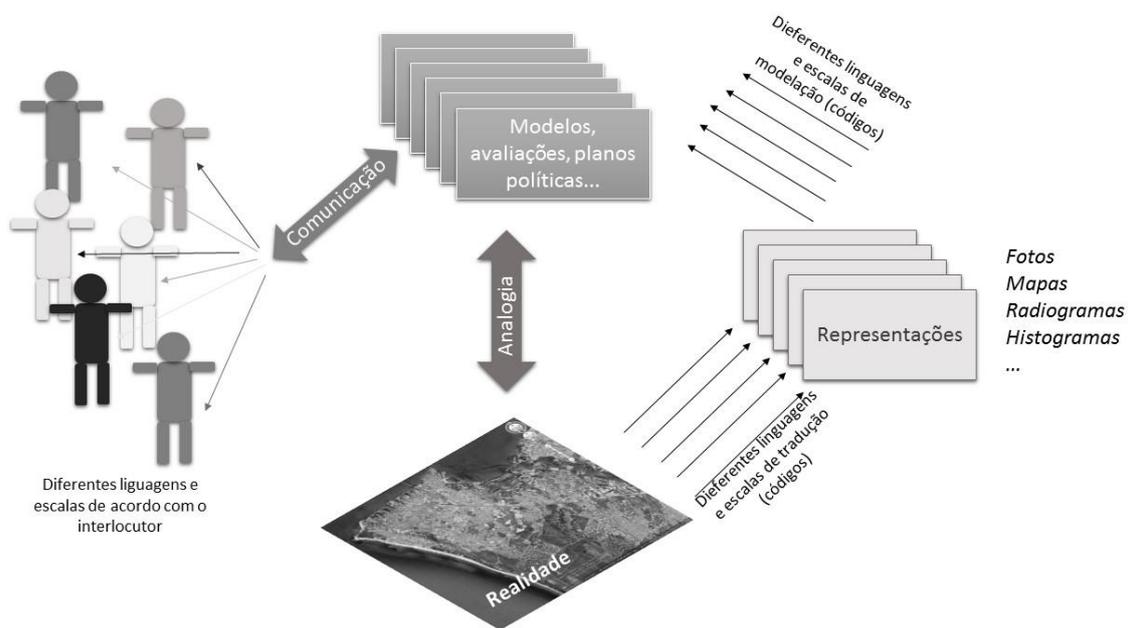


Fig. 5.5. Diversidade de representações, modelações e modos de comunicação da realidade em função de sistemas de referência escalares ou não escalares (linguagens e paradigmas) (adaptado de Kias e Traschler, 1985)

- **Carácter estatístico:** a escala de validade de um modelo estatístico é essencial na determinação da realidade das suas previsões ou da sua mera pertença ao intervalo de erro do modelo e da amostra e logo sem significância em termos do fenómeno ou processo em

estudo.

- **Percepção conforme o enquadramento escalar** (importância diversa dos objetos determinantes do comportamento e atividade) – diferentes entidades relevantes no contexto espacial de observação conforme a dimensão escalar de observação, quer em animais (e.g. Burel et al., 1992, Hostetler e Holling, 2000), quer em seres humanos (diferentes percepções de matriz, manchas ou corredores conforme a escala espaço-temporal de consideração).

Finalmente, no que se refere à hierarquia de conceitos de escala proposta por Wu e Li (2006) temos os componentes da escala (Figura 5.8):

- **Grão ou resolução:** menor dimensão da unidade de medida aplicada ou grau de precisão do instrumento de medida (por exemplo em termos de imagem digital corresponde à dimensão de um pixel);
- **Extensão:** universo espacial dos dados considerados, definido como o tamanho do território em estudo;
- **Cobertura:** densidade de amostragem;
- **Espaçamento:** intervalo espacial e/ou temporal de amostragem;
- **Escala cartográfica ou de representação.**

A resolução (maior ou menor precisão) e a extensão estão inversamente relacionados entre si, havendo uma tendência geral a que haja um aumento da dimensão do grão (logo uma redução da precisão) quando há um aumento da extensão. Eles determinam os limites superiores e inferiores da precisão dos dados, não sendo possível determinar padrões mais reduzidos do que o grão ou nem maiores do que a extensão.

Grão – resolução, unidade mínima de representação (lx/ly)
Extensão – área de estudo ou tempo de amostragem (Lx/Ly)
Cobertura – densidade de amostragem
Espaçamento – intervalo de amostragem (temporal ou espacial)
Escala cartográfica – Escala de representação em mapa, fotografia ou outro suporte

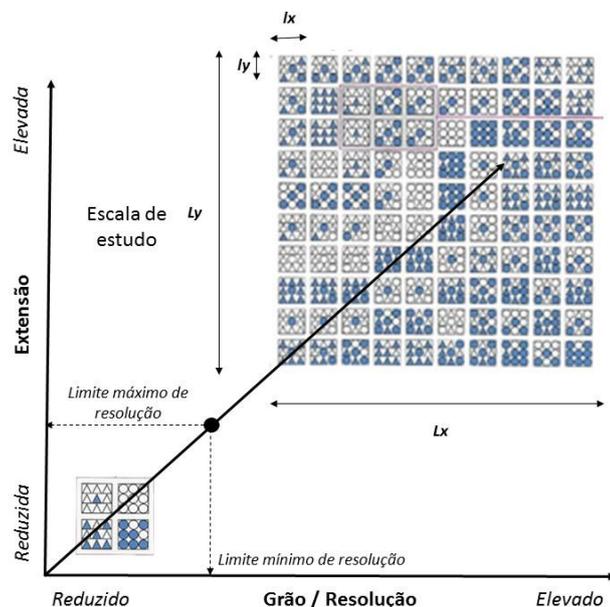
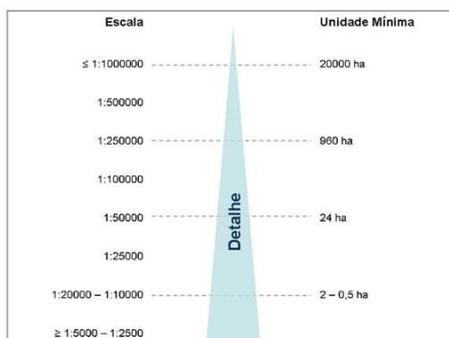


Fig 5.6. Componentes de escala e fatores de detalhe decorrentes (adaptado de Bierkens et al., 2002; Wu e Li, 2006; Guiomar et al., 2009)

Neste quadro, a quantidade ou a qualidade da informação disponível tendem a aumentar com a redução do grão (maior precisão devida à maior resolução do sensor), já que esta permite a consideração de um maior número de descritores e uma maior diferenciação dos padrões de ocorrência desses descritores. Do ponto de vista de um organismo, o grão e a extensão são definidos pela capacidade perceptiva do organismo. Este último aspeto é muito relevante em estudos de Ecologia, já que relativiza a leitura de um mesmo referencial territorial (ecotopo), conforme o organismo que se está a ter em consideração e mesmo o seu contexto espacial (e.g. Hostetler e Holling, 2000), influenciando a compreensão dos padrões e processos ecológicos a ele associados.

Estes aspetos assumem relevância ao nível da ecologia, no sentido da existência de um número muito significativo de fenómenos e processos que se manifestam noutros comprimentos de onda que não os da luz visível (por exemplo padrões térmicos, presença ou deficit de certos micronutrientes na vegetação, etc.) ou do espectro audível dos seres humanos. Eles têm vindo a demonstrar-se de grande relevância em inúmeros domínios de caracterização quer estritamente ecológica, quer de ecologia humana, quer ainda de fatores estruturais e funcionais da paisagem. Um exemplo é a “paisagem sonora” que constitui um universo próprio de cada espécie, não se podendo considerar como homogénea, mas criando, pelo contrário universos percecionais e funcionais distintos (Pijanowski et al., 2011).

Já os aspetos de cobertura, intervalo/espacamento de amostragem e escala cartográfica ou de representação são tudo expressões da tipologia de precisão (grão), quando aplicado a outros tipos de amostragem que não a representação da totalidade da superfície através de uma grelha contínua (caso das sondagens de perfis de solos ou de amostragens de água em rios, lagos ou estuários). A sua importância assume, portanto, a mesma natureza das referidas para o grão e a extensão.

A influência da escala hierárquica é, portanto, de importância basilar em ecologia, não só ao determinar o nível de precisão da informação (e o conteúdo e natureza informativa potencial), como também o nível do seu significado em termos dinâmicos e de processo, particularmente no que se refere ao nível de resolução geográfico e ambiental (Leser e Klink, 1988). Turner (1989) e particularmente Meentemeyer e Box (1987) identificaram um conjunto de princípios sobre a forma como os diferentes modos em que a escala hierárquica a que a informação é referida determina a capacidade de identificar e caracterizar diferentes características e processos ambientais (Caixa 2).

Caixa 2

- Um aumento da área de estudo tende a aumentar o intervalo de valores de uma variável da paisagem;
- Na modelação de grandes áreas de estudo são necessárias poucas variáveis; inversamente, pequenas áreas de estudo podem ter mais efeitos externos, requerendo, portanto, mais variáveis de caracterização;
- Quando menor a área de estudo, maior o potencial de manipulação experimental;

- Grandes fenómenos têm períodos de relaxamento mais longos;
- A dinâmica observada a escalas detalhadas determina o equilíbrio observado a escalas mais amplas: os níveis elevados definem o contexto, os níveis inferiores os mecanismos (O'Neill et al., 1986);
- Decaimento com a distância: tudo está relacionado com tudo o resto, mas as coisas próximas estão mais relacionadas do que as coisas distantes (auto-correlação espacial);
- Maior organização determina um maior potencial para o fluxo de informação;
- O detalhe aparente perde-se com o aumento da área (em função do grau de diferenciação topológica), tamanhos reduzidos implicam uma redução de algumas interações e, portanto, de algumas propriedades funcionais;
- A densidade de manchas e uma escala apropriada de análise estão inversamente relacionadas;
- Áreas de densa diversidade do mosaico têm de ser analisadas a escalas relativamente detalhadas do que o resto da paisagem em estudo;
- O que é heterogéneo a uma dimensão escalar pode ser homogéneo noutra;
- Os fatores determinantes do padrão do território variam com a escala de consideração: a escalas detalhadas podem ser os padrões de uso do solo e a escalas mais amplas os aspetos hidro-morfológicos

Os padrões espaciais e os processos ecológicos apresentam, para cada escala e contexto, uma coerência espaço-temporal própria, expressa em padrões particulares de organização e funcionalidade. Estes padrões dependem novamente de fatores escalares, não só de aspetos dimensionais (resolução e extensão) como de aspetos percecionais (por exemplo janelas de perceção e grelhas semânticas). Eles afetam questões variando desde a sensibilidade (por ex. larguras de banda, temporalidade da amostragem, compatibilidade de escalas das distintas variáveis) até à perceção de contextos e fatores de funções e estruturas dinâmicas (por exemplo corredores e fluxos dinâmicos, reguladores dos fluxos ou determinantes dos fluxos).

Com efeito, como já referido, diferentes tempos de perceção determinam diferentes visões da realidade (num filme, um conjunto de imagens paradas é percecionado como uma representação em movimento dado que a “janela” (nível mínimo de precisão) de sensibilidade dos nossos olhos é de 1/25 de segundo, pelo que passando mais do que 25 imagens estáticas por segundo cria-se a ilusão de movimento). O mesmo “erro” acontece conforme se consideram dimensões espaciais distintas:

- Resolução – nº de pixéis de uma imagem digital
- Extensão – diferente relevância de diferentes objetos ou sistemas,
- Sensibilidade – Capacidade de deteção do fenómeno, objeto, processo ou sistema
- Natureza do sensor – permitindo determinar inúmeras características nutricionais, hídricas, etc. utilizando os sensores adequado
- Janela do espectro – em termos de espectros sensitivos dos seres vivos e dos instrumentos de deteção remota

Outra questão relevante tem a ver com os fatores escalares conforme se estão a considerar (na mesma janela temporal) objetos estáticos ou objetos dinâmicos. Por exemplo, a vegetação ou os solos têm uma expressão espacial bem definida geográfica e hierarquicamente. Já as comunidades animais apresentam limites muito mais fluidos e padrões muito mais aleatórios (no sentido do número e importância relativa dos fatores que os determinam em cada momento). Isto implica considerações espaço-temporais distintas na abordagem das duas realidades, considerações que implicam, exatamente a necessidade de uma abordagem hierárquica multivariada e muitas vezes pluri-escalar.

Uma questão chave na consideração dos processos e padrões de uma paisagem é a consciência de que cada plano escalar tem uma heterogeneidade espacial e funcional característica e distinta, o mesmo acontecendo com cada hiperplano de consideração estrutural e funcional e só pode ser plenamente compreendida quando considerada numa perspectiva hierárquica inter-escalar.

Esta análise inter-escalar, coloca questões e problemas próprios, particularmente em termos dos processos metodológicos de transição entre escalas.

Esta questão da transição escalar (*scaling*) assume uma grande importância já que, permanentemente, em estudos de Ecologia, se colocam questões de generalização ou desagregação de dados (ao modelar, por exemplo, distintas folhas de uso agrícola com os sistemas de pastoreio que as utilizam mais ou menos indiscriminadamente, mas se materializam numa escala dimensional mais ampla). Podemos falar de transformações ascendentes de escala em que se realiza a translação de informação de escalas detalhadas para escalas menos detalhadas implicando a necessidade de instrumentos e critérios de agregação e generalização. Já as transformações descendentes correspondem à translação de níveis hierárquicos de escala elevada para níveis de escala mais detalhada implicando mecanismos de desagregação.

A título de mero exemplo, nestas transformações podem estar envolvidos procedimentos de interpolação ou de amostragem, sendo também comum recorrer a modelos ou procedimentos qualitativos (objetivos ou indutivos) e torná-los quantitativos por generalização de dados pontuais. Um exemplo destes modelos espaciais qualitativos é a metodologia de hierarquização qualitativa do risco de geada (Uhlig, 1954) que pode ser “quantificado” por extrapolação das classes qualitativas a partir de valores quantitativos de estações situadas em diferentes manchas com distintos valores de risco.

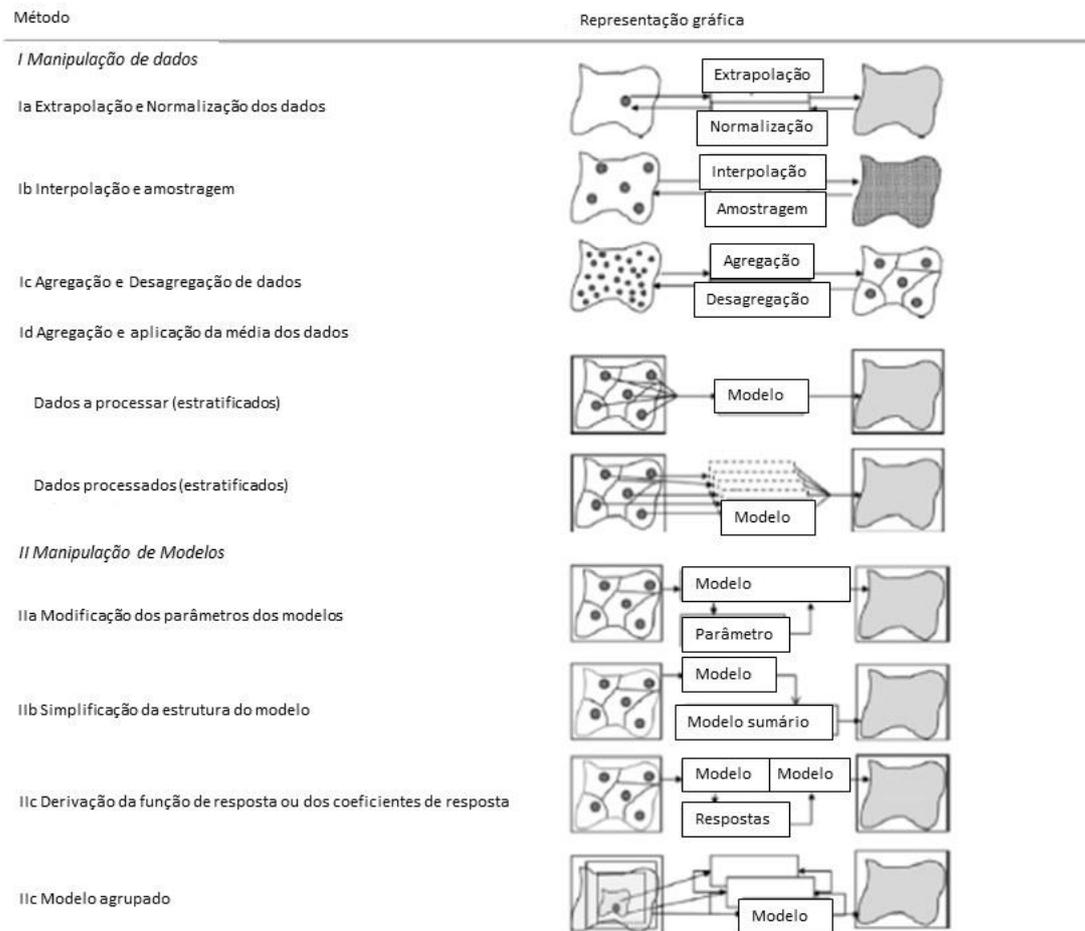
Exemplos como este evidenciam os fatores de erro a que estes processos de transição escalar estão sujeitos, quer se baseiem em manipulação de dados, quer de manipulação de modelos. Por esse motivo, nestes processos é imperativo uma clara indicação dos pressupostos e condições de transição escalar, de modo a poder aferir as possíveis dimensões de erro envolvidas.

Estes processos de transição de escala por diferentes modos de extrapolação, generalização, agregação ou indução dedutiva, são essenciais para a predição e compreensão dos processos e sistemas ecológicos (Levin, 1992). Isto decorre da que a capacidade de caracterização é sempre espacial, temporal, hierárquica ou funcionalmente limitada, pelo que há sempre

necessidade de transformar dados com uma dada natureza escalar em dados com outra natureza (diferente grão, extensão, expressão espacial, temporal ou organizacional).

Estes processos podem ser realizados de múltiplas formas como Ewert et al. (2011) ilustram de forma sistemática (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 Classificação de métodos de transição escalar (scaling) (adaptado de Ewert et al., 2011)



Em síntese, “a Ecologia (da Paisagem) está focalizada nas causas e efeitos da heterogeneidade e muito menos com as gamas específicas de escalas espaciais. Contudo, a medida em que a heterogeneidade se expressa depende da escala. A questão básica sobre escala em ecologia consiste em determinar se um dado fenómeno ocorre ou atua numa gama ampla de escalas ou se está limitado a uma gama muito restrita. Por esse motivo, a busca de variações de escala e a identificação das escalas apropriadas para os diferentes fenómenos ecológicos é crítica” (Pickett e Cadenasso, 1995, pp. 333).

Cada área refere-se a uma região com pontos de observação que são (ou não generalizados para toda a região dependendo do método utilizado (sub-regiões representam agregações espaciais de dados

É pois neste quadro que tem de ser compreendida a importância da consideração escalar como essencial na medição e estudo de qualquer fenómeno o que envolve as seguintes complexidades analíticas (Higgins et al., 2012, pp. 140):

- a) *Padrões e processos podem ser organizados de acordo com a sua “escala operacional”. Consequentemente é importante assegurar uma concordância apropriada entre os temas e questões em investigação e a escala de análise quando se desenvolve o conceito e metodologia de uma investigação, para evitar falácias ou equívocos ecológicos.*
- b) *Os processos podem operar simultaneamente em múltiplas escalas. Consequentemente, tem de se prestar atenção à sua distinção operacional a escalas específicas e ao mecanismo que define as suas modificações de um nível de resolução para outro.*
- c) *Qualquer processo sujeito a uma escala pode intersectar outros processos operando numa outra escala qualquer o que pode resultar em mudanças complexas.*

É exatamente o facto de a heterogeneidade e a funcionalidade ecológica da paisagem se manifestarem desta forma heterogénica, de elevada multiplicidade e essencialmente não linear, que determina que o estudo da ecologia tem de dar a devida importância às questões escalares já que elas são a única forma de compreender os padrões e fatores de organização e funcionamento de cada elemento e complexo paisagístico.

A título de exemplo simplificado desta necessidade de uma abordagem complexa, é possível ilustrar como, para uma mesma espécie animal, diferentes escalas de diferenciação espacial, implicam diferentes objectos determinantes do comportamento dessa espécie animal, considerando um mesmo momento ou território de consideração temporal. Por outro lado, para um mesmo nível hierárquico de caracterização espacial, um território de consideração temporal mais alargado, permite identificar, padrões de comportamento de uma dada espécie animal relativamente a funções de realização dos diferentes lugares de uma região, apresentando elementos informativos completamente distintos dos contidos no plano temporal exemplificado na Fig. 5.1.

6 – O funcionamento do Território (elementos sistemas e processos)

Quando falamos de Território no sentido referido de “solução, em cada momento, da equação que integra os fatores biofísicos locais, os processos dinâmicos deles decorrentes, as diversas ações decorrentes do uso humano e todas as soluções anteriores dessa equação” temos de considerar os seus componentes e as relações funcionais ocorrentes entre eles (Fig. 6.1). Estas relações, (processos ecológicos), materializam-se de formas distintas:

- Processos hidrológicos - principais processos e vias de transporte de nutrientes, materiais e seres vivos, constituindo o sistema central da dinâmica ecológica e originando por si só sistemas e padrões ecológicos e paisagísticos particulares.
- Processos gravíticos – constituem, juntamente com os processos hidrológicos importantes sistemas de movimentação de materiais, ou de promoção dessa movimentação (na sua interação, por exemplo, com os fluxos hídricos).
- Ciclos biogeoquímicos – constituem a integração para cada nutriente ou substância do seu ciclo de movimentação através dos diferentes componentes estruturais e funcionais da paisagem (clima, geologia, morfologia, hidrologia, solo, biota), das formas como esses ciclos são regulados por cada um desses componentes e das transformações que vão experimentando, integrado rochas e outros materiais inertes, matéria viva, matéria orgânica, etc..
- Processos climáticos – Balanços de energia radiante e irradiante, que constituem o “motor” fundamental de todos os processos ecológicos, determinam funções dinâmicas como é o caso da circulação geral da atmosfera em termos globais regionais e locais, determinando funções como arranque transporte pelo vento de materiais, propágulos vegetais e outros organismos vivos, processos microclimáticos locais e regionais e sua indução por balanços de radiação. Determinação da natureza dos grandes sistemas ecológicos (ecoregiões (Bailey, 2014), biomas (Holdrige, 1967)) ou pedológicos.
- Processos biológicos – Dinâmicas interespecíficas (competição, predação, simbiose, mutualismo, predação, etc.). Dinâmicas intraespecíficas – estratégias específicas, processos de colonização, competição ou facilitação. Processos dinâmicos na paisagem: conectividade, permeabilidade, corredores, barreiras, complementaridade. Dinâmica de populações: colonização, extinção, especiação. A importância do conceito de meta-população. Biodiversidade e as suas diferentes dimensões.
- Processos antrópicos – A criação de habitats novos ou de substituição, os impactos destrutivos e criativos sobre a generalidade dos processos ecológicos

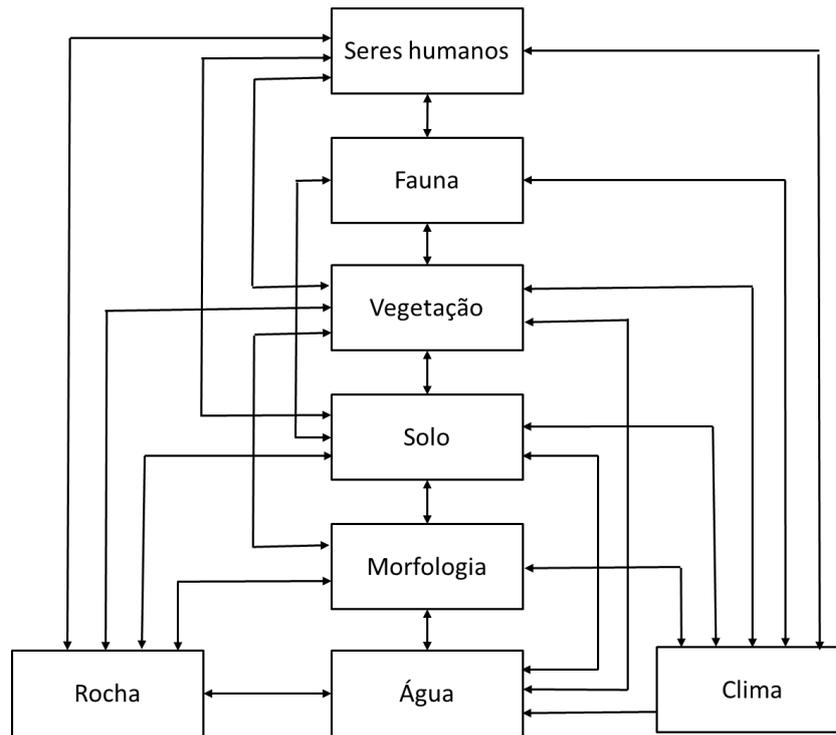


Fig. 6.1 – Interdependência entre os diferentes fatores ambientais bióticos e abióticos

Particularmente, materializam-se ao longo do tempo, assumindo sempre formas distintas e determinando uma permanente evolução da natureza e funcionalidade de cada paisagem. Esta dinâmica decorre exatamente dos processos referidos, nas suas diferentes formas de ocorrência e manifestação, determinando processos de sucessão ecológica que se considera atualmente que obedecem ao “paradigma do desequilíbrio”. Este paradigma considera que os sistemas naturais são abertos, ou seja, têm de ser colocados no contexto da sua envolvente, da qual podem fluir regular ou aleatoriamente organismos e materiais. Estes fluxos são especialmente importantes, devido à sua influência potencial na estrutura e funcionalidade dos sistemas. O paradigma do desequilíbrio enfatiza o processo, o modo como os sistemas se comportam realmente, ou seja, como a sua estrutura e trajetória são determinados. A metáfora científica deste paradigma é “dinâmica de manchas” ou “manchas cambiantes.” (Pickett et al, 1992, pp71).

Particularmente, materializam-se ao longo do tempo, assumindo sempre formas distintas e determinando uma permanente evolução da natureza e funcionalidade de cada paisagem. Esta dinâmica decorre exatamente dos processos referidos, nas suas diferentes formas de ocorrência e manifestação, determinando processos de sucessão ecológica que se considera atualmente que obedecem ao “paradigma do desequilíbrio”. Este paradigma considera que os sistemas naturais são abertos, ou seja, têm de ser colocados no contexto da sua envolvente, da qual podem fluir regular ou aleatoriamente organismos e materiais. Estes fluxos são especialmente importantes, devido à sua influência potencial na estrutura e funcionalidade dos sistemas. O paradigma do desequilíbrio enfatiza o processo, o modo como os sistemas se comportam realmente, ou seja, como a sua estrutura e trajetória são determinados. A

metáfora científica deste paradigma é “dinâmica de manchas” ou “manchas cambiantes”.” (Pickett et al, 1992, pp71).

Esta dinâmica materializa-se, portanto, numa interação complexa entre estruturas espaciais e processos ecológicos evoluindo e assumindo em consequência, novas formas de materialização e manifestação e, conseqüentemente, de abordagem e consideração metodológica (Fig. 6.2)

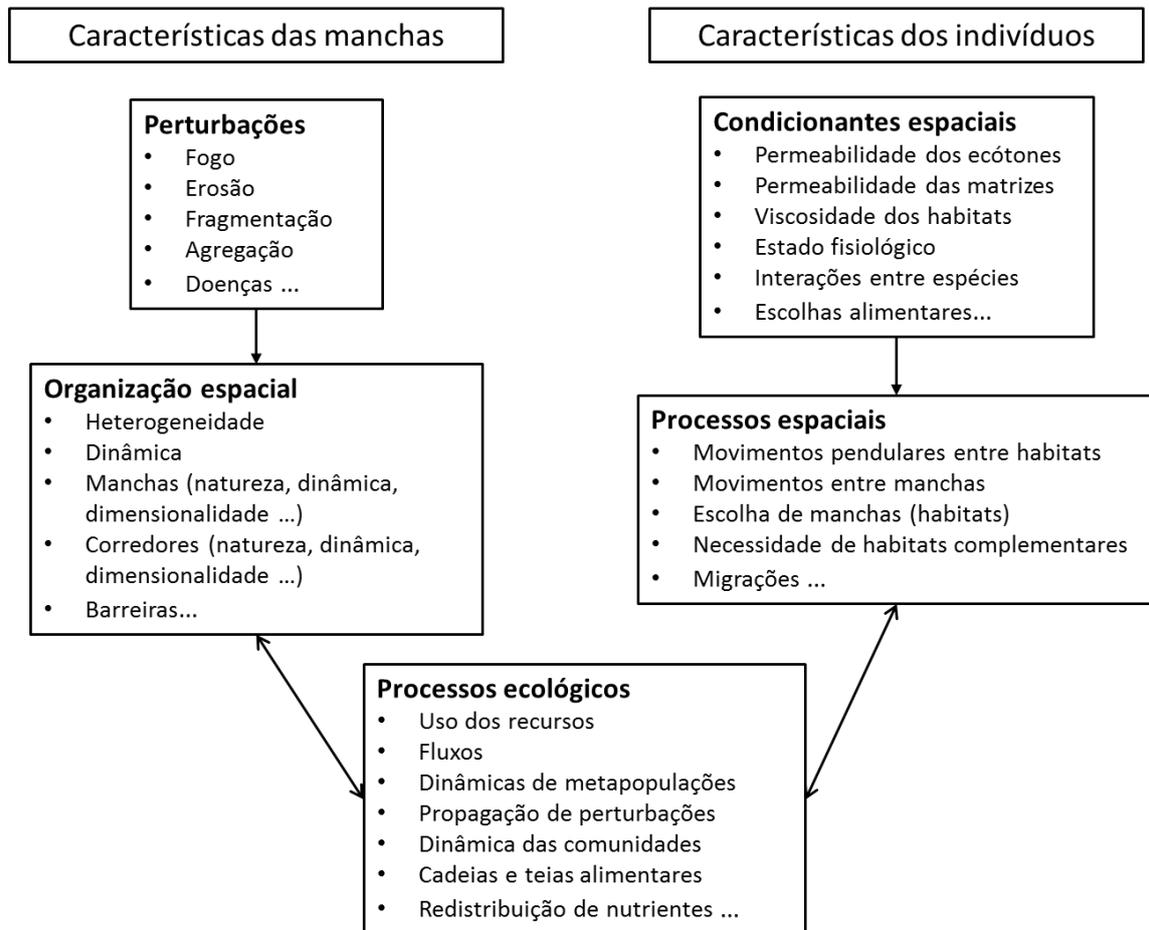


Fig. 6.2 – Um conceito metodológico para o estudo de estruturas e processos espaciais adaptado de Wiens et. al., 1993)

Estes processos ecológicos determinam as funções da paisagem, decorrentes das características locais, organização estrutural e dinâmica multi-escalar (Tab. 6.1). Estas funções correspondem a funções de oferta, já que, direta ou indiretamente, são elas que irão satisfazer as necessidades dos seres vivos e dentro destes, naturalmente, também dos seres humanas.

A dinâmica gerada pela interação dos elementos estruturais, em forma de fluxos contínuos de elementos ecológicos, determina e permite prever, por outro lado, o funcionamento da paisagem, nomeadamente no que respeita à origem, evolução, estabilidade e viabilidade dos elementos estruturais que compõem as paisagens. Tais interações entre elementos estruturais estão, contudo, limitadas, no essencial, à ecologia do local em que se inserem, constituindo-se esta como um condicionante natural do carácter do local.

Tab. 6.1 - Funções do Território (de Groot, 1986)

<p>1 - Funções de regulação: capacidade dos ecossistemas naturais para regular e manter os processos ecológicos essenciais e os sistemas de apoio à vida. Incluem as transferências de energia, os ciclos biogeoquímicos, a mineralização da matéria orgânica, o armazenamento e a transferência e materiais na biomassa (cadeias alimentares) (muitas destas funções não satisfazem diretamente as necessidades humanas, mas favorecem as condições para que as funções que o fazem sejam viáveis) Exemplo de tais funções são:</p> <ul style="list-style-type: none">- protecção contra influências cósmicas nocivas (UV, por ex.)- regulação de condições climáticas (efeito tampão das áreas vegetadas no que se refere à qualidade do ar e ao balanço térmico por ex.)- protecção das Bacias Hidrográficas e outros recursos hídricos (regularização e retenção do escoamento, recarga do freático, prevenção da erosão, secas e cheias, etc.)- manutenção do solo (atividade do pedobiota e ação protetora da vegetação prevenindo a degradação e a erosão do solo e promovendo um balanço equilibrado de nutrientes)- armazenamento e reciclagem da Matéria Orgânica (mineralização, humificação e fossilização)- armazenamento e reciclagem dos detritos inorgânicos das atividades humanas (poluentes químicos, CO₂, metais pesados, poluentes atmosféricos, etc.)- fixação de bio-energia (radiação solar e energia química por fotossíntese ou quimiossíntese, permitindo um armazenamento e reciclagem da energia quer sob a forma de biomassa, quer de combustíveis fósseis, quer de alimentos)- manutenção da diversidade biológica (assegurando uma "pool" genética para o futuro)- manutenção de habitats de reprodução (as espécies necessitam não só de alimento como de refugio, pelo que exigem não apenas um habitat mas sim de sistemas complexos de habitats)- fornecimento de habitats de alimentação e refúgio <p>2 - Funções de sustentação: capacidade de o ambiente natural disponibilizar território e um substrato/meio adequado para as atividades humanas. Estão portanto diretamente relacionadas com a capacidade de carga dos processos naturais. Exemplos de tais funções são:</p> <ul style="list-style-type: none">- assegurar território e um substrato/meio adequado para a agricultura (temperatura, precipitação, fertilidade, declive, etc.)- assegurar território e um substrato/meio adequado para a conservação da natureza (naturalidade, raridade, nº de espécies raras ou endémicas, etc.) <p>3 - Funções de produção: capacidade de o ambiente natural fornecer matérias-primas e energia. Exemplos de tais funções são:</p> <ul style="list-style-type: none">- fornecer oxigénio, água, recursos minerais, energia, matéria orgânica, biomassa lenhosa e fibras vegetais, plantas e animais selvagens (nomeadamente como alimento, "pool" genética, fontes de compostos bioquímicos, plantas e animais ornamentais, animais de experiências, proteção integrada, polinização cruzada, etc.) <p>4 - Funções de informação: capacidade de o ambiente natural de proporcionar oportunidades para o desenvolvimento cognitivo e a "re-criação". Exemplos de tais funções são:</p> <ul style="list-style-type: none">- fornecer oportunidades de recreio, informação espiritual/religiosa, inspiração cultural, informação educacional e científica, reservatório de informação potencial

De forma complementar, operam na paisagem processos ecológicos, com escalas espaciais e temporais distintas das que os nossos sentidos ou registos históricos são capazes de apreender, cujo funcionamento e intensidade estão fortemente relacionados com a estrutura da paisagem e a dinâmica do seu mosaico. Esta interação é o aspeto fundamental que a Ecologia da Paisagem explora, com o fim de promover uma melhor compreensão dos processos ecológicos.

6.1 – Hidrossistemas e morfossistemas

O regime hídrico é um dos principais processos dinâmicos da paisagem determinando e condicionando outras funções como o transporte sólido (erosão, sedimentação), a movimentação de terrenos (solifluxão ou outros processos de instabilidade de encostas), os ciclos de nutrientes (meteorização, dissolução e transporte), apenas para citar os mais relevantes, a dinâmica de formação do solo ou de meteorização geológica.

É regulado em termos de macro escala pelas características climáticas locais (decorrentes da circulação geral da atmosfera) sendo afetado pelas características locais ao nível do balanço hídrico local (precipitação/evaporação-interceção-transpiração-infiltração). Considerando os processos de escoamento superficial e subterrâneo bem como a infiltração, verifica-se a influência diferenciada de variáveis de superfície (estrutura do solo, rugosidade, coberto, declive, micromorfologia) sendo que o escoamento fluvial é determinado pelas suas características hidráulicas dos mesmos (rugosidade, declive, raio hidráulico, tipo de substrato, vegetação, micromorfologia) (Fig. 6.3).

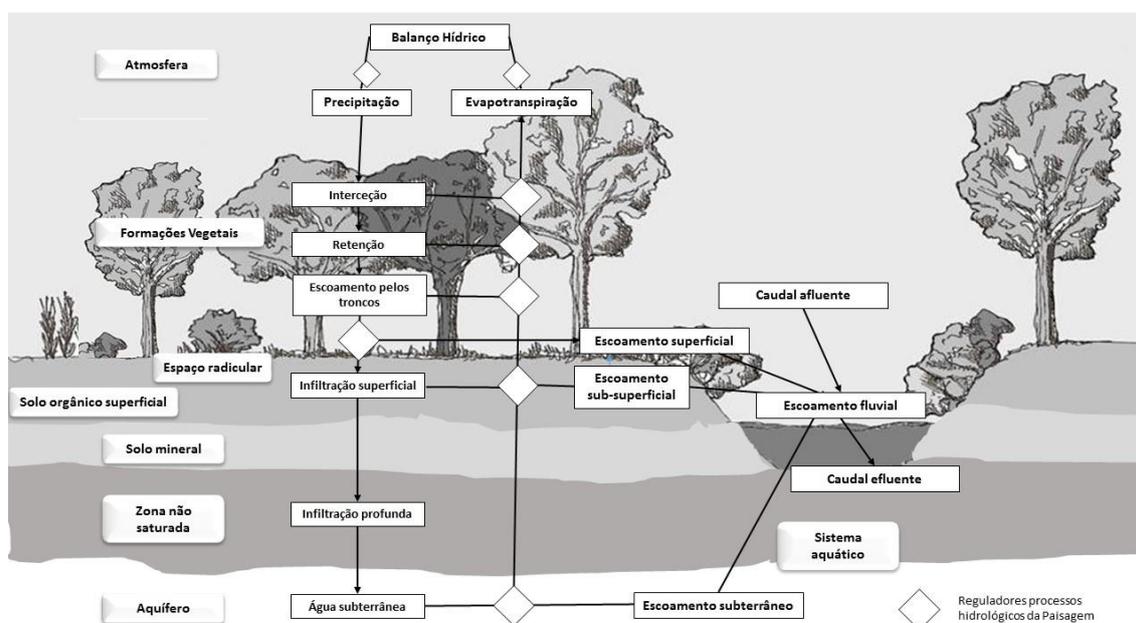


Fig. 6.3 – Processos funcionais do sistema hidrológico numa bacia hidrográfica

É o grande veículo de transporte ao nível da paisagem, quer através dos processos de arranque, erosão, transporte e sedimentação, quer dos processos de infiltração, ascensão capilar e evapotranspiração que são críticos em termos da dinâmica dos sistemas hídricos subterrâneos, mas particularmente dos processos de diferenciação e evolução pedológica.

A sua forma de expressão mais determinante em termos de processos ecológicos são os sistemas fluviais cujo carácter e funcionalidade dependem direta e indissolúvelmente das características da Bacia Hidrográfica por eles drenada e obviamente dos processos climáticos e hidrogeológicos ocorrentes na Bacia, assim como, de uma forma determinante, das características do uso do solo da sua superfície.

Os sistemas hídricos são intrinsecamente dependentes do modo de manifestação local do ciclo hidrológico:

- O regime pluvial e o balanço hídrico determinam, em grande medida, o regime fluvial, funcionando, ao mesmo tempo, a componente geológica, pedológica e de coberto vegetal ou dos usos antrópicos como os reguladores desse regime.
- A morfologia do terreno determina não apenas a energia dos escoamentos, os processos de erosão e transporte, como também a maior ou menor probabilidade de ocorrência de territórios de retenção superficial ou sub-superficial e a origem de formas particulares de águas interiores como são os lagos, as charcas, os pauis e as turfeiras.
- O coberto vegetal, assim como os usos antrópicos da bacia hidrográfica e terrenos adjacentes vão também agir, não só como reguladores dos fluxos hidrológicos, mas também da natureza química dos sistemas hidrológicos através da libertação ou absorção de substâncias e compostos químicos presentes nos fluxos hidrológicos (precipitação, escoamento superficial ou sub-superficial) ou pela libertação voluntária (caso dos sistemas antrópicos de substâncias de variadíssima natureza diretamente nos sistemas fluviais ou a eles afluentes).
- O biota dos diferentes tipos de águas interiores e dos ecótonos específicos a ele associados que, integrando todas estas influências apresenta uma individualidade e dinâmica específica que confere natureza autónoma a cada sistema local de *per si*.

Temos ainda que os ecossistemas de águas interiores são muito mais que os corpos de água individualizáveis e incluem todos os ecossistemas que, de uma forma ou de outra são afetados e determinados pelos sistemas hidrológicos. Destes ecossistemas importa realçar as várzeas e todas as planícies de inundação e leitos de cheia.

Os ecossistemas hídricos constituem ecossistemas de particular importância em termos dos processos ecológicos ocorrentes na paisagem, dado o seu carácter de ecótono com as consequentes trocas intensas de substâncias e materiais de acordo com gradientes de humidade, luminosidade e de natureza do substrato. Por outro lado, no caso sistemas fluviais, o carácter variável do seu caudal e energia de escoamento ao longo do seu traçado determina, igualmente, gradientes dinâmicos geradores de intensas variações na heterogeneidade desses ecossistemas (Fig. 6.4) e dos processos a eles associados.

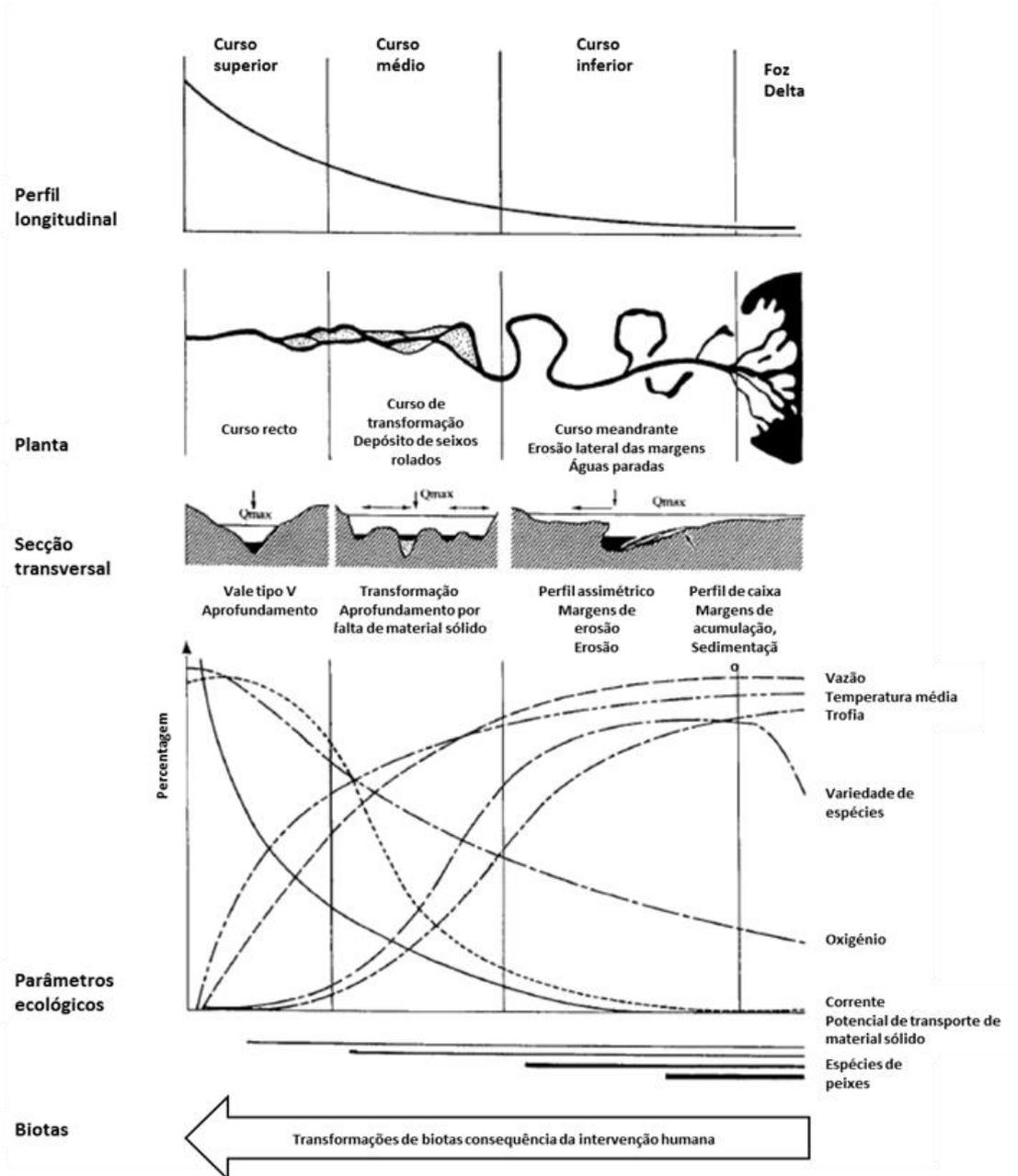


Fig. 6.4 – Variação das distintas dimensões e características e processos de uma linha fluvial tipo ao longo do seu traçado (adaptado de Binder, 1998)

Os ecossistemas hídricos são capazes de, devido à sua complexa natureza e dinâmica ecológica, assegurar sustentavelmente funções básicas como a disponibilidade em recursos hídricos, a estabilidade dos terrenos adjacentes, a proteção contra cheias e secas, a disponibilidade em recursos piscícolas, cinegéticos e florísticos, que são os principais serviços ecológicos por eles garantidos.

Esses serviços assumem um valor ecológico particular, já que, pelo seu carácter linear e abrangente da totalidade do território, os ecossistemas fluviais asseguram funções de conectividade de carácter único ao constituírem redes que interligam territórios diversificados e elementos potenciadores duma diferenciação da estrutura e capacidade de sustentação

ecológica do território. Potenciam a existência de manchas de recursos e perturbação de natureza muito diversa, ao assegurarem para inúmeras espécies, vias de intercâmbio genético capazes de contribuir para a existência de populações viáveis, ao favorecerem ou ao associarem-se a condições ecológicas locais particulares, potenciadoras de formações e capacidades específicas.

Um exemplo desta diversidade de funções e inter-relações ecológicas é a realizada pela vegetação das margens que preenche uma função da maior importância na garantia da qualidade da água. As suas raízes funcionam com um filtro das substâncias dissolvidas que afluem às linhas fluviais a partir dos terrenos marginais (Fig. 6.5). Esta ação é concretizada pela absorção de nutrientes em excesso (que de outro modo poderiam causar eutrofização) e pela metabolização pelos microrganismos associados às raízes de muitas outras substâncias, com relevo para agro-químicos que poderiam vir a ser tóxicos para a flora ou fauna ou para os utilizadores dessa água para beber ou fins recreativos.



Fig. 6.5 - Efeito de filtro e de extração exercido pela vegetação ripícola (mata ciliar) sobre as substâncias químicas dissolvidas nos fluxos sub-superficiais provenientes, por ex., de explorações agrícolas contíguas (Fernandes e Cruz, 2011)

Já a morfologia (relevo) tem uma importância reguladora extremamente importante em termos da geodinâmica externa. Com efeito, esta variável, através das suas relações com o solo e o seu regime hídrico próprio (infiltração, evaporação, ascensão capilar, etc.), o regime hídrico superficial, o microclima local, constitui uma das variáveis determinantes da dinâmica da paisagem:

"O relevo, através das suas influências reguladoras, estruturadoras e alteradoras da substância dos ecossistemas da paisagem, constitui uma variável dinâmica de significado básico dado:

- estabelecer relações funcionais entre os diversos fatores ecológicos individuais, os quais podem ser descritos com exatidão com a sua ajuda.
- determinar uma estruturação espacial visível e quantitativamente descritível em qualquer escala, que determina relações funcionais geocológicas globais" (Leser & Klink 1988)

6.2 – Ciclos Biogeoquímicos e fluxos de energia

Os processos associados aos ciclos biogeoquímicos e energéticos percorrem todos os planos funcionais da paisagem (atmosfera, coberto vegetal, solos e substrato geológico, sendo os principais agentes de transporte a água, o vento e a gravidade).

O determinante fundamental dos processos energéticos da paisagem (e como tal dos processos dinâmicos nela ocorrentes) é o sistema climático e, em particular, o balanço de radiação e todas as consequências que determina, desde a circulação geral da atmosfera até à diferenciação microclimática e decorrente contribuição para a heterogeneidade da paisagem (Fig. 6.7).

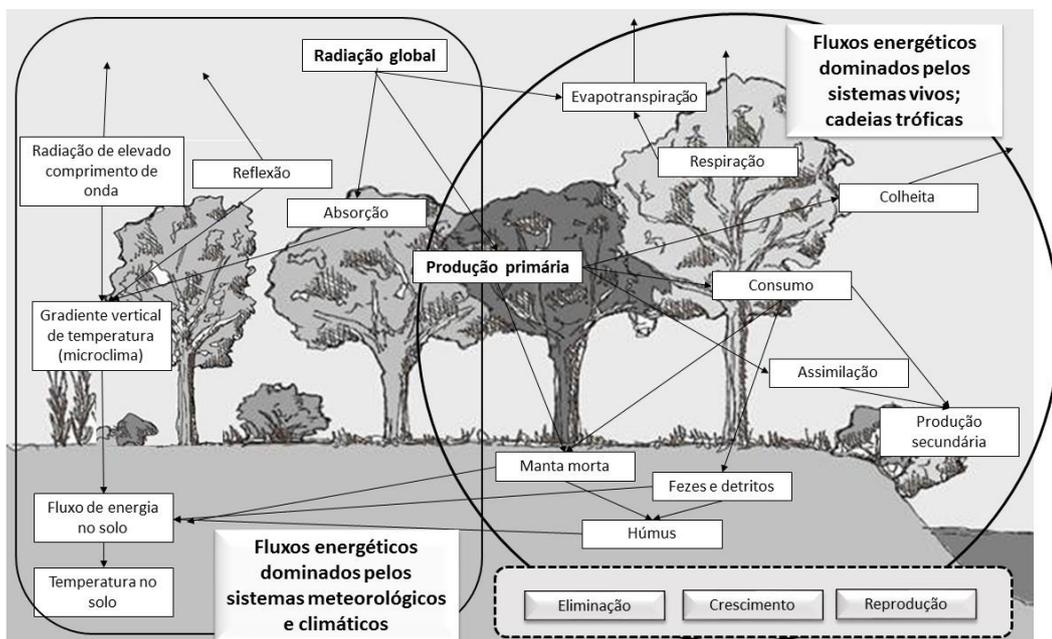


Fig. 6.7 – Principais sistemas e fluxos energéticos na Paisagem (adaptado de Müller, 1999)

A sua importância como determinante desta dinâmica pode ser resumida do seguinte modo (Leser, H. & Klink 1988 adapt.):

- o clima determina de modo dominante a meteorização das rochas. Através da insolação, precipitação, gelo e vento como elementos dominantes constitui o protagonista fundamental do processo de modelação do relevo e de desenvolvimento do solo.
- a temperatura, a precipitação e a evaporação controlam os processos químicos, físicos e biológicos do desenvolvimento do solo.
- a precipitação, o vento e a evaporação regulam os processos do regime hídrico, determinantes de toda a dinâmica e balanços de materiais da paisagem, já que a água é o principal veículo desses fluxos.

- o clima determina as condições de vida da globalidade do complexo biótico do ecossistema ao regular os balanços térmicos e hídricos.
- o clima determina e regula a viabilidade e o conforto das instalações humanas na paisagem.
- determina a circulação local do ar (regime de ventos e brisas) e, conseqüentemente, os fenômenos de acumulação (indutores de geada, nevoeiros, acumulação de poluentes, maior desconforto climático)
- determina os processos de dispersão de substâncias (poluentes ou não) regulando situações de acumulação (associadas a fenômenos de inversão térmica) ou de dispersão (associados a padrões regionais de ventos)

O outro grande sistema que se pode identificar como determinante da natureza e funcionalidade de um território são os ecossistemas e as trocas de energia e materiais neles envolvidos (Fig. 4.4).

Com efeito, é a este nível que ocorre a transformação da energia radiante em energia química (através da fotossíntese) e todo o fluxo da mesma através das cadeias tróficas. Este fluxo, por sua vez, associa-se aos processos hidrológicos, climáticos, geomorfológicos e pedológicos para a determinação dos grandes padrões dinâmicos dos processos cíclicos biogeoquímicos que integram, deste modo, todos os fatores energéticos (radiação, gravidade, bioquímica, etc.) envolvidos nos sistemas paisagísticos.

Ao nível dos ciclos biogeoquímicos, os sistemas vivos, articulados com os sistemas climáticos, hidrológicos e particularmente com os pedológicos, constituem os grandes reguladores e agentes motores desses ciclos. Essa ação envolve não só a transformação (combinação ou decomposição), como a acumulação e disponibilização, sendo o conjunto da biomassa terrestre o território dinâmico onde decorre a parte mais significativa dos processos biológicos, físicos, químicos, físico-químicos e bioquímicos que estão envolvidos nesses ciclos de materiais e de energia.

O coberto vegetal especificamente, apesar de ser o mais circunstancial de todos os elementos característicos e caracterizantes da paisagem, preenche um papel regulador fundamental nos seus ciclos ao afetar todos os processos de superfície (escoamento superficial, transporte sólido, produtividade primária e secundária, microclima, etc.) e a interligação entre os tramos aéreos e subterrâneos dos fluxos dinâmicos.

Desta forma e a título de exemplo, é ao seu nível que é regulado grande parte do balanço hídrico local e, conseqüentemente, dos processos de ascensão, deposição e transporte lateral de materiais, do balanço energético e do balanço de informação.

O solo, por sua vez, como um dos elementos mais integrados e mais determinante de toda a dinâmica da paisagem, constitui o universo ao nível do qual ocorrem alguns dos mais importantes processos reguladores dessa dinâmica, quer em termos de ciclos biogeoquímicos e seus fluxos locais, quer em termos de teias alimentares e de relações interespecíficas. Funções como a permeabilidade, a capacidade de campo e a capacidade utilizável e as suas restantes funções reguladoras do regime hídrico, a sua capacidade disponibilizadora e

mobilizadora de nutrientes e outros compostos químicos, a sua capacidade de tamponização, a diversidade do seu quimismo em função das condições locais (por exemplo o seu pH que influencia a disponibilidade de nutrientes ou a tipologia de reações químicas dominantes) são exemplos da enorme diversidade de formas como os solos determinam os processos dinâmicos da paisagem.

Estas características transformam o solo (considerado como um todo, ou tomado como entidade composta, quer estrutural - diferentes horizontes, quer funcional - diferentes ciclos dinâmicos envolvidos (água, nutrientes, energia), quer organizativamente - diferentes tipologias processuais (físicas, químicas e biológicas), num elemento capital na caracterização de um local e da sua dinâmica.

Leser & Klink 1988 resumem do seguinte modo o significado funcional do solo:

- O solo constitui fundamento para a vegetação espontânea e cultivada. Cria condições locais específicas e fornece à vegetação água e nutrientes cujas quantidades disponíveis são função das suas propriedades.
- É no solo que decorre a maior parte das trocas orgânicas e inorgânicas de materiais no âmbito dos ecossistemas. São as características do solo que regulam a intensidade destas trocas.
- A estrutura e a espessura do solo determinam as condições de humidade e arejamento do território de enraizamento e a quantidade de água disponível para as plantas. A proporção de água evaporada relativamente à precipitação depende, em grande medida, da capacidade de retenção do solo, assim como a quantidade de água disponível para as plantas.
- O solo atua como filtro. A sua composição determina as possibilidades, vias e taxas de transporte de água e das substâncias nela dissolvidas.
- No solo acumulam-se substâncias estranhas em forma insolúvel ou fracamente solúvel (função de retenção).
- O solo e as suas funções reguladoras influenciam importantes processos dinâmicos da paisagem como por ex. o escoamento e o transporte sólido.
- O solo constitui suporte e material para a maioria das atividades humanas, sendo as suas características propiciadoras ou inibidoras dessas atividades.

A que podemos acrescentar:

- O biota do solo, assim como a matéria orgânica neles presentes, associados às características físico-químicas de cada solo são os mais ativos agentes reguladores e transformadores de sistemas geoquímicos em comparação com qualquer outro componente da paisagem
- O solo é o mais ativo agente tamponizador dos diferentes sistemas ambientais
- O solo através das suas características, físicas, físico-químicas, químicas e biológicas é o mais eficaz retentor e metabolizador de substâncias químicas.

Por sua vez o subsolo, ou melhor, o substrato geológico, representa, tal como o solo, uma variável extremamente estável, pelo que condicionadora dos padrões básicos da organização

estrutural de um lugar, logo, da sua dinâmica. Com efeito, o subsolo joga um papel relativamente indireto na dinâmica de um lugar ao regular funções de grande inércia como são o balanço hídrico subterrâneo (hidrogeologia) ou a formação de solos e a libertação de nutrientes para estes. Apenas em termos das suas condições estáticas joga um papel direto como é o caso da estabilidade de encostas ou de planos sobre territórios cársticos, ou ainda de riscos geológicos ligados à tectónica (sismos, diapiros, vulcões, argilas expansivas) ou à geodinâmica externa (subsidência natural, dunas, inundações, erosão) (Carcedo 1987).

Tomam, pois, assim particular importância os seguintes grupos de características:

- Regulação da dinâmica hídrica - permeabilidade, condutividade, capacidade de armazenamento
- Regulação da formação de solo e disponibilização de nutrientes - alterabilidade, potencial de corrosão
- Regulação de funções estáticas - estabilidade de encostas e comportamento sísmico

6.3 – Os sistemas vivos

6.3.1 – Os principais mecanismos de evolução e adaptação dos sistemas ecológicos

No contexto da teoria ecológica, identificam-se diferentes teorias para explicar a evolução de um dado lugar, quer em termos das suas características abióticas, quer bióticas.

A mais conhecida é a teoria da sucessão ecológica proposta por Clements e explicitada por Odum (1971), sob a denominação “desenvolvimento ecológico”, como podendo ser definida pelos três parâmetros seguintes (Odum, 1971, pp 251):

- É um processo ordenado de desenvolvimento da comunidade que envolve modificações na estrutura específica e nos processos da comunidade ao longo do tempo; é razoavelmente direcional e, como tal, previsível;
- Resulta da modificação do ambiente físico pela comunidade; ou seja, a sucessão é controlada pela comunidade, mesmo que o ambiente físico determine o padrão, as taxas de modificação e, muitas vezes, estabeleça limites em relação ao ponto até onde o desenvolvimento pode ocorrer;
- Culmina num ecossistema estabilizado no qual uma biomassa máxima (ou elevado conteúdo informativo) onde as funções simbióticas entre os organismos são mantidas por unidade do fluxo de energia disponível.

Em resumo, como explicitam Begon et al. (1990) o processo de sucessão pode ser definido como “o padrão não sazonal, direcional e contínuo de colonização e extinção de espécies e populações num dado lugar” (pp. 628).

Este processo implica a identificação de diferentes características dos descritores ecossistémicos entre os estados de desenvolvimento e os estados maduros (Odum, 1971, pp 252).

Várias considerações podem ser feitas relativamente a este conceito, sendo a principal das quais a identificação de mecanismo propulsor do processo de sucessão ecológica, o qual deverá também explicar a ocorrência de regressões e induzir as chamadas “sucessões secundárias”.

Este mecanismo é a perturbação, ou seja, qualquer mecanismo, discreto ou contínuo que induza modificações nas características do meio. Este conceito congrega os conceitos de “*perturbation*” e “*disturbance*” tal como definidos por Pickett e White (1985), em que o primeiro (“*perturbation*”) corresponde a um processo definido pelo seguinte contexto (Pickett e White, 1985, pp 6): a) quando os parâmetros ou comportamentos que definem o sistema tenham sido explicitamente definidos, b) quando uma perturbação (“*disturbance*”) é conhecida como componente do sistema em causa e c) quando a perturbação pode ser controlada experimentalmente. Já o segundo conceito (“*disturbance*”) corresponde à definição (Pickett e White, 1985, pp 7): “*uma perturbação é qualquer acontecimento relativamente discreto no tempo que desequilibra o ecossistema, a comunidade ou a estrutura da população e altera os recursos, disponibilidade de substrato ou o ambiente físico*”. Em outros termos, e recorrendo à imagem de Allen e Starr (1982), a perturbação pode ser considerada como um distúrbio que foi assimilado e incorporado no sistema passando a ser uma sua característica intrínseca. Não deixa, contudo, de constituir, pelo menos quando da sua origem, uma descontinuidade no sistema, gerando, decorrentemente um desvio funcional deste.

O interesse desta congregação de conceitos explica-se exatamente pelo contributo que este conceito agregado pode trazer à compreensão dos mecanismos de sucessão ecológica e, em geral, à interpretação da forma como os ecossistemas funcionam e podem, decorrentemente, ser geridos.

Com efeito, o conceito de “climax” ou estado maturo de uma sucessão é relativizado por alguns autores como Aubreville (desenvolvido e explicitado em Remmert, 1991 e 1992), os quais utilizam, em substituição, o conceito de “ciclo-mosaico” em que defende que numa comunidade climácica é sempre possível encontrar todos os estados da sucessão num mosaico de fase de amadurecimento/decaimento que asseguram a meta-estabilidade global da comunidade nos termos do conceito climácico de Clements. Este ciclo-mosaico é determinado por processos de alteração internos localizados e decorrentes da própria dinâmica da comunidade ou por processos externos, mas inerentes ao ecossistema em causa (caso da ação das barragens de castores). Estes processos discretos ou contínuos assumem a forma de perturbações nos termos anteriormente enunciados.

A utilidade do conceito de perturbação, quando comparado com o de interação é a sua abrangência e o facto de “despoletando” a sua conotação negativa, ser possível utilizá-lo para descrever todas as ações que caracterizam a dinâmica de um ecossistema.

Com efeito, qualquer ser vivo, pela sua existência induz modificações no meio através das modificações físicas (suporte, ações sobre a circulação atmosférica ou hídrica, alteração do balanço local de radiação por ex.), químicas (absorção, armazenamento, transformação ou libertação de substâncias químicas, alterações do pH ou do potencial de oxidação/redução, por ex.) ou biológicas (inibição, simbiose, mutualismo, etc.). Estas modificações, de natureza

tendencialmente contínua (apesar de não necessariamente linear), contribuem para a criação tendencial de novas características do meio (húmus, disponibilidade em nutrientes, formação de solo, disponibilidade em alimento para os consumidores, alteração do balanço de radiação e dos padrões de transporte / erosão / acumulação) vão funcionar como os principais agentes do processo de sucessão ecológica (Na definição de White e Pickett, todas estas influências assumem a forma de “*perturbations*”, pela sua continuidade e previsibilidade).

Paralelamente a estas perturbações não discretas, inerentes à existência de cada ser vivo e à sua interação, quer com o meio, quer com os restantes seres vivos, podemos identificar perturbações discretas (“*disturbances*”) responsáveis, pela dinâmica ciclo-mosaico e pela geração de descontinuidades no processo de sucessão ecológica, com desvios, interrupções e regressões.

Estas perturbações podem assumir diferentes formas, intensidades e frequências, sendo geradoras de descontinuidades evolutivas, mas principalmente, de descontinuidades espaciais, responsáveis pela organização estrutural da paisagem. Como referem Allen e Starr (1982, pp. 105), “*a perturbação perturba menos à medida que é incorporada, de facto, cessa de todo de ser uma perturbação. A incorporação é realizada através da evolução. O efeito do que era uma perturbação foi o de modificar o holon perturbado num sistema totalmente novo. Esta é uma das possibilidades do biota em face de uma perturbação e parece manifestar-se frequentemente. Uma vez a perturbação incorporada é a sua anulação ou remoção que constitui uma perturbação.*” Ou seja, a incorporação das perturbações constitui o principal fator de evolução e diferenciação espacial, pelo que a sua consideração constitui, claramente o melhor instrumento para a compreensão e gestão do meio.

Procurando sistematizar o conceito, teremos as seguintes situações:

- **Interações organismo ambiente** – modificações do meio decorrentes da ocorrência e evolução de uma espécie ou comunidade, dentro dos limites de disponibilidade dos recursos desse meio, alterando progressivamente os balanços energéticos e nutricionais;
- **Interações organismo ambiente ultrapassando os limiares de sustentabilidade do meio (poluição)** – modificações do meio decorrentes da sobre utilização de recursos e funções do meio, ultrapassando a sua capacidade natural de autorregeneração e de evolução dentro dos padrões normalmente associados à sucessão ecológica;
- **Interações súbitas organismo - ambiente ou ambiente - ambiente (*disturbances*)** – modificações súbitas das condições do meio determinando descontinuidades espaciais e sistémicas nas populações comunidades e ecossistemas determinando ou não desvios ao processo sucessional, conforme são gerados ou anuladas fontes de recursos.

Podendo as duas primeiras situações inserir-se no conceito de *perturbação* e apenas a última no conceito de *distúrbio*, verificamos que todas as situações descritas implicam modificações sistémicas que são incorporadas diferentemente pelo ecossistema, implicando a determinação da dinâmica do processo de sucessão ecológica ou fazendo esta divergir para outra via.

Considerando que não é possível identificar um padrão ou direção claros do processo evolutivo dos biosistemas, verificamos que qualquer dos tipos de perturbação descritos correspondem a fatores dinâmicos desse processo, o que condiciona e ao mesmo tempo clarifica, o conceito e âmbito da gestão ambiental.

6.3.2 – Processos e funcionalidades ecológicas

Continuidade, conectividade, complementaridade, fragmentação - tudo isto são conceitos centrais no quadro dos procedimentos de análise e gestão do território, pelo que importa clarificar os conceitos e desenvolver e testar instrumentos de caracterização do território que enquadrem adequadamente estes conceitos e permitam utilizá-los adequada e compreensivelmente nos procedimentos de avaliação e gestão do território.

Continuidade, permeabilidade e fragmentação - Estes conceitos estão intimamente relacionados dado que se referem à integridade ou partição, subdivisão ou isolamento de um território com características homogêneas (Fig. 6.8)

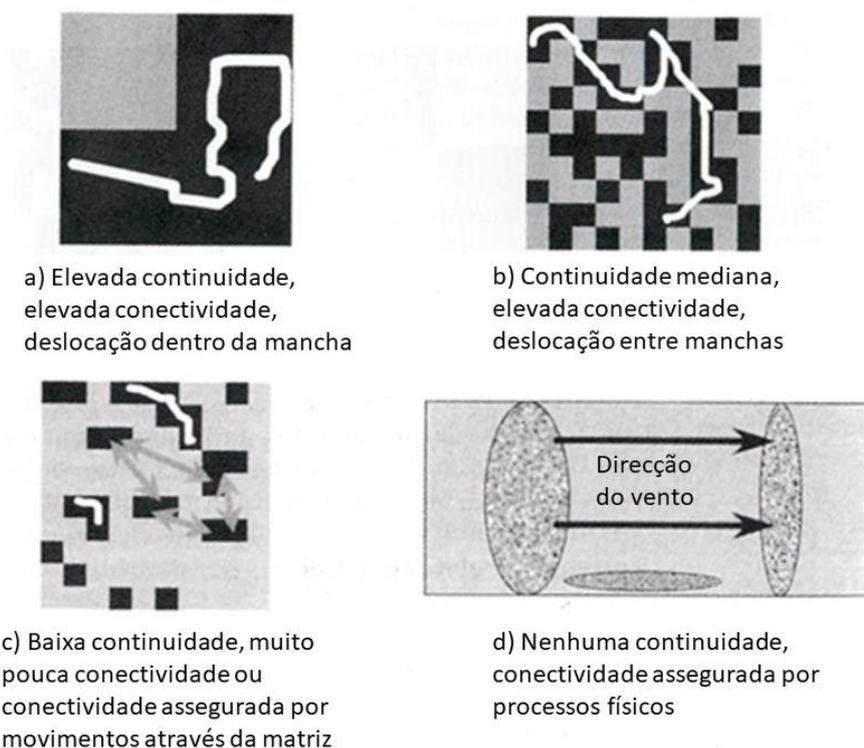


Fig. 6.8 – Diferentes tipos de continuidade e permeabilidade estrutural em contextos de diferentes graus de fragmentação da paisagem

Esta homogeneidade assume uma grande importância do ponto de vista ecológico, em particular para espécies animais que exijam habitats homogêneos não perturbados de grandes dimensões. Esse nível de exigência varia desde a incompatibilidade total com zonas de orla até uma certa tolerância a essas zonas. Estas diferentes tolerâncias materializam-se na geometria

"aceitável" dos referidos territórios. Outro aspeto que interessa referir, é o que se refere à dimensão do referido território da perspectiva da viabilidade da espécie ou comunidade a ele associado e dependente da sua integridade e extensão. É exatamente neste contexto que há que analisar a temática da fragmentação, já que há que distinguir entre um território conjuntamente homogéneo e a eventual heterogeneidade dos recursos e características edafoclimáticas e geomorfológicas subjacentes. Importa clarificar se a atual homogeneidade não corresponde a uma forma de perturbação e portanto uma prática gestora que a mantenha não constituirá uma perturbação de variável significado e agressividade.

Kleyer, 1994 utilizou o critério de semelhança estrutural (ocorrência de estruturas de natureza e função semelhante para tentar identificar e caracterizar a continuidade real e estrutural de uma paisagem (Fig. 6.9 e 6.10).

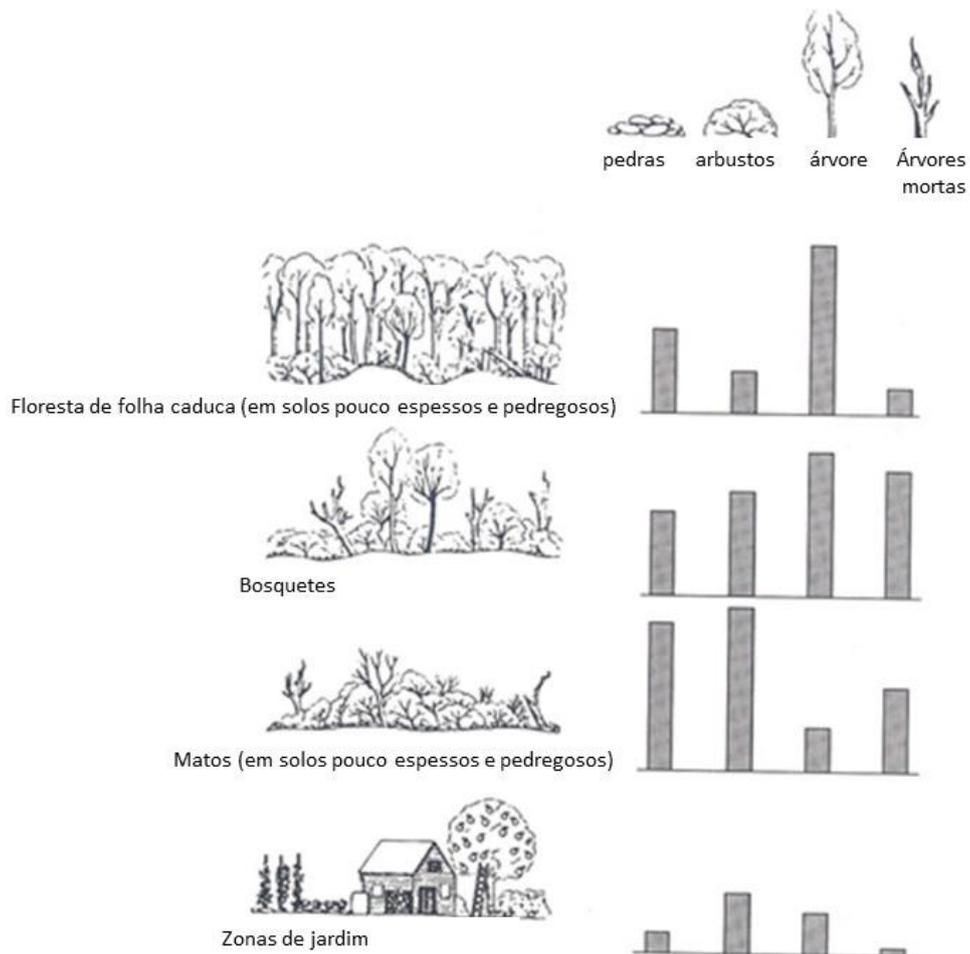


Fig. 6.9 – Factores de continuidade funcional associada a elementos estruturais correspondentes a diferentes tipologias de habitat

	Forests (in general)	Forests on soils with changing groundwater table	Forests on base-rich, dry soils	Forests on base-poor, dry soils	Forests on damp soils	Forests on wet soils	Small woods	Hedgerows	Meadows with fruit trees	Graveyards, parks	Built-up areas with large open spaces and many trees	Garden areas	Single trees	Embankments with grass vegetation	Fallow land with ruderal vegetation	Dry grasslands	Vineyards with terraces	Lakes	Rivers	Gallery woods along rivers	Wet meadows	
Forests (in general)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+	+	+	+								++	
Forests on soils with changing groundwater table		++	++	+++	+++	+++	+++	++	++	+	+	+	+								++	
Forests on base-rich, dry soils			+++	++	++	+++	+++	+++	++	+	+	+	+			++	+				+	
Forests on base-poor, dry soils				++	++	+++	+++	+++	++	+	+	+	+			++	+					
Forests on damp soils					+++	+++	++	++	++	+	+	+	+						+	+	+++	+
Forests on wet soils						++	++	++	++	+	+	+	+					++	++	+++	+	
Small woods							++	++	++	+	+	+	+								++	
Hedgerows								+	++	++	++	+	+								++	
Meadows with fruit trees									++	++	++	+	+								+	
Graveyards, parks										+++	++	+	+	+							+	
Built-up areas with large open spaces and many trees											+++	+	+	+			+				+	
Garden areas												+	+	+		++					+	
Single trees																					+	
Embankments with grass vegetation															+							
Fallow land with ruderal vegetation																	+					
Dry grasslands																		+				
Vineyards with terraces																						
Lakes																			+++	++	++	
Rivers																				++	++	
Gallery woods along rivers																					+	
Wet meadows																						

Fig. 6.10 – Matriz de similaridade funcional de diferentes manchas numa paisagem elaborada a partir da ocorrência e importância relativa de elementos estruturais correspondentes a diferentes tipologias de habitats

Complementaridade e conectividade - Relacionados com os conceitos anteriores estão os conceitos de complementaridade e de continuidade. O primeiro refere-se às situações em que uma espécie ou uma comunidade não depende apenas de um tipo de território (ou habitat) mas sim da dois ou mais que se complementam nos "serviços" que garantem a essa população ou comunidade.

O conceito de conectividade refere-se à existência de territórios, que pela sua natureza e disposição permitem a movimentação entre diferentes manchas homogêneas ou entre habitats complementares. Esta conectividade pode ser estrutural (estrutura territorial com a mesma natureza e uma geometria de implantação geográfica que assegure a continuidade material) ou funcional, quando ela é garantida por estruturas semelhantes ou por manchas distanciadas de tal modo que não impeçam a movimentação entre elas.

Já o conceito de complementaridade, sendo um conceito também estrutural e sistêmico não pode ser considerado da mesma perspectiva dos conceitos anteriores, já que se refere essencialmente a processos e características da paisagem referidas a uma única espécie, ou, em algumas situações, a grupos de espécies.

Temos assim situações em que a existência de uma espécie está associada e dependente da existência complementar de um conjunto de nichos e habitats (Fig. 6.11) e de que o exemplo do lince ibérico é bem ilustrativo ao exigir a existência complementar de áreas de caça abertas e de áreas de abrigo, estabelecimento e reprodução em formações de matos.



Componentes do habitat da *Tetrastes bonasia*. À direita elementos primários e à esquerda elementos secundários ou complementares:

1. Rebentos de bétula como alimentação de inverno
2. Clareiras com zimbro e urzes para criação dos juvenis
3. Troncos caídos como local de canto nupcial
4. Sorveira brava como local de abrigo contra o vento
5. Local de postura
6. Formação de Faias como habitat de inverno
7. Arbustos com bagas como local de alimentação
8. Depressão arenosa seca
9. Refúgio em formações de abetos

Fig. 6.11 complexidade do habitat de uma espécie de tetraz

Já da perspectiva da complementaridade funcional de diferentes estruturas no quadro de uma paisagem, temos o exemplo das linhas de água com as suas funções de:

- permeabilidade longitudinal - facilidade de progressão de movimentação através de habitats adversos ou inóspitos, linhas de orientação (por ex. na migração de aves).
- Permeabilidade transversal - efeito de barreira.

Ou temos o exemplo da complementaridade entre elementos estruturais ocorrentes na paisagem que oferecem em simultâneo a distintas espécies diferentes tipos de “serviços” ecológicos, permitindo, deste modo a sua existência no quadro daquela paisagem específica (Fig. 6.12)

Funções Ecológicas de bosquetes e sebes

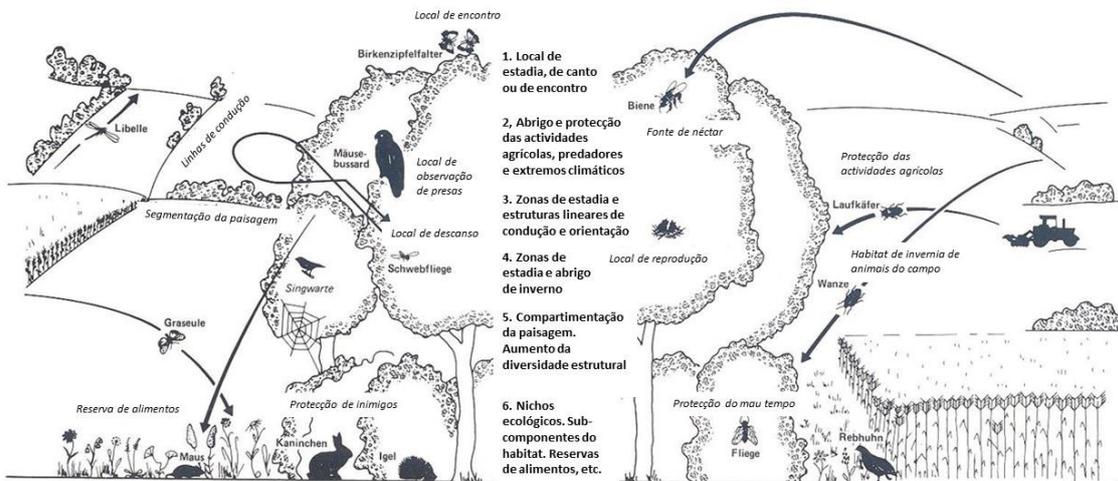


Fig. 6.12 – Ilustração das funções complementares de um bosquete num território predominantemente agrícola

6.3.3 – Heterogeneidade espacial e funcional e populações

A heterogeneidade é uma característica inerente a cada território, manifestando-se de muitas formas e afetando a mesma de modos muito variados. Em primeiro lugar temos de considerar a heterogeneidade estrutural, que decorre da própria natureza dos recursos e processos ecológicos. Dos recursos, na medida em que eles vão determinar características distintas de cada fator ambiental, dos processos porque, através dos mecanismos de perturbação vão introduzir modificações localizadas, mais ou menos persistentes que originarão novos padrões estruturais e funcionais daquela paisagem. Uma outra expressão da heterogeneidade estrutural, tem a ver com a própria dinâmica dos sistemas naturais e dos processos ecossistêmicos.

Com efeito, quando consideramos uma formação climax ou mesmo uma formação intermédia da sucessão ecológica, verificamos que elas, longe de serem homogêneas e tendencialmente uniformes, são estruturalmente heterogêneas. Essa heterogeneidade decorre da própria variedade e aleatoriedade dos processos ecológicos quando considerados em escalas amplas, as quais determinam que uma formação vegetal, mesmo num substrato homogêneo, não se desenvolva homogêneamente gerando de forma mais ou menos progressiva padrões em mosaico, diferenciados inicialmente por diferentes padrões evolutivos ou diferentes características ao nível das comunidades locais. Esse mosaico, por si só evoluirá e consolidar-se-á, gerando num estágio sucessional concreto, a coexistência de manchas com diferentes estágios evolutivos ou características ecológicas. Esse padrão de mosaico acentuar-se-á, naturalmente com a ocorrência de perturbações localizadas, como um raio uma doença ou outro fator diferenciador de carácter mais ou menos pontual espacial e temporalmente. Contudo, o mosaico continua a desenvolver-se de acordo com a dinâmica da sucessão, pelo que está numa permanente diferenciação e integra no mesmo momento elementos

correspondentes a diferentes estágios sucessionais. Esta dinâmica, como referido, ocorre em qualquer estágio da sucessão de uma estrutura de matriz e determina que, seja nos estágios intermédios, seja no climax coexistam manchas em diferentes pontos da evolução, progredindo ou regredindo gerando aquilo que Remmert (1992) designa por ciclo-mosaico (Fig. 6.13).

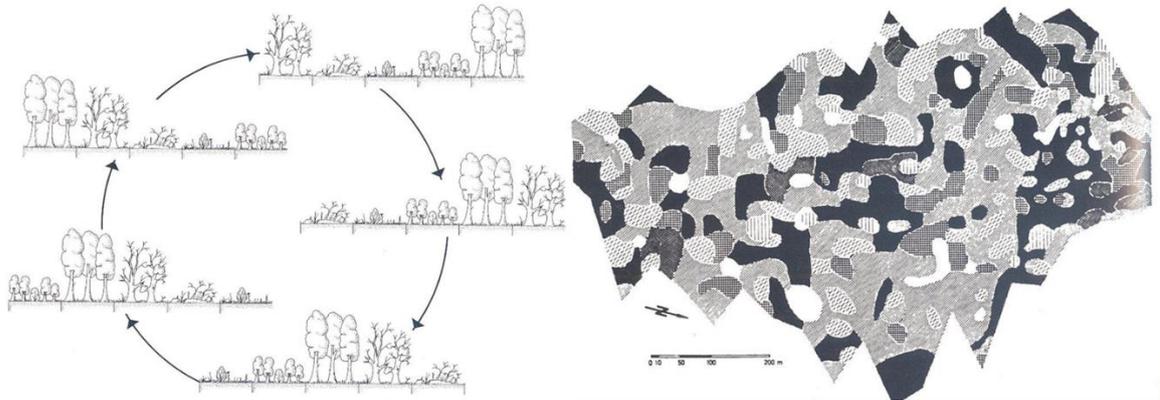


Fig. 6.13 - Ilustração do conceito de ciclo-mosaico

Outra perspectiva com que tem de ser considerada a heterogeneidade da paisagem é a heterogeneidade induzida, cuja forma mais extrema é aquela que decorre das ações humanas de gestão e utilização do território.

Esta heterogeneidade induzida está associada quer a processos de homogeneização (monoculturas agrícolas ou florestais), anulando a diversidade estrutural natural, ou a situações de fragmentação de matrizes interrompendo a sua continuidade, introduzindo elementos estranhos (e eventualmente agressivos no mosaico assim criado e gerando impactes particularmente significativos na permeabilidade e continuidade ecológica de uma paisagem e criando condições de crescente dificuldade para a movimentação das espécies através da paisagem que passou de uma estrutura homogénea para um mosaico cada vez mais erodido de vestígios das formações primitivas (Fig. 6.14). Este processo de fragmentação e de progressivo comprometimento das manchas vestigiais remanescentes vai, não só dificultar a movimentação das comunidades específicas da formação fragmentada (perda de conectividade), como vai originando progressivamente o isolamento de muitas dessas manchas e a sua crescente incapacidade para garantir a existência de populações viáveis.

Este último aspeto implica a necessidade de consideração de dois conceitos chave em termos de dinâmica ecológica das paisagens, o conceito de população mínima viável e o conceito de meta-população.

O primeiro conceito tem a ver com o facto de que, para uma dada população ser viável a longo prazo ter de possuir uma diversidade genética que previna todas as consequências negativas dos processos de “inbreeding”. Estes processos materializam-se na forma de progressiva degradação genética devido à insuficiente variedade do “pool” genético que conduz a um cruzamento sucessivo das mesmas “famílias” genéticas com perdas crescentes de viabilidade das novas gerações. Portanto, uma população só será viável se a sua diversidade genética for

suficientemente elevada para impedir esses processos de cruzamento interno e de progressiva degradação.

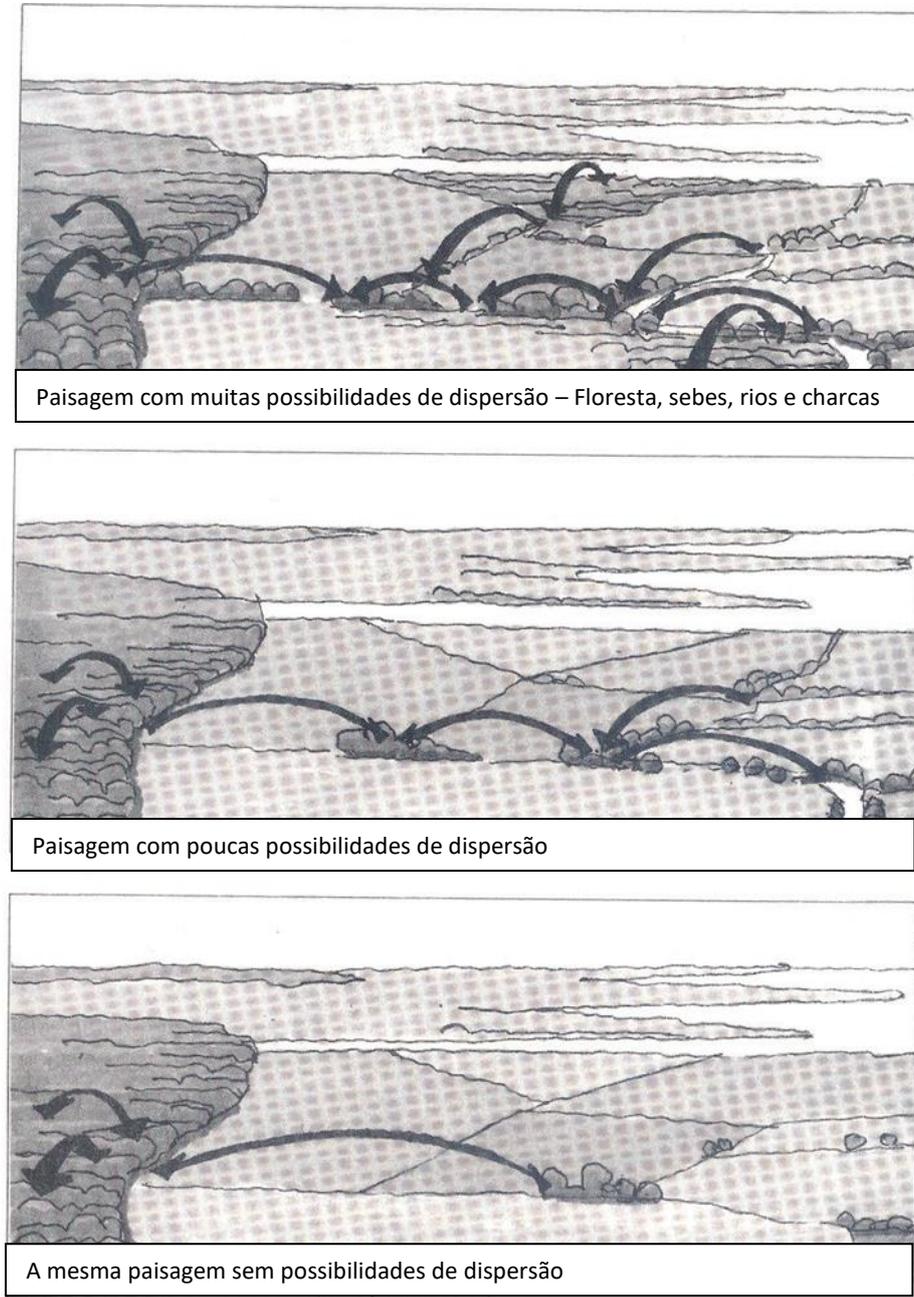


Fig. 6.14 – Processo sucessivo de perda da conectividade por fragmentação e destruição crescente das manchas remanescentes.

É neste quadro e no quadro das situações de fragmentação estrutural e induzida da paisagem que se desenvolveu o conceito de meta-população. Por meta-população, entende-se uma “população de populações” (Levins, 1969, 1970) na qual diferentes sub-populações (populações locais) ocupam diferentes manchas de habitat. Estas manchas de habitat ocorrem

numa matriz desfavorável a essas populações, mas o movimento de organismos entre as diferentes manchas consegue ocorrer garantindo assim interações entre as diferentes subpopulações com as decorrentes trocas genéticas e assegurando, pelo somatório destas subpopulações articuladas ou interconectadas entre si uma meta-população geneticamente viável (Fig. 6.15).

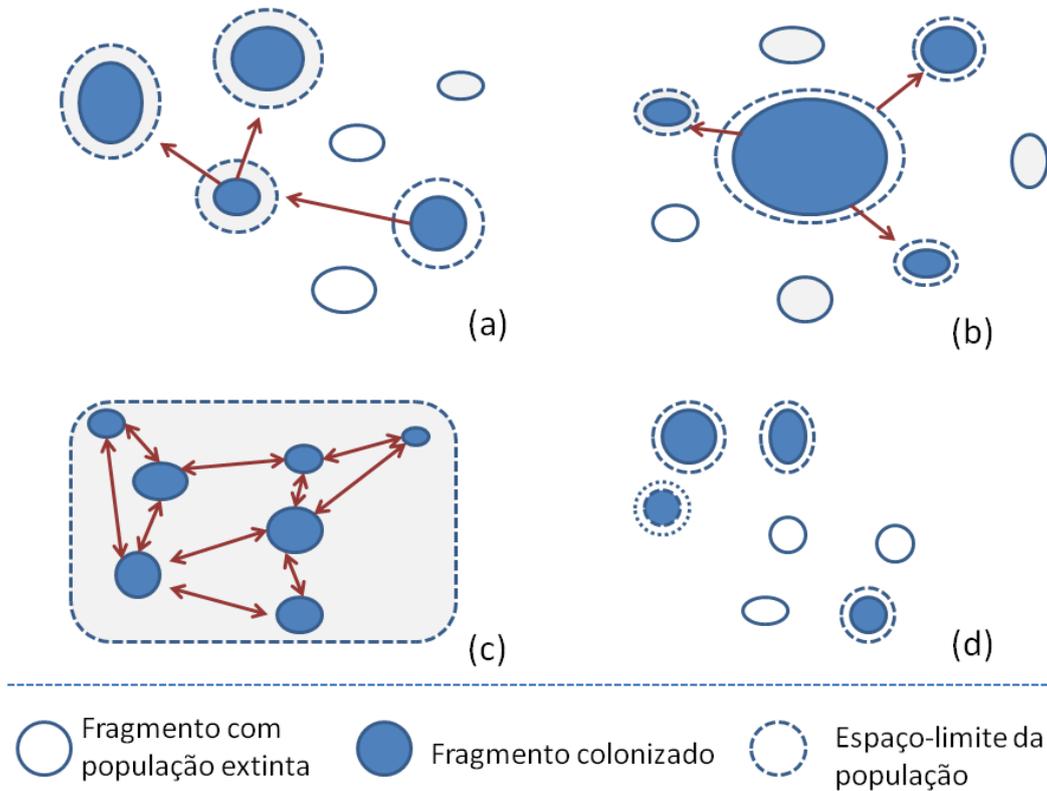


Fig. 6.15 – Ilustração do conceito de metapopulação

Estes conceitos são essenciais para compreender os processos ecológicos ocorrentes numa matriz no quadro de processos de perturbação resultante na sua fragmentação, processos esses que podem implicar o comprometimento da ocorrência de uma ou mais espécies apesar de continuar a existir habitats que lhes são favoráveis, mas que estão demasiado isolados e têm dimensões tão reduzidas que já não podem garantir a viabilidade da sua sobrevivência.

7 – O antropossistema

“A paisagem modeladora do Homem, o Homem remodelador da Paisagem”

Amorim Girão

“Não se pode compreender a cultura de um determinado grupo humano sem conhecer o quadro natural em que o grupo se move”

Jorge Dias

7.1 - Introdução

Previamente a uma análise detalhada do conceito de uso do território consideremos, o exemplo de uma região geográfica, neste caso o Alentejo e analisemos o modo como as suas características espaciais condicionam o uso que delas é feito, de forma a poder enquadrar a questão em estudo e as condicionantes macro e micro regionais que a determinam.

Procurando fazer uma caracterização expedita dos sistemas ecológicos e de uso, a zona a sul do Tejo, apesar da aparente uniformidade ecológica que impressiona quem percorre o Alentejo, apresenta variações significativas da sua ecologia, podendo-se referir as seguintes zonas claramente diferenciadas:

- O litoral, englobando os meios estuarinos do Sado e Mira, os terrenos dunares de Tróia, Comporta, Melides, Santo André e Sines, as plataformas detríticas das escarpas das Serras de Grândola e do Cercal, as falésias litorais a sul de Sines e, sobrepostos a estas, os terrenos de gândara entre Milfontes e Aljezur.
- A peneplanície, recortada por acidentes morfológicos vários e diferenciada dos substratos sedimentares do Sado e Tejo, onde se confrontam as vastas superfícies xistosas de elevada xericidade marcando fortemente a morfologia local pela movimentação que as elevações desse material apresentam; os terrenos graníticos com importantes campos de arrifes e o maciço carbonatado de Estremoz. Os solos apresentam aqui ainda maior diversidade, associando-se a estas diferenciações, em particular ao gradiente de xericidade. Este é identificável de ONO para E, pela diferenciação que determina nas associações vegetais potencialmente dominantes, como é o caso do gradiente O - E do sobreiro para a azinheira. Tal diferenciação é primariamente determinada pelas disponibilidades hídricas e, secundariamente, pela natureza do solo e por características locais particulares. Gera-se assim uma enorme diversidade de meios, onde avanta a charneca de sequeiro, pelo seu significado particular e pela importância que o uso humano teve na sua expansão e manutenção.

- A Serra de S. Mamede, acidente orográfico particular no extremo nordeste da região, onde a orografia e o substrato determinam a ocorrência de condições ecológicas métricas a húmidas, constituindo uma ilha claramente diferenciada na planície de montado e charneca.
- Os meios particulares, rios e serras, determinando interrupções nos gradientes da peneplanície, acentuando ou moderando a xericidade e originando formações diferenciadas, de grande valor e interesse pelo contacto de meios por vezes de carácter muito diferente.
- O Algarve com a sua complexa estrutura em faixas sucessivas de Serra, Barrocal e litoral sedimentar, com litologias e pedologias claramente diferenciados e recursos hídricos e agrícolas apresentando igualmente cambiantes muito marcadas desde os litossolos muito declivosos da Serra até às planícies aluvionares do litoral passando pelo mosaico complexo de afloramentos rochosos e terrenos férteis de solos mediterrânicos vermelhos de calcários predominantes no barrocal, onde a boa oferta nutricional dos solos é condicionada pelo crónico déficit hídrico registado.

O uso humano tem introduzido perturbações mais ou menos importantes neste quadro: pela extensificação das superfícies de charneca e seu empobrecimento mediante uma agricultura cada vez mais mecanizada e com menor dependência dos ritmos naturais e condicionantes da terra; pela perturbação ou destruição de muitos meios particulares (linhas de água, afloramentos rochosos, zonas húmidas); pela introdução de matas de exploração de essências de crescimento rápido; pela perturbação da conectividade ecológica, implantando vias de comunicação ou grandes aproveitamentos hidráulicos; pela criação de novos meios, possibilitando o alargamento de determinados habitats (de que se podem relevar a multiplicação de represas e charcas, que facultam recursos de água em zonas onde anteriormente escasseavam), para citar apenas alguns dos mais relevantes.

As características ecológicas apontadas conferem a esta região um valor muito significativo, pela extensão e reduzido nível de perturbação de certos habitats e pelo complexo mosaico existente em certas áreas, assegurando diversidades ecológicas muito elevadas.

Associada a esta diversidade morfológica, ecológica, litológica, pedológica e hidrológica pode-se identificar na região a sul do Tejo uma estrutura e funcionalidade ecológica estreitamente correspondente ao tipo predominante de uso que as cartas de uso do solo claramente evidenciam. É assim possível identificar as grandes estruturas e funções constantes da Tab. 7.1.

Tab. 7.1 Características e funções das grandes unidades ecológicas estáveis da região a sul do Tejo

Unidade estrutural ou funcional	Características e funções

	<p>Complexo xistoso e xisto-grauváquico - trata-se, no essencial de uma litologia que origina solos pobres, quer do ponto de vista nutricional, quer hídrico, extremamente susceptível à erosão pela sua impermeabilidade que gera, em geral, relevos muito energético com vales profundamente encaixados. Nas zonas planas desenvolvem-se charnecas pobres com solos argiluvitados incipientes e pouco espessos com uma oferta nutricional e hídrica igualmente muito reduzida.</p>
<p>Serras de Grândola e do Cercal</p>	<p>Constituem a grande barreira que isola o sul alentejano da influência moderadora das massas de ar oceânicas, determinando uma xericidade muito acentuada, que é apenas moderada nas zonas de Aljustrel e Ourique pela abertura a NO do Vale do Sado. Predominam os litossolos de xistos e grauvaques muito erodidos devido à acção humana (queima pelos pastores, campanha do trigo). Remanescem, contudo algumas manchas de montado beneficiadas nas zonas mais elevadas pelas precipitações orográficas aí registadas e, no caso da serra de Grândola pela morfologia extremamente ingrata que determina a maior densidade e continuidade das manchas de montado, ao contrário do caso da Serra do Cercal, muito mais aberta e com soluções de continuidade no seu coberto natural.</p>
<p>Serras do Espinhaço do Cão e formações de Sta. Clara</p>	<p>Apresentando características semelhantes às anteriores distinguem-se pela ocorrência de formações particulares que condicionam fortemente a funcionalidade ecológica regional. A primeira, é a interrupção da matriz xisto grauváquica serrana pelo maciço eruptivo de Monchique, determinando condições ecológicas totalmente diferenciadas. A segunda é a falha de S. Marcos que interrompe o contínuo morfológico da serra com a restante serra algarvia e onde se localizam os principais eixos de tráfego rodó-ferroviário para o Algarve. Esta falha, constitui, simultaneamente, um corredor potencial e um eixo de confluência de linhas de continuidade para um grande grupo de espécies faunísticas características da matriz xistosa.</p>
<p>Serra do Caldeirão e Vales afluentes do Guadiana entre Alcoutim, Mértola e Serpa (zona entre o Chança e o Guadiana)</p>	<p>Tal como as anteriores Serras de Grândola, do Cercal, do Espinhaço do Cão e de Sta. Clara, constitui uma zona contínua de extrema xericidade (crescente para Este), com uma vegetação onde uma intensa e secular perturbação humana foi agora substituída por um total abandono que permite uma lenta reposição da vegetação e solos primitivos, mas sempre sujeita a factores muito fortes de stress hídrico, ao risco de incêndio, relativamente aos quais apresenta uma resiliência muito reduzida que determina que, nas zonas mais xéricas de leste, à vegetação arbórea e arbustiva de montado e esteval se substitua um sargaçal xérico, resistindo a vegetação arbórea e arbustiva apenas nos vales mais frescos. Constitui um factor chave na interligação estrutural e funcional de todas as formações semelhantes localizadas a oeste com os ecossistemas de idêntica natureza e valor e funcionalidade ecológica situados a Este, particularmente aos ecossistemas a Este do Guadiana e do Chança, em</p>

	Espanha.
Planalto estépico de Castro Verde	Ao contrário das anteriores formações do complexo xistoso, esta ampla matriz apresenta uma orografia muito pouco energética, permitindo a formação duma estepe plana com solos argiluvitados incipientes, mantendo a reduzida oferta hídrica e nutricional mas onde, uma agricultura extensiva de subsistência permitiu o desenvolvimento de formações estepárias de campo aberto de elevado valor faunístico.
Zona Barranquenha	Semelhante, nas suas características xéricas ao planalto estépico de Castro Verde, distingue-se pela litologia, algo diferente, pela energia do relevo mais intensa que vai determinar, em vez das formações abertas de natureza predominantemente estepária a predominância do montado ou de matos mais ou menos cerrados.
Serra de Portel	Tal como a Serra do Caldeirão, a morfologia, quer das elevações quer dos vales profundamente encaixados permitem o desenvolvimento ou a reposição de uma vegetação arbórea e arbustiva de montado com sub coberto de baixa resiliência, mas de elevado valor faunístico, pelo seu carácter de refúgio e manutenção de articulações funcionais com as <i>pools</i> genéticas localizadas a Este do Guadiana.
Planalto fragmentado a norte dos Barros de Beja/Ferreira	Trata-se de uma zona complexa pela permanente intercalação de formações graníticas. Contudo, tal como no planalto estépico de Castro Verde, a orografia muito pouco energética permitiu o desenvolvimento de solos argiluvitados que suportam uma agricultura extensiva de sequeiro e que, quando regados e fertilizados artificialmente, apresentam rendimentos apenas sustentáveis pelo subsídio aos meios produtivos (água e fertilizantes por exemplo, além do subsídio directo a certas culturas independentemente do seu rendimento líquido). São, contudo, planaltos ligeiramente menos xéricos do que os de castro Verde dado não existirem obstáculos orográficos próximos à penetração dos ventos marítimos. Contudo tal não impede que a água continue a ser o factor limitante principal, quer do ponto de vista ecológico, quer agronómico.
Serra de Ossa	Trata-se de uma elevação orientada NO/SE, logo beneficiando muito pouco da pluviosidade orográfica e que foi intensamente utilizada nos decénios recentes para o plantio extensivo de eucalipto o qual, pela pobreza nutricional e particularmente hídrica, não se provou rentável, verificando-se o seu progressivo abandono e muito lenta recuperação das formações vegetais autóctones, dificultadas pelas condições naturais de stress e a baixa resiliência dessas formações nomeadamente ao fogo. Em algumas manchas residuais é possível encontrar vestígios da vegetação arbórea primitiva de montado com sub-coberto.
Serra de S.	Formação morfologicamente muito marcada por vales orientados NO/SE,

Mamede	com a vegetação autóctone relativamente bem preservada, em grande medida devido às melhores condições hídricas registradas, (pluviosidade da ordem dos 1000/1100 mm por contraste com os 600/700 das regiões envolventes) que eliminam ou, pelo menos, reduzem, aquele que é, claramente o maior factor ecológico limitante da região sul de Portugal.
Formações de Arronches	Formações muito antigas de muito reduzida produtividade, onde predomina o campo aberto de montado de azinhal.
Formações sedimentares - além das amplas formações do vale do Sado ocorrem ainda manchas de significativa extensão nas zonas de Moura e Mourão, entre Reguengos e Redondo e no Vale do Caia a sul de Campo Maior. Pela sua inserção na matriz predominantemente xistosa constituem manchas de recursos interessantes, como é o caso de Moura onde apresentam um potencial olívicola que origina uma denominação de origem controlada.	
Formações sedimentares do vale do Sado -	Este vale, amplo e claramente encaixado na orografia do maciço xistoso é essencialmente constituído por formações sedimentares arenosas, areníticas ou depósitos de cascalheira, com reduzida oferta nutricional e hídrica, onde predominam os podzois, os regossolos e os litossolos nas cascalheiras. A utilização é muito variada desde o montado mais ou menos aberto ao pinhal, passando pelos perímetros de regadio do Roxo e Odivelas aproveitando alguns vertissolos e luvisolos de maior fertilidade e a disponibilidade hídrica proporcionada pelas amplas obras de rega.
Formações de Moura	Trata-se de formações de cascalheiras de planalto, arcoses e alguns calcários e arenitos, onde predominam os solos mediterrânicos vermelhos e amarelos de rañas de fertilidade baixa a mediana onde predominam os usos agrícolas medianamente intensivos com predomínio do olival.
Formações da Granja	Trata-se de formações de cascalheiras de planalto, arcoses e alguns calcários e arenitos, onde predominam os solos mediterrânicos vermelhos e amarelos de rañas de fertilidade baixa a mediana onde predominam os usos agrícolas medianamente intensivos associados à vinha.
Formações de Campo Maior	Trata-se de formações de cascalheiras de planalto, arcoses e alguns calcários e arenitos, onde predominam os solos mediterrânicos vermelhos e amarelos de rañas de fertilidade baixa a mediana onde predominam os usos agrícolas medianamente intensivos associados ao regadio no perímetro do Caia.
Formações de Terena - Montoito	Trata-se de formações de cascalheiras de planalto, arcoses e alguns calcários e arenitos, onde predominam os solos mediterrânicos vermelhos e amarelos de rañas de fertilidade baixa a mediana onde predomina o montado
Rochas eruptivas - Neste conjunto de formações incluem-se rochas de grande diversidade que originam condições geomorfo-pedológica muito variadas. Assim, enquanto os Gabros de Beja	

<p>não só originam solos de barros de particular fertilidade como constituem zonas de mediana a elevada produtividade hidrogeológica. Já os granitos do Distrito de Évora originam solos mediterrânicos pardos a vermelhos e pontualmente para-barros, mas muito condicionados pela elevada frequência de afloramentos rochosos complexos e extensos que condicionam os usos agrícolas. Distinguem-se das formações xistosas pela sua fertilidade média superior, pela maior disponibilidade hídrica e pelo conseqüente comportamento hidrológico mais moderador do escoamento, resultando, habitualmente em morfologias muito menos energéticas do que o caso das formações xistosas.</p>	
Serra de Monchique	<p>Trata-se de um afloramento granítico, claramente distinto em termos ecológicos da matriz envolvente, determinando uma mancha de recursos particularmente significativa pela disponibilidade hídrica e nutricional que os seus solos e orografia oferecem, o que determina uma fauna e particularmente, uma flora particular, por vezes de significativo valor residual, nomeadamente por se tratar da sua mancha de ocorrência mais meridional.</p>
Gabros de Alvito, Ferreira Beja e Serpa	<p>Trata-se de formações que se particularizam por originarem solos de elevada fertilidade (barros pretos e castanhos), apresentarem uma disponibilidade hidrogeológica muito elevada comparativamente à média do Alentejo interior, determinarem uma morfologia muito pouco energética sendo, portanto, extremamente favoráveis ao uso agrícola de sequeiro e potencialmente de elevada aptidão para o regadio, desde que controladas as limitações decorrentes da sua elevada percentagem em barro, reduzida permeabilidade e susceptibilidade à salinização induzida por águas de rega de insuficiente qualidade e métodos agrícolas desajustados.</p>
Pórfiros de Cuba e Sta. Suzana	<p>São formações que originam solos argiluvitados de fertilidade mediana, podendo, o horizonte eluvial induzir processos de gleização condicionante do desenvolvimento radicular. No primeiro caso permitem uma agricultura extensiva de sequeiro e mesmo um regadio rentável, enquanto no segundo caso, associados a morfologias relativamente energéticas geram situações em geral desfavoráveis aos usos agrícolas, mas onde se desenvolvem formações de mato e montado do maior interesse biogenético.</p>
Manchas de Granitos de Viana a Mora (Núcleo do distrito de Évora)	<p>Originam solos argiluvitados vermelhos e amarelos de fertilidade mediana, com boa aptidão para a agricultura extensiva de sequeiro e localmente para o regadio. A densidade de afloramentos rochosos origina manchas de recursos particulares que, limitantes para a agricultura propiciam a implantação de montados ou de formações pontuais de matos de elevada densidade florística e com grande interesse biogenético como “stepping-stones” para muitas espécies faunísticas.</p>
Manchas de	<p>Apresentam características e condicionantes semelhantes às anteriores,</p>

Granitos de Monforte	sendo o quadro de uso parecido, apesar de, as manchas de montado podem apresentar uma taxa de ocorrência ligeiramente superior devido à morfologia um pouco mais energética do terreno, trata-se, contudo, predominantemente de um montado aberto alternando, com manchas mais ou menos densas de matos e montados densos.
Manchas de Granito de Portalegre Castelo de Vide	A relativamente maior pluviosidade e a reduzida energia do terreno determinam que nos litossolos e solos argiluvitados ocorrentes se desenvolva uma agricultura de sequeiro diversificada, apresentando uma estrutura de mosaico agrícola distinta da das restantes regiões de natureza geológica semelhante.
Formações carbonatadas - Na região alentejana predominam dois tipos principais de formações carbonatadas: as formações carbónicas metamorfizadas de mármore e dolomites de Estremoz e Elvas e de outras manchas pontuais entre Viana e Moura. Estas formações apresentam um valor geológico muito elevado como rochas decorativas, sofrendo, por isso uma intensiva exploração, constituem complexos hidrogeológicos de elevada produtividade, mas originam solos mediterrânicos vermelhos com muitos afloramentos rochosos, de aptidão agrícola condicionada, mas elevada em algumas regiões, particularmente no que se refere ao olival extensivo.	
Complexo de Estremoz	Trata-se de uma vasta área que se estende do sul de Sousel até ao Alandroal onde a actividade predominante é a exploração de mármore a céu aberto. A Olivicultura já apresentou um significado regional importante sobre os solos calcários e mediterrânicos vermelhos, mas tende a regredir face às actividades económicas mais rentáveis do sector extractivo e à produtividade condicionada pela antiguidade dos olivais.
Formações de Elvas	De natureza semelhante à anterior não apresentam um valor para a indústria extractiva semelhante. Predominam os montados e olivais extensivos de sequeiro de produtividade condicionada pela xericidade dos solos deste tipo de formações.
Outras manchas (Monforte, Viana, Portel, Serpa e sul de Moura)	Apresentam uma grande variedade em termos do valor para a indústria extractiva de rochas ornamentais. Nas zonas onde esse valor é reduzido, o quadro é semelhante ao de Elvas, com excepção de Moura, onde o olival apresenta uma qualidade que justifica uma denominação de origem controlada.
Formações sedimentares e aluvionares - Confinadas às imediações directas das linhas de água constituem solos de elevada produtividade, mas condicionados em termos de área e condições de trabalhabilidade (Extensão). Verifica-se uma generalização de perímetros de arrozal nas bacias do Sado e Tejo e de regadio indiferenciado nas zonas mais interiores e de morfologia e área menos ajustadas a esses usos. Apresentam um valor ecológico particular pelo recurso água, pela continuidade de uma extensão ainda muito considerável das suas formações ripícolas e por constituírem um habitat de alimento privilegiado de espécies como a cegonha	

branca. Contudo, algumas formações, associam-se a vales muito encaixados que originam barreiras morfológicas importantes de que longos troços do Guadiana podem ser ilustrativos.

Esta descrição muito sucinta, ilustra a diversidade das condições naturais ocorrentes na região e o modo como elas, de um modo ou outro, condicionam ou potenciam o uso humano.

Uma abordagem semelhante na sua lógica, mas muito mais complexa nas variáveis consideradas pode e deve ser elaborada, detalhadamente para escalas mais detalhadas, tendo sempre presente que a informação sobre a natureza e o uso do território vão muito além daquilo que se pode integrar, representar e operar num Sistema de Informação Geográfica.

Os sistemas antrópicos, ou seja, os sistemas ecológicos em que a espécie dominante é o ser humano e o fator dinâmico predominante é a capacidade deste de gerir, orientar, transformar o essencial dos processos ecológicos, condicionando-os, simplificando-os, alterando as suas características e, fundamentalmente, incorporando-lhes novas lógicas, componentes, recursos e sistemas (Fig. 7.1).

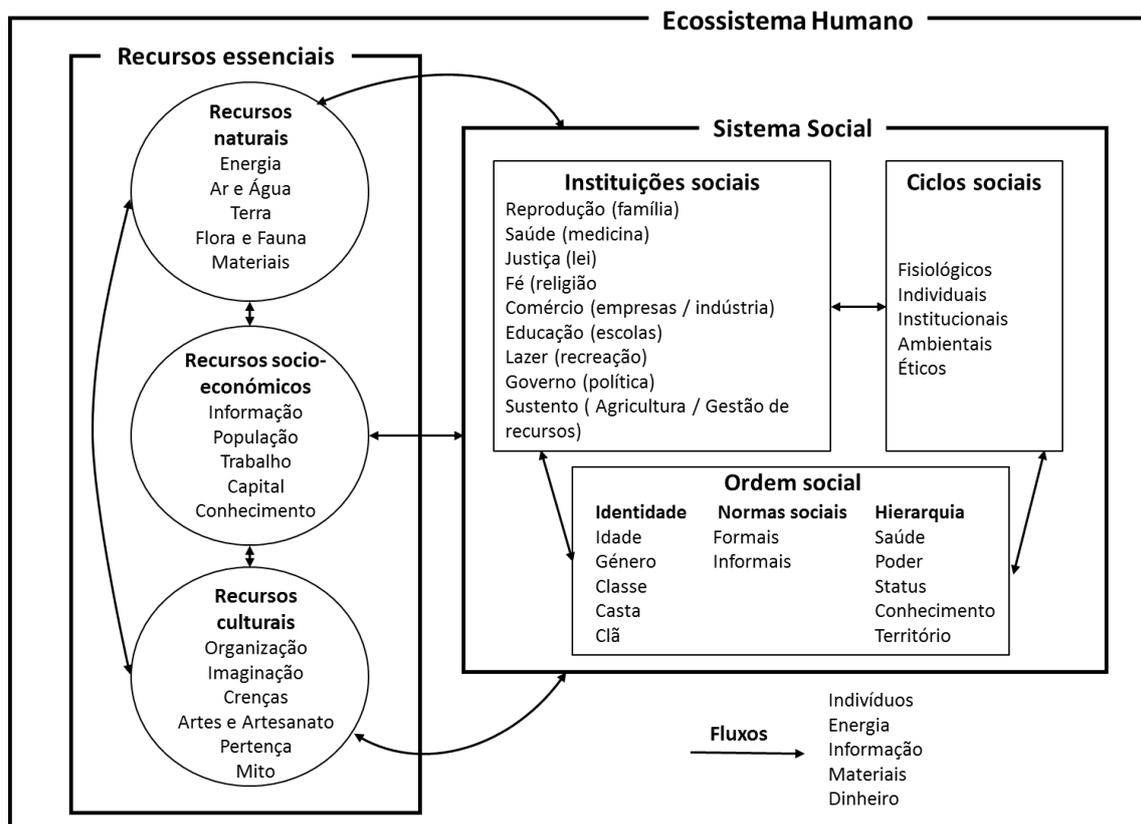


Fig. 7.1 – Estrutura dos ecossistemas humanos (adaptado de Machlis et al. 1997)

No essencial os antropossistemas, na sua expressão ecológica, não se distinguem em termos sistémicos, estruturais e funcionais dos restantes ecossistemas (Fig. 7.2), exceto no facto de a incorporação de energia externa que não a da radiação solar e a exportação de materiais, assim como a composição de grande parte dos componentes funcionais sofrer modificações

mais ou menos profundas (Frontier et al., 2008) que, contudo, não anulam a sua natureza intrínseca de ecossistemas.

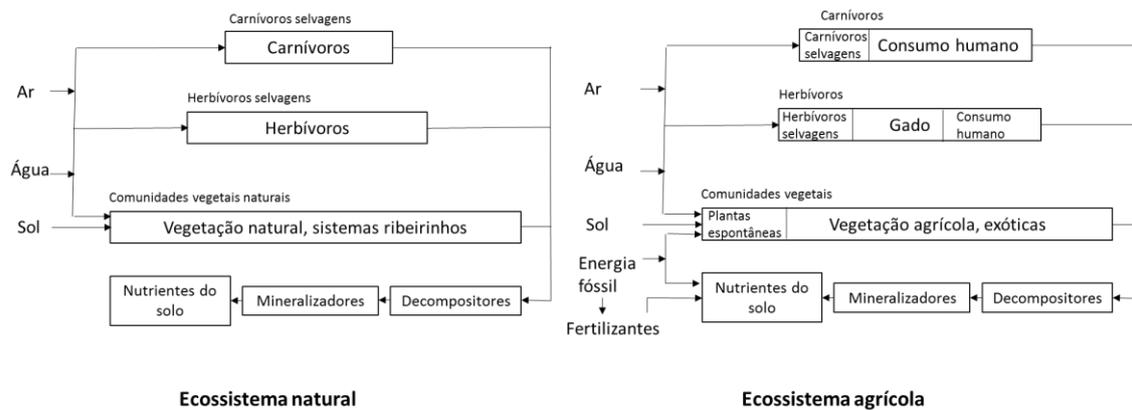


Fig. 7.2 – Modificação de um ecossistema natural pela utilização humana

Os antropossistemas são, assim, sistemas ecológicos geridos de acordo com o propósito de concretização de um conjunto de objectivos específicos que correspondem ao preenchimento das diferentes necessidades humanas, sejam elas de natureza fisiológica básica, sejam elas de natureza psico-psicológicas ou éticas (Michaelis, 2000):

Necessidades básicas de sobrevivência	Necessidades fisiológicas e de sobrevivência Segurança, autonomia, pertença, amor e atenção Liberdade e capacidade de possuir
Necessidades transitórias	Prazer e satisfação ao nível físico e psicológico ao longo de toda a vida
Necessidades associadas com uma vida de qualidade	Liberdade de aprender, imaginar e criar Liberdade de acreditar Liberdade de exprimir a sua individualidade Liberdade em termos individuais e coletivos Responsabilidade pessoal e social

O que distingue os antropossistemas dos restantes ecossistemas é o facto de eles serem objeto de gestão, ou seja, da aplicação estruturada, mais ou menos consciente de políticas e a sua materialização em estratégias, planos, projetos e ações. A gestão implica três componentes fundamentais: conhecimento do objeto a gerir, conhecimento do objetivo a atingir e capacidade de avaliar a resposta do objeto às ações de gestão em termos da sua contribuição positiva ou negativa para os objetivos pré-definidos (Fernandes & Guiomar, 2016).

O conhecimento do objeto a gerir (os sistemas naturais) é a vantagem adaptativa fundamental dos seres humanos quando comparados com os restantes seres vivos. Esta capacidade é o fator que permite, precisamente, os seres humanos de gerir, ou seja, de orientar e manipular os sistemas e fatores naturais no sentido de um objetivo, muitas vezes meramente conceptual, concebido com base na segunda vantagem adaptativa: a imaginação. A capacidade de avaliar

operacionaliza estas duas capacidades específicas da espécie humana em dimensões e de modos impossíveis de serem atingidos por qualquer outro ser vivo.

É importante nunca esquecer que os seres humanos têm as mesmas necessidades dos restantes seres vivos, sendo determinados pelos mesmos processos, dinâmicas e padrões evolutivos. Os seres humanos garantiram a sua sobrevivência e sucesso na colonização do planeta em função, exclusivamente das suas capacidades próprias (compreender, imaginar e gerir), que lhes permitem realizar as suas necessidades com os recursos disponíveis e no quadro dos processos e sistemas ecológicos.

Estas capacidades não têm necessariamente uma expressão física (domínio em que os seres humanos não são particularmente capacitados a não ser recorrendo à energia de outros animais e atualmente e de forma exponencialmente mais significativa, a energia dos combustíveis fósseis e outras fontes artificiais) mas essencialmente uma expressão cognitiva. Esta expressão corresponde à nossa capacidade de conhecer e compreender o ambiente e os sistemas naturais e de intervir nele de modo a atingir os benefícios específicos da espécie humana e de cada indivíduo especificamente, em vez de meramente utilizar esse ambiente e sistemas como fazem os restantes seres vivos com exatamente os mesmos propósitos de satisfação das suas necessidades.

Neste quadro, os antropossistemas constituem uma forma de manifestação específica dos sistemas e processos ecológicos, gerando paisagens e sistemas paisagísticos próprios, diferenciados apenas pelo facto de decorrerem de uma orientação consciente para a realização de objetivos concretos de uma espécie, enquanto que no caso dos sistemas não intervencionados pelos seres humanos, os objetivos de cada espécie são apenas preenchidos na medida em que os recursos e sistemas existentes em cada paisagem o permitam. Em ambas as situações, as motivações da utilização (e gestão no caso dos seres humanos), são comuns: a satisfação das necessidades individuais, do grupo e, eventualmente, da espécie. Apenas.

Contudo, a enorme capacidade de transformação que as novas formas de energia disponíveis nos últimos 250 anos conferiram aos antropossistemas um carácter crescentemente modificado em relação aos processos ecossistémicos naturais, originando perturbações que assumem crescentemente um carácter global e criando condições que podem comprometer a existência não só de um grande número de espécies (as taxas de extinção têm vindo a aumentar muito substancialmente), como a própria existência da espécie humana.

Mas antes interessa ainda desenvolver melhor os instrumentos de implementação da metodologia, como é o caso da caracterização e da avaliação dos elementos a nela considerar.

8 – Classificação do território

8.1 - A caracterização, utilidade e limitações

8.1.1 – O território como um espaço de integração e de enquadramento

Considerando que cada ecossistema, na acepção de Frontier, et al., 1990 é o resultado da interacção complexa dos factores de lugar (o biótopo) e dos componentes e sistemas biológicos nele ocorrentes em cada momento (a biocenose), é fácil concluir que a caracterização das unidades ecológicas actuais, deverá constituir, portanto, uma confluência de duas aproximações taxonómicas complementares: por um lado a classificação dos biótopos como substratos de diferente tipologia e apresentando diferentes padrões de ocorrência das variáveis ecológicas, logo diferentes condições de suporte de comunidades biológicas e por outro lado, a classificação das diferentes comunidades susceptíveis de se instalarem num determinado substrato.

Numa primeira aproximação, esta operação de confluência da componente geocénica (ou antropogeocénica se, mais realisticamente considerarmos as condicionantes topológicas determinadas pela acção residual ou actual das actividades humanas sobre cada lugar) com a componente biocénica deverá, pelo menos em termos estritamente taxonómicos, restringir-se aos factores fitocénicos. Esta consideração justifica-se pelo facto de as zoocenoses, apresentarem uma relação com o espaço (o zootopo), bastante mais complexa de sistematizar, sendo contudo possível caracterizar, de modo mais compreensível, as diferentes zoocenoses, considerando a noção de complexo de biótopos e de estrutura complementar de habitats, a qual poderá constituir uma aproximação mais produtiva à caracterização operativa das unidades ecológicas (Bartkowski, 1990).

Procurando sistematizar as variáveis em jogo tem-se, portanto:

Biótopo (incluindo a geocenose correspondente) - conjunto de características e processos físicos, químicos e informativos ocorrentes, num dado momento, em cada lugar, determinando uma oferta específica de realizações susceptíveis de serem utilizadas pelas espécies de uma dada comunidade.

Biocenose (ou comunidade) - conjunto de seres vivos susceptíveis de utilizarem com sucesso os recursos existentes num dado lugar e de estabelecerem entre si e esses recursos, relações sistémicas equilibradas e não desestruturantes.

Fitocenose - Sub-conjunto da biocenose englobando o conjunto das espécies vegetais a ela correspondentes.

Zoocenose - Sub-conjunto das espécies animais pertencentes a uma biocenose (não corresponde, ao contrário da fitocenose, a um lugar (topo) específico, apresentando antes uma complexidade de relações com o espaço, fundamentadas essencialmente nas tipologias de funções que, em cada momento, cada lugar pode realizar para cada espécie ou grupo de espécies - por ex. alimentação, refúgio, reprodução, deslocação).

Unidade ecológica - Estrutura geográfica, correspondente aos limites do biótopo, mas incluindo, em termos conceptuais, a sua componente espacial (o topo) e funcional (as cenoses (bio, geo e antropo)). Resulta da acção recíproca dessas componentes e corresponde, em cada momento, a uma unidade funcional específica, com um balanço de energia e de informação (organização) próprios.

Neste contexto conceptual, a classificação e caracterização de unidades ecológicas torna-se mais clara, pois a consideração da sua correspondência a espaços geográficos (independentemente da sua origem) e às características e funções físicas, químicas e informativas neles ocorrentes, determinando um potencial específico de sustentação de uma dada biocenose, permite a consideração de todos os tipos de espaços existentes, ultrapassando, desta forma equívocos infundados sobre eventuais distinções entre espaços mais ou menos "naturais".

Fica igualmente compreensível a necessidade de uma aproximação taxonómica diversificada, considerando por um lado, as (antropo)geocenoses e os correspondentes (antropo)geotopos como expressão geográfica mais claramente identificável dos biótopos actuais e por outro, as biocenoses (ou mais praticamente as fitocenoses).

A consideração das zoocenoses implica uma abordagem estrutural e funcional um pouco mais complexa, focada essencialmente nos elementos estruturais de cada paisagem, em cada momento, sendo, para tal, a classificação estrutural de Forman et al., (1986), distinguindo entre matriz do espaço, manchas e corredores e operacionalizando esses conceitos em termos das suas funções intrínsecas (por ex. grau de interioridade, diversidade, complexidade da orla, complexidade estrutural (Short, 1988)) e extrínsecas (por ex. conectividade, interacção, permeabilidade (Turner et al., 1989)) de longe a metodologia de abordagem mais operacional e diversificada (Bartkowski, 1990).

Interessa, por fim, dar a necessária relevância a dois outros conceitos fundamentais para a compreensão do processo de caracterização e classificação de unidades ecológicas, os conceitos de escala e de hierarquia. Com efeito, a escala de consideração do espaço vai determinar o nível de heterogeneidade identificável e conseqüentemente, conduzir à constatação da existência de níveis hierarquicamente diferenciados de organização das estruturas e funções ecológicas no espaço (Burel, et al. 1992).

Importa dar particular atenção ao facto de que, subjacente ao conceito de unidade ecológica, estar o conceito de homogeneidade estrutural e funcional, ou seja de, distinção espacial do grau de variação de um ou mais gradientes espaciais, numa determinada área, quando comparada com áreas confinantes (Zooneveld, 1989). O modo como esse grau de variação se manifesta e mesmo a relevância de cada variável, é dependente, quer da escala espacial de consideração, quer da escala temporal de análise, a qual determinará, por ex. a dominância de padrões momentâneos, sazonais, tendenciais ou de grande estabilidade temporal, sobre os objectos e variáveis caracterizados.

Consequentemente, a homogeneidade espacio-temporal é uma função complexa, só clarificável, se houver uma cuidada identificação dos níveis escalares de consideração de cada objecto e fenómeno. Decorrentemente, a localização hierárquica desses objectos ou fenómenos aparece como um elemento informativo essencial para a compreensão do padrão de organização e funcionamento ecológico de um lugar ou de uma região.

O conceito de unidade ecológica pressupõe a existência de uma organização estrutural da paisagem, determinante de uma funcionalidade específica, orientadora de um padrão de evolução próprio (Turner, 1989). Esta organização estrutural corresponde ao resultado da acção recíproca do conjunto dos agentes ambientais (clima, dinâmica geológica, acção humana, etc.) que vão introduzir no espaço duas características fundamentais: *heterogeneidade espacial* expressa numa diversidade local e *interconectividade espacial*, determinando um padrão não aleatório de inter-relacionamento dinâmico entre cada lugar.

Como consequência destas características é possível identificar um padrão específico de organização do espaço, manifestado na forma de um mosaico de unidades espaciais, diferenciáveis estrutural e funcionalmente a cada escala de consideração e de análise. Cada elemento desse mosaico pode, decorrentemente, ser caracterizado, em cada momento, por um conjunto exclusivo de valores das diferentes variáveis ambientais e, simultaneamente por um padrão próprio e exclusivo de interconectividade recíproca com os restantes elementos.

Importa acentuar, contudo, que a diferenciação da heterogeneidade espacial, ou seja a caracterização e descrição da organização e características desse mosaico é fortemente dependente da escala de análise, ou seja, do seu grau de resolução. Com efeito, subjacente à noção de unidade espacial funcional está a noção de que esta possui uma homogeneidade intrínseca, que permite diferenciá-la das unidades vizinhas. Por homogeneidade entende-se, neste contexto que, dentro dessa unidade não são identificáveis gradientes significativos das diferentes características espaciais, ao contrário do que acontece nos seus limites (Zooneveld, 1989). Esta característica depende necessariamente, da escala espacial e temporal de consideração e, obviamente, do detalhe correspondente do sistema classificativo dessas variáveis que é empregue.

Esta influência da escala pressupõe, portanto, a existência de uma hierarquia entre unidades espaciais, função da escala da sua consideração e diferenciação e do correspondente nível hierárquico do sistema taxonómico empregue na caracterização das suas variáveis.

Estas considerações, válidas para a caracterização de qualquer variável espacial (e.g. níveis taxonómicos da classificação das unidades fitogeográficas (Rivas Martinez, 1985) ou

pedológicas (Cardoso, 1965)), aplicam-se igualmente à classificação das unidades ecológicas, pelo que se justifica a diferenciação das diferentes escalas de classificação associadas aos sistemas actualmente existentes.

8.1.2 – O processo de caracterização

Vejamos para começar, o que se entende por caracterização.

Caracterizar:

1. Determinar o carácter de.

Carácter:

1. O que faz com que os entes ou objectos se distingam entre os outros da sua espécie.
2. Marca, cunho, impressão.
3. Propriedade.
4. Qualidade distintiva.
5. Aspecto.

2. Descrever com exatidão.

3. Distinguir, assinalar.

O processo de caracterização, ou seja, de identificação de um conjunto das características diferenciadoras dos objectos em estudo e do seu modo de agrupamento ou de proximidade taxonómica só pode ser realizado de três formas (Seibert, 1975):

- **Objectiva**, quando referida a características objectivas ou mensuráveis
- **Arbitrária**, quando a diferenciação escalar ou classificativa é realizada por um único investigador
- **Psicométrica**, quando a diferenciação escalar ou classificativa é realizada por um painel de peritos (como é exemplo o caso do método de Delphi)

No caso das unidades ecológicas ou geográficas, dado estas se referirem exclusivamente a um sistema de classificação de tipo nominal, os métodos de classificação dominantes são o segundo e o terceiro, com o decorrente risco de uma elevada falta de objectividade no produto resultante, se não forem tomadas as medidas necessárias no sentido de assegurar a reprodutibilidade e objectividade dos métodos e critérios diferenciadores considerados.

Tais métodos, discrimináveis, como atrás referido, da seguinte forma:

- **métodos sinópticos** (caracterização de longo prazo destinada a determinar padrões regulares de ocorrência dos fenómenos)

- **métodos dirigidos ou integrados** (caracterização orientada para um objecto ou fenómeno específico, ou para um contexto particular)
- **métodos indutivos ou expeditos** (caracterização realizada por generalização racional de padrões ou características de objectos, fundamentada no conhecimento de fenómenos comparáveis ou na consideração da validade de leis gerais em situações particulares)
- **métodos centrados no objecto** (caracterização orientada exclusivamente para os factores e relações decorrentes ou determinantes de um objecto)
- **métodos centrados no contexto** (caracterização orientada no sentido da descrição holística do sistema envolvente e determinante do ou dos objectos de estudo)
- **métodos orientados de acordo com a dinâmica ambiental** (caracterização dos balanços de massa e energia susceptíveis de ocorrerem no objecto ou de sobre ele ou a partir dele, influenciarem os objectos envolventes)

apresentam, cada um, exigências e limitações informativas que afectam de modo determinante o resultado e conteúdo da informação produzida. No caso específico da definição de unidades ecológicas ou geográficas, esses factores assumem uma importância bastante relevante, já que, como referido, se torna indispensável uma diferenciação conceptual clara entre componentes com diferentes graus de estabilidade (ou de circunstancialidade), o que determina que tenha sempre de existir uma clarificação dos critérios, metodologias e limites intrínsecos de cada sistema de caracterização e classificação envolvido, de forma, por exemplo, a definir com rigor o grau de precisão de cada factor ambiental considerado e, decorrentemente, a resolução efectiva final da cartografia realizada.

Ao considerar-se, como referido, diferentes planos conceptuais de referência para a caracterização e classificação de unidades ecológicas ou geográficas diferenciados, fundamentalmente, pelo grau de circunstancialidade das variáveis ambientais determinantes, está-se perante um domínio em que a objectividade dos sistemas classificativos adoptados, assume uma grande importância, já que dela depende, não só a correspondência à realidade e a objectividade dos objectos classificados, como, particularmente o seu conteúdo informativo e decorrente utilidade em termos de gestão do território.

Comparem-se, por exemplo, as aproximações metodológicas propostas por Fernandes, 1991 e Forman et al., 1986. Ambas se referem a unidades homogéneas e utilizam a informação obtida dessa caracterização estrutural para propor metodologias de avaliação e mesmo de gestão. Contudo, enquanto no primeiro caso, ao centrar as suas atenções sobre os factores estruturais estáveis, se pretende construir, essencialmente um referencial informativo de médio prazo para as actividades de planeamento, projecto e gestão, no segundo caso, procede-se exclusivamente à descrição estrutural das biocenoses ocorrentes numa dada paisagem e à análise da sua funcionalidade actual (ou seja circunstancial), permitindo uma avaliação e, decorrentemente, uma intervenção de curto prazo no sentido de melhorar a funcionalidade dessa organização estrutural.

Contudo, é necessário realçar que a simples consideração da segunda aproximação, pela circunstancialidade do objecto de gestão, não permite uma maleabilidade interventiva, no

sentido por exemplo de propor a criação de sistemas alternativos ou compensatórios, só viável se referida e fundamentada no conhecimento dos padrões estáveis de organização e na forma como eles condicionam a possibilidade de implantação de biosistemas específicos. Além desta limitação, a pouca clarificação metodológica dos factores de origem do mosaico espacial caracterizado, diferenciando, por exemplo manchas de recursos de manchas remanescentes, de manchas de perturbação com carácter mais ou menos estável, o método de Forman, et al. (1986) se bem que englobando toda a informação eventualmente relevante para a caracterização nomeadamente dos padrões de influência das actividades humanas sobre um dado lugar, é incapaz de distinguir claramente os diversos tipos e formas de manifestação dessa influência.

Referindo-se, portanto, os estudos, simultaneamente a objectos com diferentes graus de estabilidade, está-se a aumentar determinantemente, a capacidade de intervenção gestora e a reproductibilidade e maleabilidade dessa intervenção.

Este exemplo ilustra bem, o modo como a caracterização da organização estrutural do território não pode obedecer a um único padrão, mas tem, antes, de procurar oferecer sistemas metodológicos diferenciais, conforme os objectivos pretendidos e o carácter da informação envolvida.

8.2 - A caracterização no domínio dos estudos de avaliação do território

8.1.1 – A importância do factor escala

A escala, quer considerada em termos espaciais, quer temporais, é um factor chave na diferenciação de unidades ecológicas, dado que a estrutura, funções e padrões de mudança numa paisagem são, como referido, eles próprios dependentes da escala. Com efeito, conforme se consideram escalas espaciais mais detalhadas, assim um maior número de variáveis diferenciadoras aparece com uma relevância marcada, o mesmo se passando com a escala temporal, a qual diferencia padrões diversificados de ocorrências espaciais, conforme o intervalo de tempo considerado na análise da homogeneidade de cada lugar³.

Esta influência é particularmente clara se considerarmos o espaço segundo a perspectiva de um organismo que o ocupa e utiliza, posicionamento que nos permite visualizar que a diferenciação espacial e, decorrentemente a consideração de variações nos gradientes ambientais é função das nossas dimensões e capacidade de deslocação,

³ A diferenciação em termos de escala temporal, levanta, acessoriamente, a dificuldade decorrente da distinção entre o nível real e potencial dos objectos caracterizados, fazendo variar, de uma forma significativa o conteúdo informativo dessa caracterização.

assim como do nosso tempo de vida, ou da nossa escala própria de referência das condições ambientais (veja-se o exemplo da escala de temperatura proposta por Celsius, cujo centro de referência - o zero - corresponde a um valor sensível e facilmente referenciável a fenómenos perceptíveis pelo homem)⁴. Aspectos como tendências de evolução global de um território não são perceptíveis para um organismo cujo ciclo de vida é sazonal ou ainda de menor duração⁵. Deste modo, o detalhe, espacial e temporal com que se realiza a caracterização ambiental, vai determinar diferenças significativas sobre os padrões relevantes de diferenciação espacial identificados.

Recordando o enunciado dos factores associados às variações de escala (Caixa 2, Cap. 5) é fácil concluir que o estudo do território é fortemente dependente da escala ou, reciprocamente, das exigências de detalhe que lhe são colocadas. Este aspecto aplica-se, não apenas ao domínio mais compreensível da escala espacial, como particularmente aos aspectos temporais. Com efeito, o modo como a heterogeneidade espacial se manifesta e influencia o padrão de funcionamento do espaço é claramente distinto, conforme se relevam as características mais estáveis (de médio ou longo prazo) desse espaço, ou se consideram como determinantes os padrões circunstanciais (decorrentes de determinantes de curto prazo) de organização deste.

Esta diferenciação da organização espacial em termos de organização estável e de organização circunstancial, constitui um dos domínios mais críticos do processo de identificação e caracterização ambiental e decorrentemente, da utilização dessa informação para fins de caracterização e avaliação ambiental e aplicação dessa informação no planeamento, projecto e gestão do território e dos ecossistemas.

Com efeito, se se tomar como padrão de referência para a análise e caracterização espacial o padrão circunstancial da organização estrutural actual do espaço, integrando no mesmo plano, determinantes com quadros de variação temporal tão variados como são a geologia, os padrões sazonais do macroclima ou a acção humana, está-se a considerar uma amálgama informativa de difícil gestão e onde os factores de conteúdo anulam em absoluto as determinantes de contexto⁶.

⁴ Naturalmente, a possibilidade de compreensão e abstracção da espécie humana, permite-lhe não só realizar essa distinção espacial como interpretar e perspectivar outras abordagens do problema, de forma a perceber as suas implicações reais e o seu padrão de variação escalar.

⁵ Mesmo para o homem, muitos desses padrões só são perceptíveis devido, ou à sua capacidade de interpretação dos dados ambientais (geologia por ex.) ou à sua capacidade de coligir, e comunicar dados e informações, permitindo, por exemplo, gerar séries de tempo ao longo de várias gerações.

⁶ Contudo, é exactamente a este nível que se manifestam os ecossistemas e a que, decorrentemente se tem que referir a sua caracterização, classificação, avaliação e gestão,

Por esse motivo, a diferenciação de unidades ecológicas tem de ser referida a diferentes planos conceptuais, de forma a procurar desintegrar a informação ambiental de acordo com a sua estabilidade temporal e resultante estabilidade do padrão de influência estrutural. Esta desintegração, orientada de acordo com os diferentes padrões de organização espacial, identificando claramente a forma como estes apresentam diferentes graus de circunstancialidade, é o único modo de conseguir diferenciar a relevância dos diferentes factores determinantes das ocorrências ecológicas verificadas. Poder-se-á, dessa forma, discernir os factores reguladores de cada ocorrência circunstancial, esclarecendo claramente a relevância de cada tipo de determinante ambiental, único modo de identificar os pontos de maior susceptibilidade às acções exteriores e os padrões de suporte estável, determinantes do sentido de evolução e de estabilização de cada ocorrência circunstancial verificada.

No que se refere à identificação e caracterização espacial e funcional das unidades ecológicas, esta diferenciação assume uma particular relevância dado que, ao diferenciar o padrão de organização estável do padrão circunstancial determinado pela acção dos factores ambientais de curto prazo (sazonalidade ou oscilações climáticas interanuais, acção humana, perturbações pontuais e oscilações de curto prazo dos padrões biocénóticos), é possível uma diferenciação clara entre as variáveis susceptíveis de serem geridas e as variáveis estáveis enformadoras de um padrão regular que baliza essa capacidade de gestão.

8.1.2 – A concretização dos processos de caracterização

A realização de estudos de avaliação dos sistemas ecológicos ou geográficos procura determinar o modo como os sistemas actuais (ou eventualmente os sistemas potenciais) serão afectados por uma dada alteração do uso de uma área de terreno, por um plano ou uma política. Nesta avaliação estão envolvidos dois tipos de perspectivas: o da avaliação dos impactes sobre a funcionalidade e a viabilidade das biocenoses actualmente ocorrentes e a perspectiva, de certo modo mais integrada, da avaliação dos possíveis impactes sobre a funcionalidade e a viabilidade dos sistemas bio- e geocénóticos existentes no local, na região ou no globo, implicando, portanto, a perspectiva de considerar que, ao interferir sobre as características mais estáveis das geocenoses, se está a induzir alterações na funcionalidade global do território que poderão determinar um comprometimento definitivo da possibilidade de compensação dos impactes sobre o quadro biocénótico circunstancial actual.

Esta diferenciação metodológica assume uma importância crítica se considerarmos dois factores que assumem, actualmente um significado crescente:

sem que, contudo, esse facto anule o carácter circunstancial dessas ocorrências e a relatividade da informação sobre os diferentes determinantes ambientais desses ecossistemas.

- A ocorrência de padrões acelerados de alteração das características anteriormente estáveis de alguns macro-factores ambientais (fenómenos de aquecimento global, por exemplo);
- A necessidade de desenvolvimento de uma visão predominantemente contextual dos sistemas ecológicos em substituição da actual perspectiva essencialmente focado no conteúdo;

No contexto destes dois factores, verifica-se que a consideração de unidades ecológicas ou geográficas nos processos de análise e avaliação ambiental, do planeamento, projecto e gestão do território terá de ser realizada segundo eixos diferenciados, mas complementares, de forma a assegurar que a utilização dos factores ecológicos de cada lugar (geocénóticos, biocénóticos e socioculturais) se faz numa perspectiva sustentável, espacialmente integrada, respeitando o potencial e a funcionalidade vertical de cada lugar, em simultâneo com a preservação do inter-relacionamento lateral entre as unidades que envolvem esse lugar. Simultaneamente, deverá assegurar-se que a malha ecológica circunstancial actual é reconhecida no seu valor e sensibilidade e gerida numa perspectiva de valorização, diversificação e mesmo de recriação, aceitando a destruição de elementos pontuais desde que sempre substituídos por unidades funcionais compensatórias, assegurando, na perspectiva das biocenoses, o respeito do princípio básico do desenvolvimento sustentável: *a preservação ou aumento do capital natural de cada lugar e região.*

Neste contexto, a disponibilidade de sistemas de caracterização complementares de unidades ecológicas ou geográficas que consigam representar todos os domínios de consideração referidos, torna-se uma necessidade crítica dos processos de planeamento, projecto e gestão do território e de fundamentação das suas respectivas avaliações ambientais.

Deste modo, torna-se necessário dispor de um sistema caracterizador que integre a caracterização e classificação dos factores e estruturas ambientais estáveis e o seu estado circunstancial e relativamente ao qual, seja possível referenciar, nomeadamente, um estudo prospectivo de reconstrução ecológica num contexto de alteração local ou global desses factores ambientais.

Tal sistema deverá organizar-se em diferentes planos de caracterização, diferenciados de acordo com o seu conteúdo circunstancial, devendo o plano da estrutura ecológica actual constituir elemento fundamental de informação no sentido do nível de curto prazo do processo de gestão do território.

A combinação num sistema integrado de caracterização e classificação da estrutura do território permitirá, deste modo, referenciar a um mesmo sistema informativo os processos de decisão de curto prazo e os processos de decisão de médio prazo, integrar essas decisões no seu contexto regional e dispor de um referencial global, suficientemente diferenciado no seu conteúdo informativo, para poder permitir a readequação do quadro de gestão do território e os objectivos específicos de conservação da natureza a alterações globais de variáveis ambientais de incidência global, mas eventualmente susceptíveis de virem a sofrer variações súbitas e mais ou menos intensas do seu padrão característico de ocorrência e determinância nas características e funções de cada local.

Como anteriormente referido, não basta dispor de um sistema de identificação e caracterização de objectos, neste caso unidade de território. Tão importante como o conhecimento do objecto é a sua classificação, pelo que haverá que voltar um pouco atrás e recapitular os factores práticos de identificação dos objectos a classificar.

As aproximações ao zonamento ecológico ou geográfico seguem, no essencial, as regras gerais de zonamento identificadas já por investigadores tão remotos como Humboldt ou Dockuchaeu (Bailey, 1980). Com efeito, os factores hierárquicos considerados nos diferentes zonamentos realizados seguiram, por aproximações empíricas ou teórico-empíricas a seguinte organização metodológica (Bailey, 1986, 1996, 1998):

- **Zonamento macroescalar** - os padrões de zonamento são essencialmente determinados pela latitude (padrão de distribuição da energia solar e circulação geral da atmosfera), a distância do mar (continentalidade ou influências oceânicas - caso da tipologia de correntes que fluem ao longo da costa) ou a elevação, podendo ser reduzidos a padrões de precipitação/temperatura ou de humidade/temperatura/evapotranspiração (Fig. 8.1). Portugal situa-se, nestas classificações entre o domínio das florestas temperadas e o domínio dos matos sub estépicos. O exemplo do zonamento ecológico que fundamentou a proposta de corredor ecológico para a América Central denominado “Passeo Pantera” (Carr et al., 1994) é um excelente exemplo de macrozonamento baseado nos critérios de Holdrige.

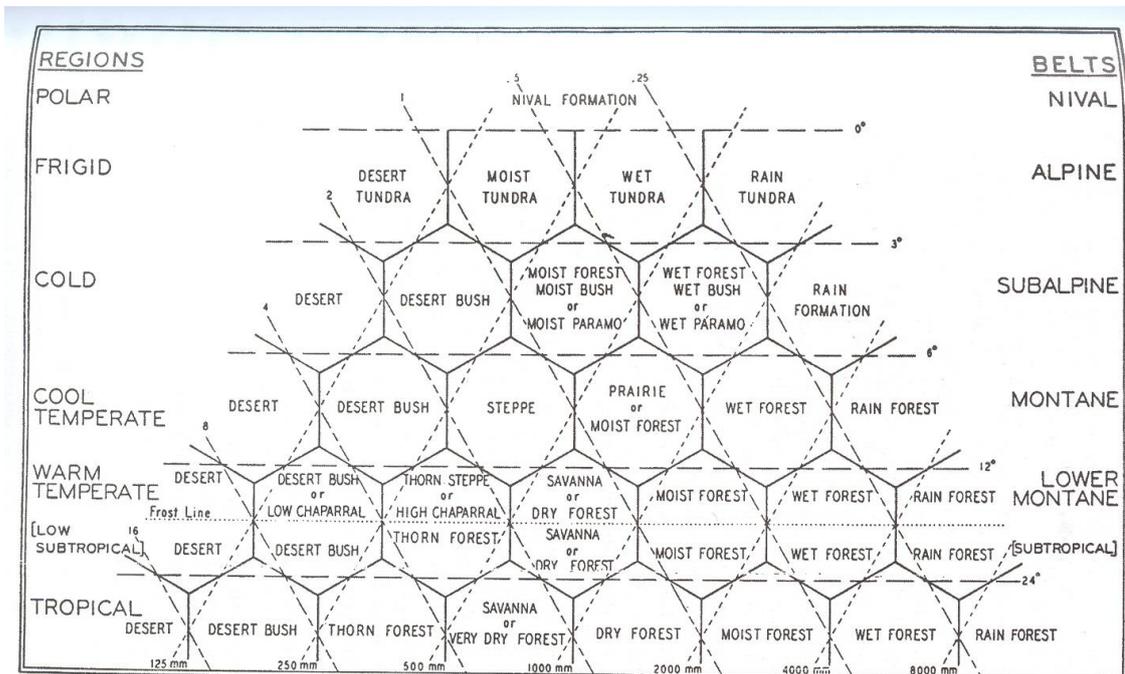


Fig. 8.1 - Diagrama de Holdrige correlacionando os grandes biomas com os macro padrões climáticos (Holdrige, 1967)

- **Zonamento mesoescalar** - os padrões macroclimáticos determinantes do zonamento macroescalar são diferenciados a escalas médias pelos padrões de geologia e de topografia, determinando, quer diferentes tipologias de disponibilidade de nutrientes, quer de disponibilidade de energia e de balanço hídrico. Os zonamentos à escala nacional reflectem

essencialmente este tipo de padrões regionais (Albuquerque, 1954, Ribeiro, 1986, Franco, 1994, Castro, et al., 1999). (Fig. 8.2)

- **Zonamento microescalar** - as diferenças locais são função, quer de variações microclimáticas, quer de variações das características do substrato (disponibilidade hídrica e de nutrientes e seus padrões de variação anual ou inter-anual), podendo a forma introduzir alguns factores de diferenciação local, nomeadamente em termos dos padrões de inter-relacionamento lateral (intensidade do escoamento ou da erosão como funções do declive ou sentido do transporte como função da bacia de drenagem). O uso do solo, como factor determinante de variação destes padrões, constitui, como factor essencialmente circunstancial, um determinante adicional de zonamento. (Fig. 8.3).

As aproximações metodológicas realizadas, por exemplo, no nosso país respeitando esta hierarquia, apresentam, contudo, diferenças significativas, quer no seu grau de resolução escalar, quer na determinância concedida ao factor humano (particularmente claro nos trabalhos de Orlando Ribeiro, o qual considera como factor essencial do zonamento o factor humano (Ribeiro, 1987), preferindo à noção de região natural o conceito integrador de região geográfica como expressão da integração do quadro natural e da influência humana na expressão da organização do território).

8.3 - A escala do país (classificações e zonamento mesoescalares)

Desde o século passado que, geógrafos, botânicos e outros cientistas procuram delimitar para o conjunto do território nacional um quadro de regiões naturais que se deverão entender como "porções de território que apresentam real unidade (organização) física (de estrutura, do relevo ou de clima) (...) a qual pode resultar quer da posição geográfica, quer do relevo, quer do clima, quer da combinação especial de alguns fenómenos naturais que realizam uma paisagem determinada. E é deste tipo de relevo, de clima ou de paisagem espacial que importa discriminar, deixando na penumbra os outros factores físicos secundários" (Girão, 1960, pp. 208).

Este esforço, paralelo ou mesmo anterior ao realizado noutros países (Gama Barros, 1878, Albuquerque, 1943; Schmithüsen, 1956; Bailey, 1986. Diniz e Barros, 1998, Franco, 1994), permitiu a diferenciação, para o conjunto do território nacional, de um conjunto de propostas de zonamento, que, se bem que apresentando algumas divergências por vezes profundas localmente, apresentam uma coerência básica nos conceitos essenciais, ou seja, na consideração dos factores macroclimáticos e geológicos, como factores primários de zonamento.

Tais zonamentos (Girão, 1933; Albuquerque, 1954 e 1982; Ribeiro, 1967 por ex. (Fig. 8.2)), exprimem essencialmente a variação da determinância sobre as características do território nacional de duas variáveis - o clima e a geologia (ou acessoriamente de uma terceira - a morfologia), considerando, com fundamento bastamente comprovado por estudos parcelares no domínio fitocenótico (por ex. Vasconcelos e Franco, 1958, Cruz et al., 1987, Cruz, 1993 - com. pessoal) que, os determinantes fundamentais do macrozonamento das comunidades

vegetais e das condições ecológicas em geral, se resumem a estes factores, quando considerados a este nível de resolução escalar.

Interessa aqui realçar a importância deste primeiro nível de aproximação como diferenciador dos macro-padrões de organização do território e de subsequente condicionamento das suas características ecológicas - materializadas essencialmente em factores como a disponibilidade hídrica, as amplitudes térmicas e a condicionantes edáficas, função directa dos zonamentos climáticos e geomorfológicos.

Estas características geocénóticas, determinantes primárias do zonamento fitogeográfico influenciam, através das características deste, o próprio zonamento faunístico, ao expressarem, quer a possibilidade da ocorrência de habitats específico, quer a definição, no caso das variáveis climáticas, de intervalos de tolerância bem diferenciados, logo de espectros específicos distintos. Do mesmo modo, é possível da informação contida nestes zonamentos, inferir um conjunto de condicionantes às actividades humanas bastante importantes, que se materializam não apenas no domínio do zonamento dos potenciais agrícolas (Diniz e Aguiar, 1998) como também, por exemplo, no zonamento dos factores de conforto climático.

Importa contudo acentuar que não existe, nem ao nível ecológico, nem ao nível morfológico nem ao nível fitogeográfico, qualquer zonamento ou metodologia de sistematização de aceitação generalizada, sendo o debate sobre esta temática quase nulo, como o prova o facto de, nos seus trabalhos sobre a Flora de Portugal, o Prof. Amaral Franco apresentar zonamentos ecológicos diferenciados em cada volume já publicado da sua Flora (Franco, 1970 e Franco, 1984) sem apresentar qualquer justificação ou fundamento para esses zonamentos, que não sejam os que se podem inferir da nomenclatura utilizada (dominantemente geo-climática) - apenas o fez, confirmando-o e fundamentando-o em 1994 (Franco, 1994). Coincidentemente, mesmo o debate sobre a possível determinância de zonamentos naturais na definição de zonamentos administrativos, pode-se considerar abandonado há mais de 20 anos e nem o recente debate da regionalização a reanimou minimamente como factor de estudo científico.

Nos esboços de estratégias nacionais de Conservação da Natureza já elaborados e apresentados, também este factor da existência de um macrozonamento ecológico do país, eventualmente condicionante dessa estratégia, está absolutamente omissa. Do mesmo modo, a definição e gestão de zonas de conservação, tendo obedecido a um critério essencialmente imediatista, centrado no conteúdo e omitindo os factores de contexto, omite em absoluto as considerações de referência das zonas de maior significado ambiental a zonamentos ecológicos, limitando-se a situá-las em zonamentos de carácter administrativo ou estatístico (caso das NUTs no Projecto CORINE-Biótopos (SNPRCN, 1992) ou das regiões administrativas no caso da legislação sobre Conservação da Natureza (Rede Natura 2000).

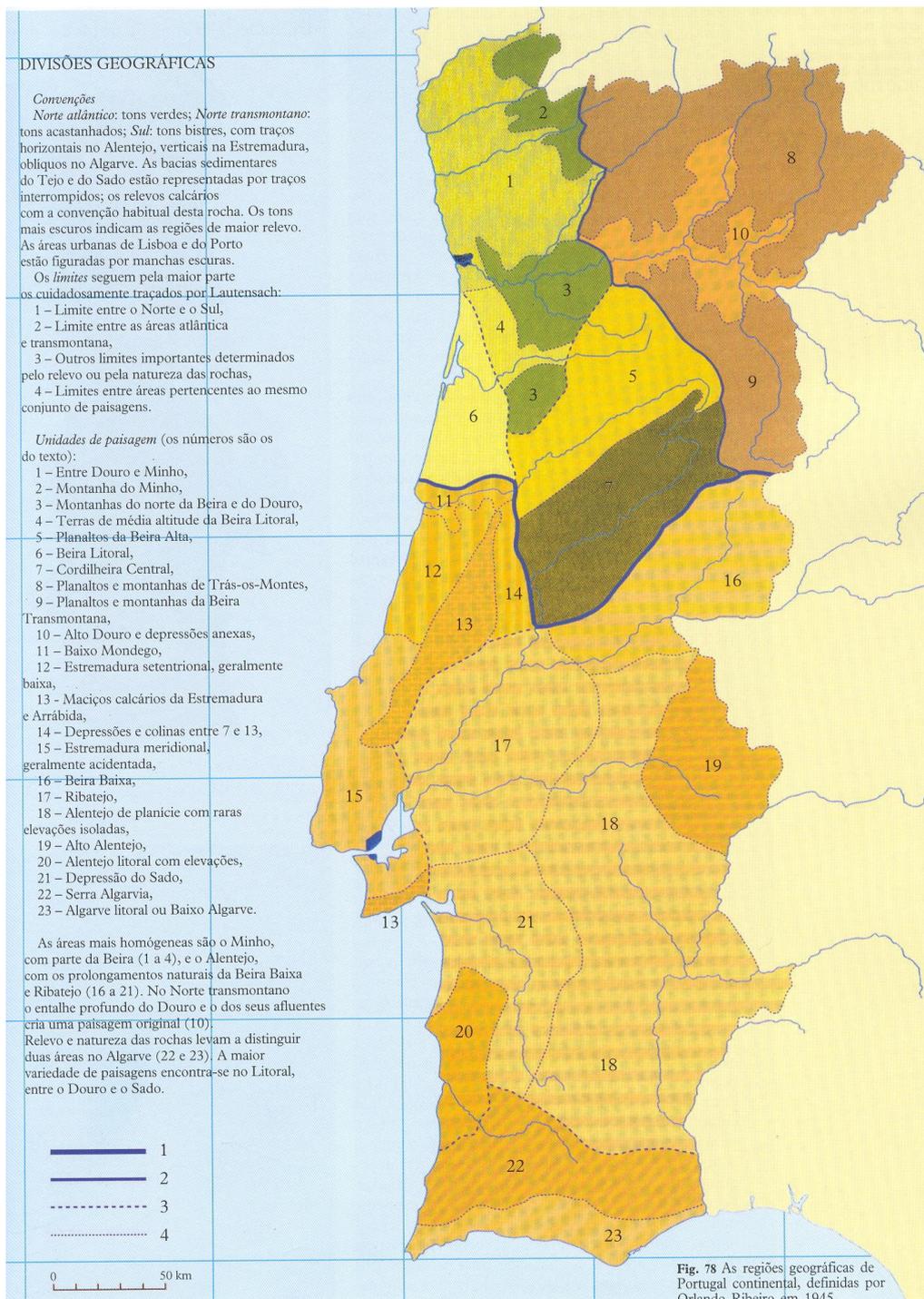


Fig. 8.2 – Divisões Geográficas de Portugal segundo Orlando Ribeiro (extraído de Medeiros, 2006)

Nos esboços de estratégias nacionais de Conservação da Natureza já elaborados e apresentados, também este factor da existência de um macrozonamento ecológico do país, eventualmente condicionante dessa estratégia, está absolutamente omissa. Do mesmo modo, a definição e gestão de zonas de conservação, tendo obedecido a um critério essencialmente imediatista, centrado no conteúdo e omitindo os factores de contexto, omite em absoluto as

considerações de referenciação das zonas de maior significado ambiental a zonamentos ecológicos, limitando-se a situá-las em zonamentos de carácter administrativo ou estatístico (caso das NUTs no Projecto CORINE-Biótopos (SNPRCN, 1992) ou das regiões administrativas no caso da legislação sobre Conservação da Natureza (Rede Natura 2000).

Pode-se pois afirmar que, em termos práticos, apesar da existência de uma diversidade importante de propostas de zonamento ecológico à escala nacional e de aproximações metodológicas à fundamentação deste, não existe normalmente qualquer reflexo dessa informação no enquadramento de políticas ou de estudos de gestão do território.

8.4 - A escala sub-regional e local (classificações e zonamentos microescalares)

O método mais expedito será, de acordo com os conhecimentos actualmente disponíveis e os dados existentes, o seguinte:

- 1 - Análise estrutural dos factores geocénóticos (solo, morfologia, regime hídrico) definindo unidades funcionalmente homogéneas de acordo com estes factores.
- 2 - Subdivisão das unidades anteriormente definidas de acordo com o padrão circunstancial de uso (ou a tipologia de coberto actual), permitindo a definição dos habitats actuais.
- 3 - Análise funcional das unidades estruturais resultantes, nomeadamente em termos de funcionalidade biológica regional, do carácter dos habitats identificados e da sua valoração de acordo com o carácter e interesse dos habitats identificados.

A escalas mais detalhadas, a análise geocénótica pode fundamentar-se no zonamento básico dos solos constante (quando disponível) da Carta Complementar de Solos de Portugal à escala 1:25000, complementada com a informação geológica existente e zonamentos mais ou menos expeditos dos factores micro-climáticos e dos factores morfológicos (Fernandes, 1991), sendo a fotografia aérea o suporte mais fiável para uma primeira aproximação do zonamento do uso. A calibração final das unidades terá, necessariamente de ser realizada através de trabalhos de campo.

Em termos informativos, particularmente nos domínios da avaliação dos impactes ecológicos (no sentido estrito das comunidades bióticas), qualquer das aproximações permite, para cada uma das escalas considerada uma aproximação bastante razoável ao valor e sensibilidade dos sistemas envolvidos. Naturalmente que a escala detalhada, ao permitir a realização de avaliações estruturais, no sentido definido por exemplo por

Forman et al. (1986), assegura um detalhe informativo muito mais rico e, particularmente, uma aproximação às relações envolvendo os sistemas faunísticos (os quais se referem a estruturas espaciais mais complexas e de mais difícil expressão espacial do que os sistemas florísticos), que não é possível se não em termos qualitativos e potenciais a escalas mais grosseiras.

Importa aqui relevar que o estudo dos sistemas faunísticos e dos impactes sobre estes implica uma tipologia de referenciação espacial distinta da que é necessária no caso dos estudos florísticos, já que o grau de resolução das tipologias de comunidades é, para a fauna, normalmente muito mais grosseiro do que para a flora (por exemplo, a distinção de prados segundo a espécie de gramínea dominante é muitas vezes irrelevante para muita da fauna que utiliza esse habitat, sendo muito mais relevante, por exemplo, a existência ou não de habitats funcionais complementares (de alimento, abrigo ou reprodução), os factores de acessibilidade e os factores de relação orla/interior de cada mancha de habitat).

8.5 - A construção de um modelo de zonamento e classificação

8.5.1 - A escala do país

Considerando o nível de abordagem taxonómico, a escala do país (1:500000/1:1000000), terá de orientar-se essencialmente por condicionantes edafo- climáticas, as quais determinarão, numa primeira aproximação (por relação entre a vulnerabilidade hídrica e a amplitude térmica), o macrozonamento dos grandes tipos de formações vegetais potenciais (Fig. 8.3 e 8.4)

Biogeografia de Portugal

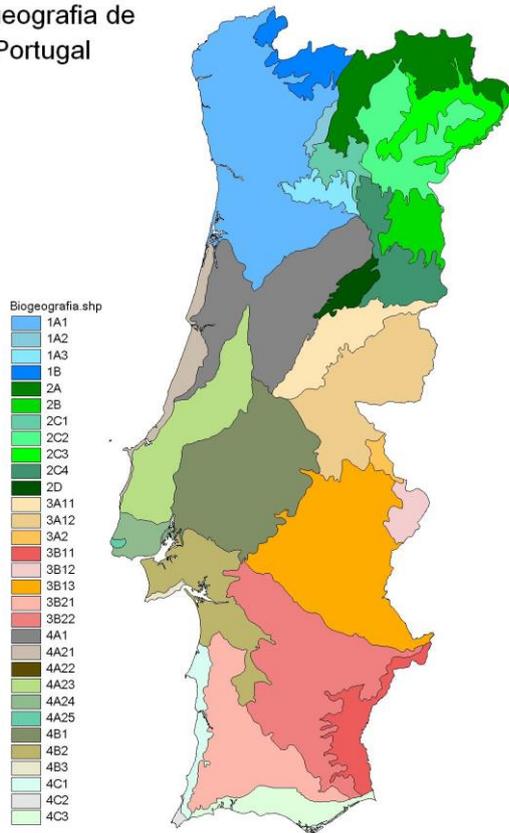


Fig. 8.3 – Cartas das unidades biogeográficas de Portugal (Costa et al. 1999)



Fig. 8.4 – Carta Fitogeográfica de Portugal (A. Franco – extraído de Atlas do Ambiente)

Tal macrozonamento, de carácter potencial constitui, contudo, uma primeira aproximação às macrocondicionantes ecológicas regionais, a qual pode ser detalhada, quer através da aproximação, ainda potencial, de Albuquerque (1954 e 1984), quer da aproximação antropogeocénica anteriormente proposta. Tal aproximação, ao integrar a informação da cartografia potencial anteriormente referida com os zonamentos edafo-climáticos e antropocénicos (por ex. a carta de solos de Portugal (Cardoso et al., 1973, as cartas geológicas e litológicas de Portugal (Comissão Nacional do Ambiente 1981 e 1982; Teixeira et al., 1980, IGM 1992), a carta da pluviosidade, a carta do uso do território (1:100000)) permite concluir no essencial, a adequação do zonamento potencial, a que a componente de uso apenas vem introduzir uma diferenciação, materializada essencialmente em termos de uma complexificação do zonamento e na manifestação de um conjunto de habitats circunstanciais, que a aproximação potencial não poderia, obviamente, distinguir⁷.

Em termos práticos, a taxonomia deste nível de classificação pode considerar-se como podendo resultar da integração do 2º ou 3º nível de detalhe da classificação de tipos de uso do Programa Corine Land Cover, com o 3º ou 4º nível de diferenciação da classificação de habitats proposta pelo programa Corine Biótopos, ou, a nível europeu a classificação de habitats EUNIS.

A classificação estrutural, a esta escala apresenta algumas dificuldades, que, contudo, alguns indicadores específicos permitem ultrapassar, pelo menos parcialmente. Com efeito, num primeiro nível de aproximação, a cartografia geomorfológica (Ferreira, 1981), a cartografia da rede e dos aproveitamentos hidráulicos, associada à já referida cartografia dos usos e do zonamento edafo climático, permite um zonamento de grandes estruturas diferenciáveis em termos de matriz regional dominante, manchas (circunstanciais, remanescentes ou de recursos) e de corredores, que permitem, uma primeira aproximação à ecologia regional, nomeadamente, da determinação de linhas potenciais de fluxos bióticos, de linhas de barreira (geomorfológica ou antropocénica), de áreas de elevado potencial de sustentação biológica (permeabilidade biológica média elevada para o conjunto da região, diversidade estrutural média a elevada com um balanço equilibrado de áreas de orla e de interior, reduzidos índices de isolamento da maioria das manchas ocorrentes, são exemplos de parâmetros já aplicáveis a este nível de resolução).

A análise temporal está obviamente incluída na distinção inicial entre cartas potenciais e cartas integrando as condições circunstanciais dos usos actuais. Contudo, poderá ser levada bastante mais longe se tomarmos por exemplo em consideração análises regionais de fenómenos como a erosão ou a desertificação humana, que poderão auxiliar a estimativa de padrões macroregionais de evolução de certos sistemas acentuando por exemplo situações de xericidade (por diminuição da espessura do solo e conseqüente diminuição da disponibilidade hídrica da componente edáfica) ou possibilitando tipologias de uso mais extensivos e a redução de factores de microdiversidade locais introduzidos pela actividade humana ou induzidos pela extensivização de certos tipos de usos propiciadores ou decorrentes da desertificação humana.

⁷ Estudos recentes mostraram a adequação destas aproximações para o zonamento potencial de habitats faunísticos e florísticos e as exigências de Conservação da Natureza daí decorrentes.

A análise funcional, se bem que já referida nas componentes estrutural e temporal, pode ser conduzida mais longe, ao integrar aspectos como a produtividade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (SNIRH), com a distribuição dos usos do território e a informação geológica, de forma, por exemplo a estimar riscos regionais de contaminação dos recursos hídricos, a avaliar os potenciais de fluxo e os limites de aproveitamento. Outro exemplo é a já referida estimativa das perdas de solo potencialmente originadas pela erosão, muito facilmente cartografável a escalas nacionais ou regionais, como os trabalhos e as metodologias por ex. de Richter, 1965 ou do ICONA, 1982, claramente comprovam. A componente biológica e as linhas dinâmicas de inter-relacionamento regional, poderão, como já referido, ser induzidas, em primeira aproximação, por análise de permeabilidade, similaridade e grau de ocorrência de malhas de corredores ou de linhas mais ou menos significativas de barreiras geomorfológicas ou antropocénicas.

8. 5.2 - A escala da região

Voltando a seguir a mesma abordagem anteriormente apresentada, verifica-se que, a consideração simples do zonamento do uso do solo nos permite uma imediata visualização das macro e meso estruturas de uso e habitats ocorrentes numa dada região, permitindo-nos uma imediata análise estrutural, nomeadamente em termos das estruturas de conectividade regional, reforçada pela possibilidade de uma análise cronológica com todas as vantagens associadas, particularmente no que se refere aos padrões de evolução ou de impacte decorrente dos usos humanos. A título de exemplo considere-se a mancha de urbanização existente entre Almada e Sesimbra e comparem-se estes dados com informações cartográficas menos recentes (por exemplo a cartografia topográfica ou corográfica), sendo imediata a constatação de um isolamento crescente das áreas de mata do ocidente da Península de Setúbal, com o conseqüente empobrecimento ecológico.

A comparação deste tipo de análises com análises estruturais/funcionais, permite o desenvolvimento de outros instrumentos de análise e gestão, ao identificar, quer estruturas de apoio dos processos dinâmicos regionais ainda em plena funcionalidade, quer linhas reais ou potenciais de interconectividade ecológica, que deverão constituir informações preciosas na gestão das estruturas e sentidos de expansão dos usos mais conflituais com os objectivos de gestão sustentável dos ecossistemas em causa.

Um bom exemplo metodológico de uma tal aproximação é o trabalho de Quinta-Nova (1992), o qual, baseado numa aproximação simples de cartografia de habitats correspondentes a estruturas de uso, numa avaliação do seu valor ecológico e das situações de conflito e, particularmente, numa análise da dinâmica ecológica regional em que os elementos anteriormente coligidos realizou uma identificação de biocentros ecológicos de interesse primário e secundário, assim como a sua interligação e o grau de penetração da sua influência nas zonas mais perturbadas, permitindo definir corredores reais ou potenciais e elaborar uma proposta de gestão.

Importa aqui salientar que o essencial das conclusões do trabalho analítico de Quinta-Nova confirmou as deduções aproximadas anteriormente postuladas por vários autores acerca da estrutura ecológica da Península de Setúbal, as quais se haviam baseado quase exclusivamente em deduções sobre a funcionalidade de cada estrutura regional e sobre o valor ecológico de áreas particularmente significativas como áreas de corredor, como habitats de alimentação ou como habitats de refúgio ou reprodução.

Estes exemplos ilustram bem como é possível materializar a aproximação proposta com os meios e as informações actualmente disponíveis, sendo sempre de acentuar, que subjacente a todos os procedimentos analíticos, esteve presente a informação ecológica macroregional (caso das cartas de Albuquerque, 1982 e 1984 e as cartas de solos e geológicas, além, obviamente de informação macro e meso climática, corroborada sempre com levantamentos detalhados no terreno, centrados sempre na perspectiva estrutural de unidades de habitat e na perspectiva funcional da sua relevância como estruturas de suporte ecológico em termos de refúgio, alimentação deslocação, etc., possível de fundamentar metodologias de avaliação ecológica como as propostas em Fernandes et al., 2014).

8.5.3 - A escala do lugar e da estação (o nível topográfico)

A abordagem do lugar terá sempre de ser realizada considerando a sua inserção regional, mesmo quando se trate apenas de uma área muito restrita (escala da estação na acepção de Burel et al. (1992)), já que a análise da funcionalidade ecológica e do significado ecológico de cada lugar só pode ser correctamente estimada se englobada numa análise de significância regional, a qual assume particular importância no caso das avaliações ambientais, já que importa distinguir por exemplo entre a perturbação ou destruição de um dado habitat de valor médio a elevado nos casos em que esse habitat tem carácter único ou de suporte estrutural insubstituível, ou no caso em que é apenas um entre muitos habitats semelhantes. No mesmo contexto, mesmo habitats pouco valiosos, podem, em circunstâncias de forte tensão ecológica regional assumir uma importância muito significativa, dado consistirem, por exemplo, na última estrutura de contacto entre dois ecossistemas em vias de isolamento.

É a este nível que o modelo conceptual proposta assume todo o seu valor e demonstra todas as suas dificuldades de implementação.

Com efeito, o zonamento Geomorfopedológico, longe de constituir um zonamento linear no sentido claro do termo demonstra problemas na delimitação e hierarquização funcional de fronteiras e unidades muito significativos.

Com efeito, uma mesma unidade, pode mostrar uma nítida fronteira geomorfopedológica em parte do seu perímetro e uma transição pouco clara de um ou de todos os descritores noutras áreas. Esta dificuldade, associada ao facto de se distinguirem unidades apenas devido a variação na geologia, pedologia ou morfologia, levanta a questão da consideração das unidades como correspondendo ao mesmo nível hierárquico ou não. Esta é uma questão ainda totalmente em aberto à investigação, já que só uma cuidada comparação ecocenótica dos

geotopos assim identificados permitirá chegar a conclusões mais seguras sobre a eventual necessidade de hierarquização das fronteiras das unidades ecológicas (qualquer que seja a sua escala).

Outro aspecto relevante é a climatologia e a microclimatologia, sendo a primeira uma determinante clara do nível regional e suprarregional de zonamento, ao nível local, apesar de manifesta em termos fitocenóticos, pode não transparecer ao nível dos outros descritores abióticos (excepto, eventualmente, o morfológico na definição de festos separando vertentes de diferente pluviometria e humidade ou de vales e depressões com diferentes características higró-térmicas).

Contudo, independentemente destas dificuldades, é possível realizar zonamentos ao longo de todas as escalas, devendo-se, contudo, salvaguardar todas as diferenças nos critérios que foram sendo registadas ao longo do processo, dado elas virem a demonstrar-se fundamentais na análise e caracterização funcional.

Um bom exemplo da viabilidade do modelo de caracterização proposto, é exactamente o domínio da avaliação ecológica. Aplicando, por exemplo, a metodologia proposta por Fernandes et al., 2014 consegue-se uma integração de dados hierárquicos, materializados ao nível da classificação dos habitats e da comparação do seu valor relativo (estimativa da raridade, grau de ameaça das espécies ou da fitocenose), de dados estruturais (factores como a conectividade e a complementaridade), de dados temporais (resiliência) e mesmo funcionais (decorrentes da avaliação estrutural) devidamente complementados com uma análise geograficamente mais concreta.

Para ilustrar estes conceitos, apresenta-se de seguida um exemplo de aplicação de uma metodologia de caracterização e avaliação a três momentos no séc. XX.

8.5.4 Exemplo de estudo: Caracterização e avaliação da estrutura do território: Análise da sua evolução no séc. XX e análise da evolução da continuidade ecológica do mesmo

a. O modelo de Análise Integrada de Paisagem

A caracterização e análise do território apresenta enorme complexidade, devido aos diferentes tipos de funções susceptíveis de nela ocorrerem, ao seu diferente padrão de ocorrência espacial e temporal e à enorme diversidade de factores que os influenciam (também eles espacial e temporalmente diferenciados). De modo a procurar resolver as limitações das abordagens dominantes foi desenvolvida a abordagem metodológica de ILA (Integrated Landscape Analysis) (Fernandes et al., 2011, Fernandes et al., 2014) que parte do pressuposto de que a estrutura actual de uso (antrópico ou biológico) não é independente, bem pelo contrário, dos recursos naturais subjacentes (geológicos, pedológicos, hidrológicos e climatológicos). Por esse motivo, o uso ou o coberto de cada local exprimem, em cada momento (circunstância) um padrão diferente de utilização ou de perturbação desses

recursos, padrão esse que corresponde à energia que garante a sua manutenção ou que é exigida para a sua alteração para qualquer outra tipologia de uso ou coberto. Desta forma, o modelo assenta na caracterização de dois planos complementares (mas independentes na sua determinação):

- Um plano de referência que exprima o referido quadro de recursos.
- Um plano correspondente ao presente quadro de uso (ou, na prática, o quadro de utilização dos recursos de referência) – este plano pode, na prática ser multiplicado, no caso de se pretender simular quadros alternativos de uso.

Simultaneamente, este tipo de abordagem, permite o desenvolvimento de análises topológicas e estruturais muito melhor fundamentadas e, conseqüentemente, reproduzíveis, da estrutura e funcionalidade horizontal da paisagem. Com efeito, a disponibilidade de diferentes planos de caracterização com diferentes intensidades de perturbação, circunstancialidade, influência antropogénica ou outras características, permite, identificar os elementos condicionantes da arrumação espacial dos diferentes elementos estruturais identificáveis (manchas, corredores, matrizes, etc.), caracterizar a sua razão de ser e avaliar fundamentalmente, a sua estabilidade, funcionalidade e sustentabilidade (no sentido da correspondência aos recursos existentes e a um nível nulo ou mínimo de perturbação).

A principal vantagem da metodologia consiste na possibilidade de identificação precisa (ou pelo menos dentro dos limites do conhecimento pericial utilizado e do grau de precisão e actualidade dos dados geográficos disponíveis), do grau de perturbação associado a cada tipo de uso, da maior ou menor naturalidade da sua implantação ou fragmentação e estimar o seu valor relativo de acordo com diferentes combinações de critérios espelhando diferentes perspectivas ou objectivos de gestão.

b O caso de estudo

O modelo foi aplicado à área composta pelo distrito de Setúbal e grande parte do distrito de Évora procurando caracterizar a evolução dos padrões de uso ao longo do Séc. XX.

O plano de Referência

A caracterização do Plano de Referência consistiu na identificação e caracterização de unidades ecológicas de referência com base na cartografia de solos disponível, na caracterização biogeográfica, geomorfológica e bioclimática.

A carta de solos foi objecto de um processo de agregação pericial de forma a melhor exprimir os factores ecológicos relevantes para a análise em causa: Produtividade; Calcário; Encharcamento e Salinidade. Estes agrupamentos foram, quando necessário, desagregados para distinguir tipos particulares de solos correspondem a tipologias particulares de habitats.

Como resultado obteve-se a Carta das “Unidades Ecológicas de Referência” (Fig. 8.5) que, por motivos práticos utiliza a vegetação como legenda, por ser o descritor territorial susceptível de

ser aplicado a todos os planos reais ou conjunturais de caracterização e suportar procedimentos coerentes de avaliação.

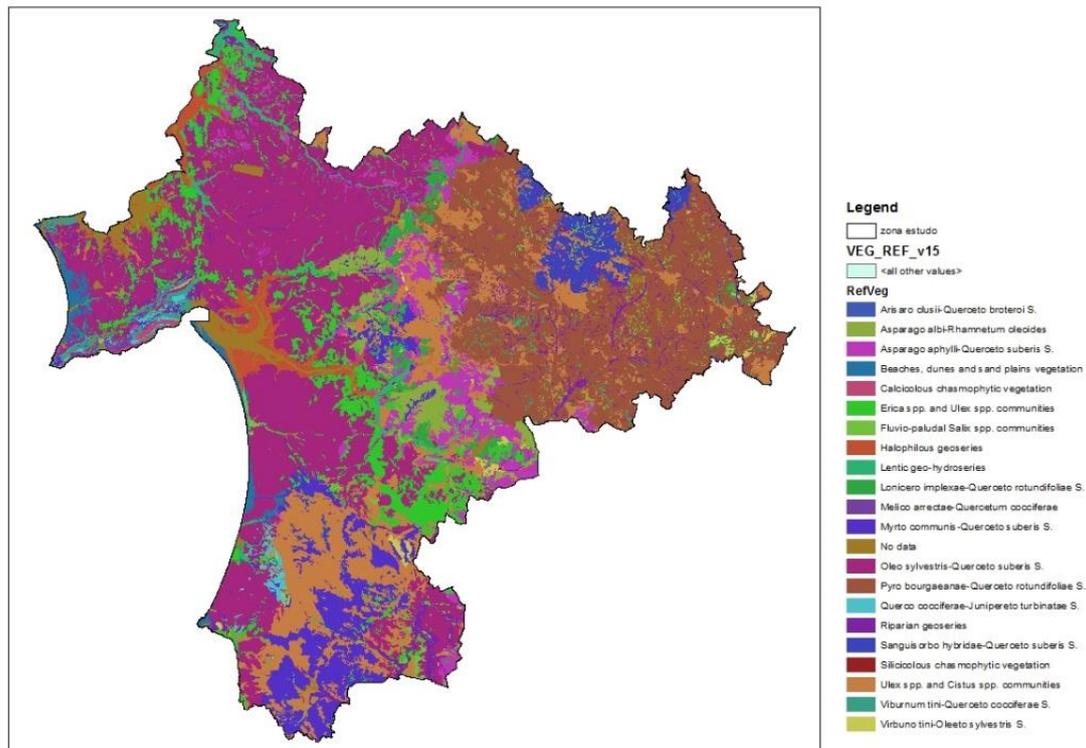


Fig. 8.5 - Carta das "Unidades Ecológicas de Referência"

Os planos de caracterização circunstanciais (quadros de uso)

Para testar as potencialidades do modelo optou-se aplicá-lo a dois momentos temporais distintos correspondentes à Carta Agrícola e Florestal de Portugal de Pedro Romano Folque de 1910 e à Carta de Ocupação do Solo COS 90 corrigida e actualizada (Fig. 8.6).

Qualificação avaliativa das legendas para efeitos de comparação

De modo a poder proceder a uma comparação dos diferentes padrões de utilização dos recursos estáveis do território, procedeu-se, para as três cartas, a uma qualificação de acordo com descritores comuns (daí a importância de utilizar sempre legendas referidas ao coberto vegetal), susceptíveis de serem utilizados em procedimentos de avaliação consistentes.

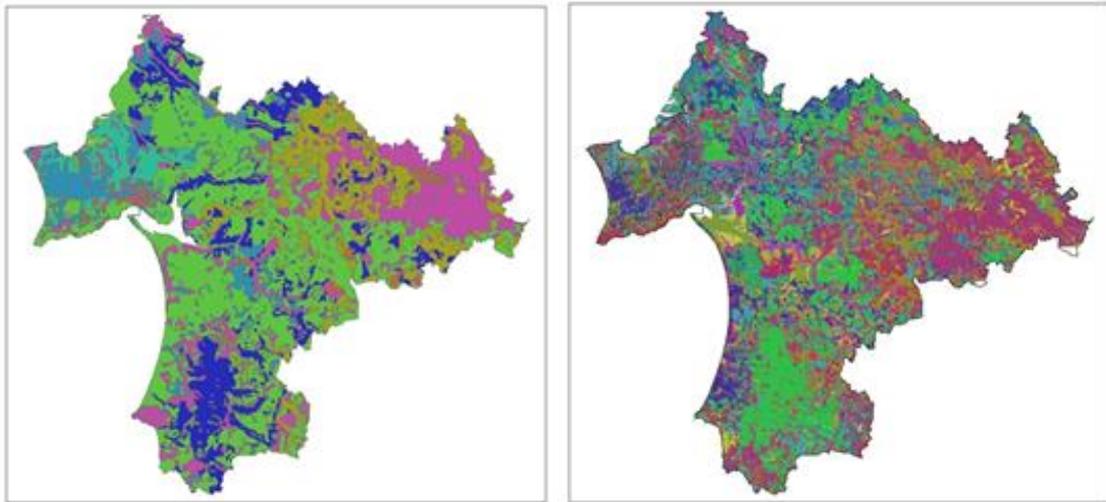


Fig. 8.6 - Carta Agrícola e Florestal de Portugal de Pedro Romano Folque de 1910 e Carta do Ocupação do Solo COS 90 corrigida e actualizada

A avaliação de qualquer formação ecológica é sempre um processo extremamente complexo e parcial, já que os referentes de avaliação se contraditam muitas vezes entre si, e existe sempre um grau de subjectividade extremamente elevado em relação ao conceito e à ordenação dos graus de valor de cada objecto de “per si”. De facto, a avaliação ecológica não corresponde a um processo único conducente a um resultado unificado, mas constitui, bem pelo contrário, um processo de análise pluridimensional, gerando diferentes valores, em termos dos elementos geográficos considerados, conforme se considera o valor faunístico (e mesmo no quadro deste, variando conforme as espécies ou grupos de espécies), o valor florístico, o valor actual, o valor relativo à situação potencial ou virtualmente considerada como de referência, para citar apenas os mais relevantes.

As três cartas foram objecto de um processo de qualificação, recorrendo a um algoritmo de avaliação desenvolvido anteriormente em diferentes contextos (Fernandes, et al. 2011). Esta metodologia, essencialmente pericial, utiliza uma escala de 1 a 5 (dado a qualidade da informação não permitir, face à própria natureza dos descritores um nível de resolução mais detalhado) para qualificar os seguintes descritores:

- Diversidade - agrupando a diversidade estrutural das formações vegetais – Número de estratos presentes relativizado à natureza da própria formação em termos potenciais e a diversidade florística das formações vegetais – Diversidade específica normalizada em termos da região biogeográfica.
- Raridade da associação vegetal – Estimada de acordo com as referências bibliográficas existentes e tendo em consideração a natureza e significado regional e supra-regional da referida formação.
- Naturalidade da formação vegetal – Grau de alteração antrópica da formação
- Resiliência da formação vegetal – Expressão aproximada do período de tempo necessário a que, após a anulação dos factores actuais de perturbação, a formação se

aproximasse das características climáticas correspondentes à Vegetação Potencial Natural do local.

Estes descritores são, posteriormente agrupados, de modo a gerar um índice de Valor ecológico (Fig. 8.7) que foi então utilizado para comparar em termos de intensidade de perdas ou ganhos a variação relativa de cada um dos valores em causa.

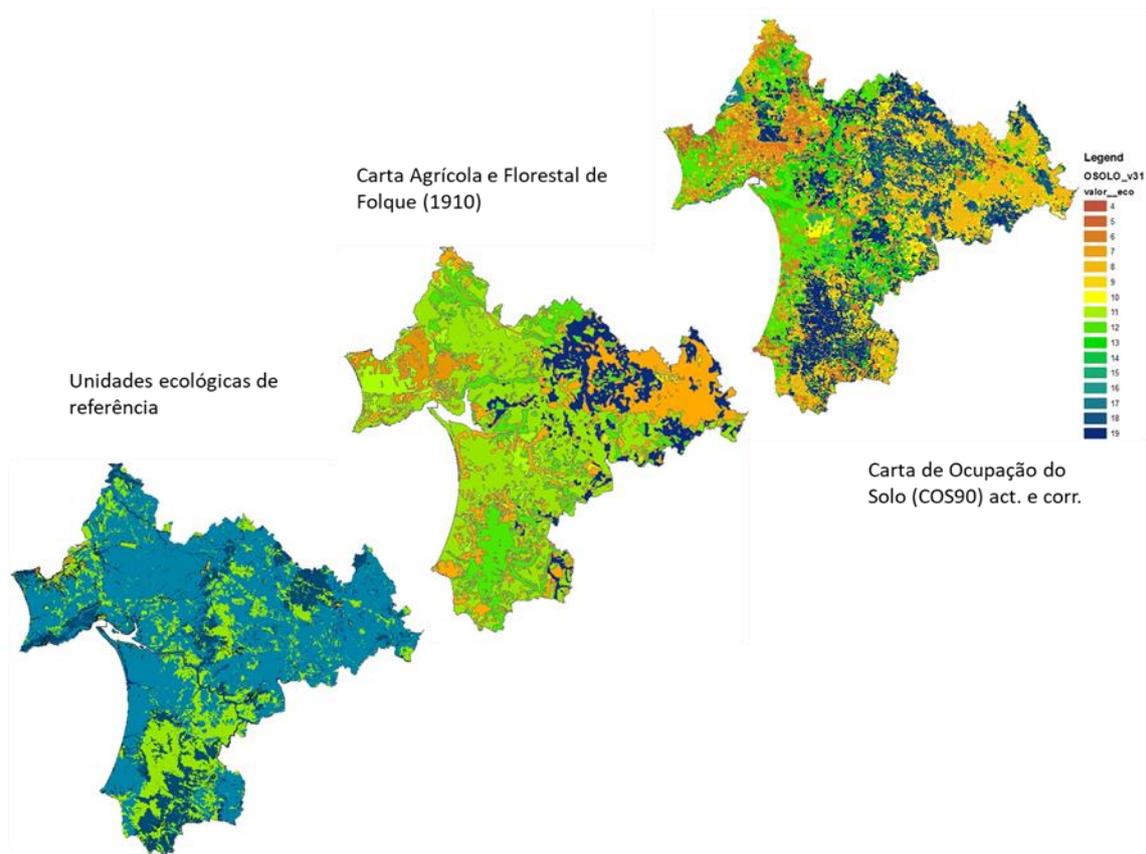


Fig. 8.7 - Variação do valor ecológico entre a situação de referência, 1910 e 1990

Como resultado dos referidos cálculos resultam diferentes conjuntos de valores (um para a situação de referência e outros para cada quadro de uso em análise) (Fig. 8.8) verificando-se a utilidade da abordagem metodológica apresentada na identificação de áreas degradadas e da tipologia de degradação ou, eventualmente, de gestão e valorização ecológica.

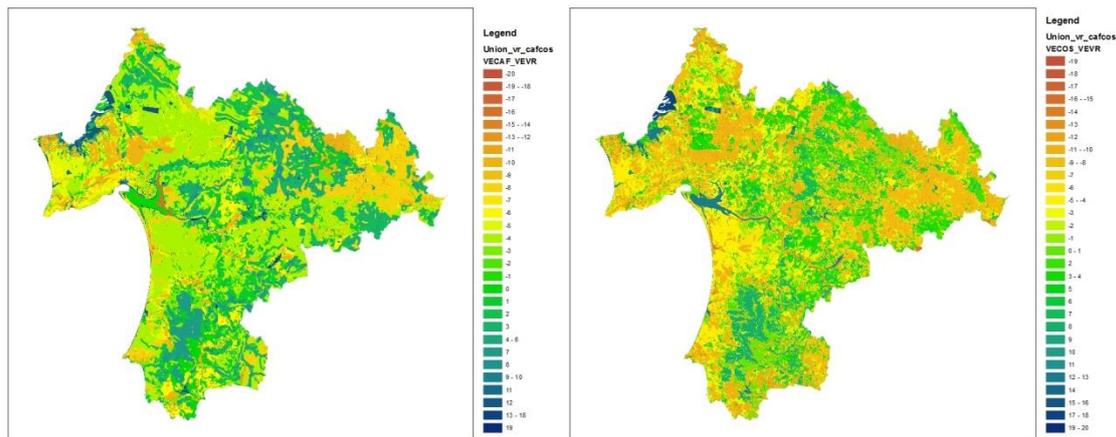


Fig. 8.8 - Ganhos e perdas relativas do valor ecológico entre a situação de referência, 1910 e 1990

A mesma metodologia permitiu ainda realizar, para a mesma área de estudo uma **análise da continuidade estrutural do território**

A - Continuidade: conceito e conceitos

Continuidade, conectividade, complementaridade, fragmentação - tudo isto são conceitos centrais no quadro dos procedimentos de análise e gestão do território, pelo que importa clarificar os conceitos e desenvolver e testar instrumentos de caracterização do território que enquadrem adequadamente estes conceitos e permitam utilizá-los adequada e compreensivelmente nos procedimentos de avaliação e gestão do território.

Continuidade e Fragmentação - Estes dois conceitos estão intimamente relacionados dado que se referem à integridade ou partição, subdivisão ou isolamento de um território com características homogéneas.

Esta homogeneidade assume uma grande importância do ponto de vista ecológico, em particular para espécies animais que exijam habitats homogéneos não perturbados de grandes dimensões. Esse nível de exigência varia desde a incompatibilidade total com zonas de orla até uma certa tolerância a essas zonas. Estas diferentes tolerâncias materializam-se na geometria "aceitável" dos referidos territórios. Outro aspecto que interessa referir, é o que se refere à dimensão do referido território da perspectiva da viabilidade da espécie ou comunidade a ele associado e dependente da sua integridade e extensão. É exactamente neste contexto que há que analisar a temática da fragmentação, já que há que distinguir entre um território conjunturalmente homogéneo e a eventual heterogeneidade dos recursos e características edafoclimáticas e geomorfológicas subjacente. Importa clarificar se a actual homogeneidade não corresponde a uma forma de perturbação e portanto uma prática gestora que a mantenha não constituirá uma perturbação de variável significado e agressividade.

Complementaridade e conectividade - Relacionados com os conceitos anteriores estão os conceitos de complementaridade e de continuidade. O primeiro refere-se às situações em que uma espécie ou uma comunidade não depende apenas de um tipo de território (ou habitat)

mas sim da dois ou mais que se complementam nos "serviços" que garantem a essa população ou comunidade.

O conceito de conectividade refere-se à existência de espaços, que pela sua natureza e disposição permitem a movimentação entre diferentes manchas homogêneas ou entre habitats complementares. Esta conectividade pode ser estrutural (estrutura territorial com a mesma natureza e uma geometria de implantação geográfica que assegure a continuidade material) ou funcional, quando ela é garantida por estruturas semelhantes ou por manchas distanciadas de tal modo que não impeçam a movimentação entre elas.

Substrato e consistência dos territórios homogêneos - Estas características espaciais e funcionais podem assumir duas naturezas: uma conjuntural, resultante do uso do espaço num dado momento e outra intrínseca ou enquadrante, correspondente aos recursos determinantes do mesmo território. Entre as duas não existe necessariamente uma correspondência directa, já que o uso do território, ao utilizar diferentemente os recursos existentes em cada lugar, pode homogeneizar um território heterogêneo ou heterogeneizar um território homogêneo. Por estes motivos, a análise do território e a caracterização das suas características terá de procurar reflectir este complexo de factores determinantes e exprimir, quer a funcionalidade actual das estruturas de uso, quer as possibilidades da sua evolução (determinada pelos factores enquadrantes que apresentam um carácter tendencialmente mais estável), quer o modo como as perturbações ocorrem e são assimiladas pela natureza do território passando a integrá-lo e sendo a sua anulação agora, por sua vez, uma perturbação. O presente estudo pretende testar algumas abordagens metodológicas a estas questões.

B - Análise da Continuidade e conectividade na zona de estudo

O estudo foi realizado na mesma área utilizando como estrutura ecológica de referência a Carta de Unidades Ecológicas (Fig. 8.5) e como descritores de uso a Carta Agrícola e Florestal de Portugal de Pedro Romano Folque (1910) e a Carta de Ocupação do Solo (COS 90) corrigida e actualizada (Fig. 8.6).

Da análise comparativa destas cartas verifica-se qo enorme esforço de florestação realizado nos terrenos do Plioplistocénico que deram origem à grande mancha de Pinhal bravo agora em vias de desaparecimento devido à praga do nemátode do pinheiro.

Considerando a análise da Fragmentação, comparando as cartas das unidades ecológicas de referência (Fig. 8.5) e a carta de ocupação actual do solo, verifica-se que aumenta bastante a fragmentação, mesmo quando os usos actuais correspondem, no essencial às formações vegetais susceptíveis de ocorrerem nessas unidades ecológicas de referência. Contudo, importa realçar que o grau de fragmentação natural evidenciado pelas unidades ecológicas de referência é elevado, pelo que uma análise mais detalhada terá de ser conduzida mancha a mancha e não em termos de toda a área de estudo.

Análise da evolução da continuidade estrutural

Esta análise foi realizada procurando identificar, através de análise de clusters, as diferentes manchas de semelhança estrutural e funcional. A Fig. 8.9 permite comparar os resultados

obtidos para os três objectos de estudo (Unidades Ecológicas de Referência, Carta Agrícola e Florestal de Folque (1910) e Carta de Ocupação do solo (COS 90) corrigida e actualizada. Verifica-se que em 1910 a continuidade estrutural era muito elevada (semelhante à da situação de referência), mas de natureza completamente distinta (predominância de incultos onde as comunidades naturais seriam sobreirais e no COS 90 ainda constam pinhais).

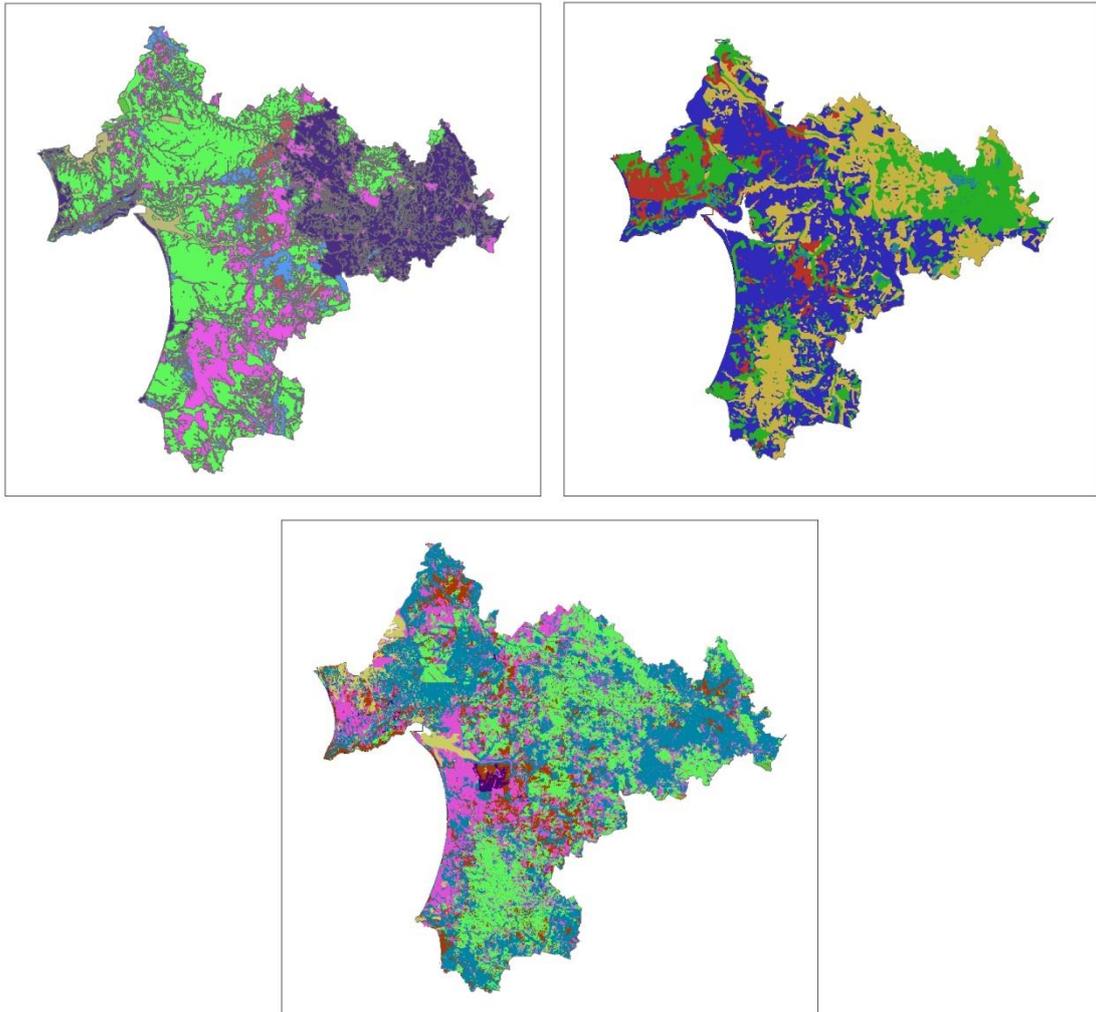


Fig. 8.9 - Análise de clusters, Carta das unidades ecológicas de referência (Fernandes e Guiomar, 2013), Carta Agrícola e Florestal de Folque (1910) e Carta de Ocupação do solo (COS90) corrigida e atualizada

Relativamente à análise do COS 90 observa-se um drástico aumento de áreas abertas (azul claro) e uma interrupção das áreas de sobreiro ou azinheira que, com algumas variações tipológicas constituiriam a vegetação natural da quase totalidade da área de estudo. Contudo é curioso observar que na Serra de Grândola e nos terrenos de arcoses que delimitam a bacia quaternária do Tejo Sado, onde a vegetação de referência, pela natureza do solo, corresponde a formações arbustivas, se verifica a ocupação dessas manchas por montados que garantem de alguma forma níveis de continuidade estrutural que, de outra forma teriam sido comprometidos.

Análise da evolução da conectividade associada aos corredores hidrológicos

Para esta análise realizou-se a comparação entre as estruturas de conectividade associada a corredores hidrológicos considerando como referência as formações ripícolas, halofílicas e palúdicas do plano de referência estável e comparando com as formações identificadas na Carta de Ocupação do Solo (Guiomar et al., 2009) como estando associada a esse tipo de formações (incluindo salinas, arrozais, sapais e estuários).

Da análise comparativa das Fig. 8.10 observa-se que se verificaram importantes perdas (cerca de 50% da área), essencialmente ao nível da rede fluvial mais fina, assim como a substituição de importantes áreas ripícolas e de várzea por actividades agrícolas com valor ecológico muito inferior (essencialmente arrozais).

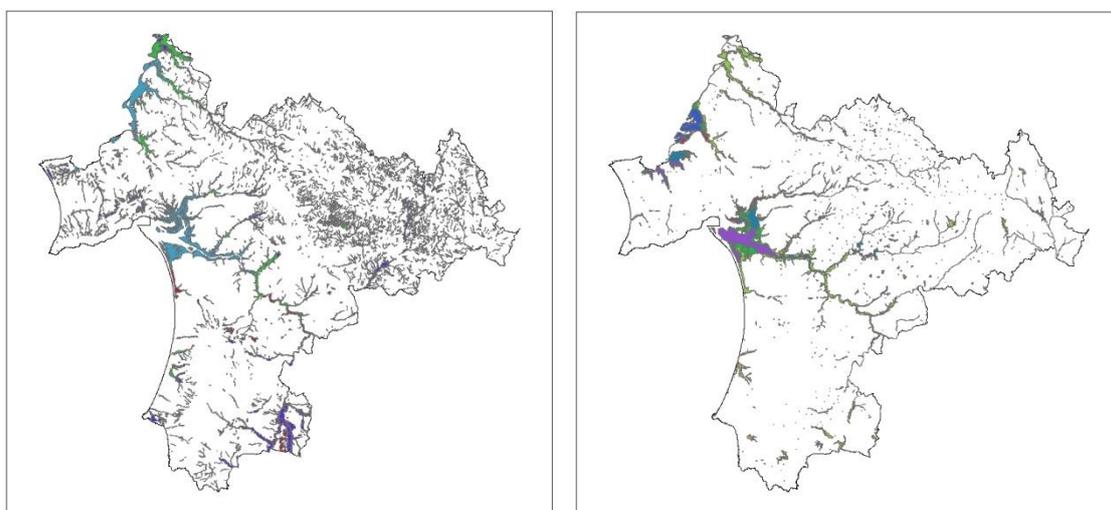


Fig. 8.10 - Comparação entre as formações ripícolas potenciais e as formações associadas a esses habitats actualmente existentes

As análises efectuadas permitiram verificar a utilidade destas abordagens metodológicas, mas também evidenciaram a necessidade de um aprofundamento mais detalhado dos procedimentos de análise de clusters de modo a diferenciar funções ecológicas específicas e não apenas semelhanças estruturais ou funcionais.

8.6 – Integração metodológica

Do que atrás ficou escrito e exemplificado, é compreensível a distinção de três tipos essenciais de caracterização das unidades ecológicas ou geográficas, particularmente quando consideradas a escalas detalhadas: *a aproximação estável, a aproximação circunstancial e a aproximação holística integrando em planos distintos as duas anteriores.*

No primeiro caso poderemos falar de classificação de geocenoses, dado se estar essencialmente a centrar a atenção sobre os factores físicos de cada local, partindo do princípio que tais factores determinarão (e serão determinados) fitocenoses potenciais distintas, pelo que poderão ser tomados como objectos centrais de uma caracterização "ideal" da estrutura do território.

A segunda aproximação, ao centrar a sua atenção sobre os habitats reais actualmente existentes, apresentando a vantagem de uma possibilidade directa de avaliação do seu valor genético e da sua funcionalidade espacial, apresenta a limitação particularmente importante de não representar os factores reais ou potenciais de evolução temporal envolvidos na determinação da estrutura em causa, pelo que constitui um fundamento muito limitado para os trabalhos de avaliação e gestão.

A aproximação integrada, procurando representar de forma distinta as componentes estáveis e as componentes circunstanciais, permite a determinação rigorosa dos factores que regulam os processos e as ocorrências circunstanciais, sendo portanto o único referencial informativo que permite, de forma perfeitamente clara determinar o grau de alteração que cada acção pode induzir num dado lugar, já que identifica os reguladores dessa dinâmica.

Torna-se portanto necessário saber como aproximar metodologicamente essa classificação.

O método mais expedito será, de acordo com os conhecimentos actualmente disponíveis e os dados existentes, o seguinte:

- 1 **Análise estrutural dos factores geocénóticos** (solo, morfologia, regime hídrico) definindo unidades funcionalmente homogéneas de acordo com estes factores.
- 2 **Subdivisão das unidades anteriormente definidas de acordo com o padrão circunstancial de uso** (ou a tipologia de coberto actual), permitindo a definição dos habitats actuais.
- 3 **Análise funcional das unidades estruturais resultantes**, nomeadamente em termos de funcionalidade biológica regional, do carácter dos habitats identificados e da sua valoração de acordo com o carácter e interesse dos habitats identificados.

Em termos práticos, poder-se-á, para escalas sub-regionais considerar os zonamentos definidos pela cartografia ecológica regional existente (Albuquerque, 1982 e/ou Girão 1933) e cruzá-los com a cartografia de tipologias de uso do solo elaborado no âmbito do projecto CORINE - Land Cover, definindo manchas de habitats de uso, relativamente às quais, é possível induzir as tipologias dominantes de habitats existentes (eventualmente susceptível de ser feita corresponder à tipologia de habitats naturais e semi naturais e semi naturais definidas no projecto CORINE - Biótopos e na Directiva Habitats) e proceder, conseqüentemente, a uma estimativa do valor e sensibilidade, fundamento de qualquer avaliação de impactes ecológicos.

A escalas mais detalhadas, a análise geocénótica pode fundamentar-se no zonamento básico dos solos constante (quando disponível) da Carta Complementar de Solos de Portugal à escala 1:25000, complementada com a informação geológica existente e zonamentos mais ou menos expeditos dos factores microclimáticos e dos factores morfológicos (Fernandes, 1991), sendo a fotografia aérea o suporte mais fiável para uma primeira aproximação do zonamento do uso. A calibração final das unidades terá, necessariamente de ser realizada através de trabalhos de campo.

Em termos informativos, particularmente nos domínios da avaliação dos impactes ecológicos (no sentido estrito das comunidades bióticas), qualquer das aproximações permite, para cada uma das escalas considerada uma aproximação bastante razoável ao valor e sensibilidade dos sistemas envolvidos. Naturalmente que a escala detalhada, ao permitir a realização de

avaliações estruturais, no sentido definido por exemplo por Forman et al. (1986), assegura um detalhe informativo muito mais rico e, particularmente, uma aproximação às relações envolvendo os sistemas faunísticos (os quais se referem a estruturas espaciais mais complexas e de mais difícil expressão espacial do que os sistemas florísticos), que não é possível se não em termos qualitativos e potenciais a escalas mais grosseiras.

Importa aqui realçar que o estudo dos sistemas faunísticos e dos impactes sobre estes implica uma tipologia de referenciação espacial distinta da que é necessária no caso dos estudos florísticos, já que o grau de resolução das tipologias de comunidades é, para a fauna, normalmente muito mais grosseiro do que para a flora (por exemplo, a distinção de prados segundo a espécie de gramínea dominante é muitas vezes irrelevante para muita da fauna que utiliza esse habitat, sendo muito mais relevante, por exemplo, a existência ou não de habitats funcionais complementares (de alimento, abrigo ou reprodução), os factores de acessibilidade e os factores de relação orla/interior de cada mancha de habitat).

Mas, mesmo neste domínio, o recurso ao nível holístico, ou seja às unidades ecológicas conjunturais actuais, pode demonstrar-se do maior interesse, ao permitir a caracterização da continuidade, por similitude estrutural e da complementaridade por integração para cada espécie objectivo dos Índices de aptidão do habitat (Habitat Suitability Indexes - HSI (Verner et al., 1985)).

As metodologias apresentadas demonstraram em condições diferenciadas a sua aplicabilidade ao processo de planeamento e gestão do território. Particularmente interessante provou-se a combinação dos dois planos de caracterização que permitiu chegar às seguintes conclusões:

A estrutura do presente quadro de uso é condicionada pela estrutura dos factores estáveis. Este condicionamento não é determinístico, consistindo antes num equilíbrio entre as necessidades ambientais de cada tipo de uso e os limiares de utilização de cada local: por exemplo a regularidade das formas e a vizinhança de recursos hídricos é mais determinante do que a fertilidade dos solos na distribuição dos usos agrícolas.

O carácter da organização estável e a sua organização espacial em matrizes, manchas e corredores não costuma ser, no essencial, contraditada pela organização do plano circunstancial.

O nível hierárquico de determinação da estrutura circunstancial pela estrutura estável é superior ao nível de diferenciação dos usos do solo/biótopos: o condicionamento apresenta um carácter mais geral do que a diversidade de caracteres e ocorrências locais (considere-se, por exemplo, os factores supraregionais de condicionamento de uma rede ecológica).

Bibliografia seleccionada

- Albuquerque, J.P.M., 1944 - Zonas Fito-climáticas e Regiões Naturais do Continente Português - Comunicação apresentada nas comemorações do II centenário do Nascimento da Brotero, Coimbra, 23-26 de Nov
- Albuquerque, J.P.M., 1954 - Carta Ecológica de Portugal - Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Ministério da Economia, Lisboa
- Allen, T.F.H.; Starr, T.B., 1982 . *Hierarchy Perspectives for Ecological Complexity* . The University of Chicago Press, Chicago
- Allen, T. F., & Hoekstra, T. W. (2015). *Toward a unified ecology*. Columbia University Press.
- Bailey, R. G. (2014). *Ecoregions: the ecosystem geography of the oceans and continents*. Springer Science & Business Media.
- Bailey, R.G.; Pfister, R.D.; Henderson, J.A., 1978 - Nature of Land and Resource Classification, a Review - *Journal of Forestry*, Vol. 76, No. 10, pp 650-656
- Burel, F.; Baudry, J.; Clargeau, O.; Constant, P.; Eybert, M.C.; 1992 - Approche spatiale des phénomènes écologiques: Échelles et Hiérarchie - *Bull. Ecol.* T. 23 (1-2), pp. 93 – 101
- Carcedo, F.J.A., 1987 - Introduccion a los Riesgos Geologicos - in "Riesgos Geologicos", Instituto Geologico y Minero de Espanha, Madrid, pp 3-19
- Cardoso, J.V.J.C., 1962 - Os Solos de Portugal, sua classificação, caracterização e génese, 1 - A Sul do Rio Tejo - Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Sec. de Estado da Agricultura, Lisboa
- Coelho, A.M.L.G., 1980 - A cartografia geotécnica no Planeamento Regional e Urbano. Experiência na Região de Setúbal - LNEC, Proc. 54/15/5301, Lisboa
- Daveau, S.; Coelho, C.; Costa, V.G.; Carvalho, L., 1977 - Répartition et rythme des précipitations au Portugal - *Memórias do Centro de Estudos Geográficos* nº 3, Lisboa
- De Groot, R.S., 1986 - A Functional Ecosystem Evaluation Method as a Tool in Environment Planning and Decision Making - Nature Conservation Department, Agricultural University, Wageningen
- Fernandes, J.P.; 1991 . *Modelo de Caracterização e Avaliação Ambiental aplicável ao Planeamento (ECOGIS/ECOSAD)* . PhD Thesis presented to the Universidade Nova de Lisboa, Lisboa
- Fernandes, J. P., & Cruz, C. S. (2011). Limpeza e gestão de linhas de água – pequeno guia prático. *Volume III, EPAL-Empresa Portuguesa das Águas Livres, SA*,
- Fernandes, J.P., & Guiomar, N. (2016). Environmental Ethics: Driving Factors Beneath Behavior, Discourse and Decision-Making. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 29(3), 507.
- Forman, R.T.T., 1995 – *Land Mosaics The ecology of landscapes and regions* – Cambridge University Press, Cambridge
- Forman, R.T.T.; Godron, M., 1986 - *Landscape Ecology* - J. Wiley and Sons, New York
- Frontier, S., Pichod-Viale, D., Leprêtre, A., Davoult, D., & Luczak, C. (2008). *Ecosystèmes. Structure, fonctionnement, évolution* (p. 558p). Dunod, 4ème édition, Paris
- Harper, J.L.; 1992 . Foreword . in Fiedler, P.L.; Jain, S.K. (ed.) *Conservation Biology*, Chapman and Hall, New York
- Holdridge, L.R.; 1967 - *Life Zone Ecology* - Tropical Science Center San Jose, Costa Rica

- Holling, C. S. 2001. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4(5), 390-405.
- Guiomar, N., Batista, T., Fernandes, J.P., Cruz, C.S., 2009. Corine Land Cover Nível 5 - Contribuição para a carta de uso do solo em Portugal Continental. AMDE, Évora.
- Julve, P., 1984 - L'evaluation ecologique des Paysages: Aspects theoriques et pratiques - Documents phytosociologiques, Vol VII, Lamerino, pp 95-103
- Machlis, G. E., J. E. Force, and W. R. Burch Jr.. 1997. The human ecosystem, part I: The human ecosystem as an organizing concept in ecosystem management. *Society and Natural Resources* 10:347–367.
- Meentemeyer, V.; Box, E.; 1987 . Scale effects in Landscape Studies . in Turner. M.G. (ed.) . *Landscape Heterogeneity and Disturbance* . Springer Verlag, New York, 15-34
- Noss, R.F.; Harris, L.D., 1986 - Nodes, Networks and MUMs: Preserving diversity at all scales - Environmental Management, Vol. 10, N. 3, pp. 299-309
- O'Neill, R. V. (1986). *A hierarchical concept of ecosystems* (Vol. 23). Princeton University Press.
- Phipps, M., 1985 - Théorie de l'information et problématique du paysage - in "Paysage et Système", Editions de l'Université d'Ottawa, Ottawa pp 59-74
- Pickett, S.T.A.; V.T. Parker; P.L. Fiedler, 1992 – The New Paradigm in Ecology: Implications for Conservation Above the Species Level – in Fiedler, P.L. e S.K. Jain (eds.) – *Conservation Biology: The Theory and Practice of Nature Conservation and Management* – Chapman and Hall, New York, pp 66-88
- Pickett, S.T.A.; R.S. Ostfeld; M. Shachak; G.E. Likens (eds.), 1997 – *The Ecological Basis of Conservation: Heterogeneity, Ecosystems, and Biodiversity* – Chapman and Hall, New York
- Pickett, S. T., & Cadenasso, M. L. (1995). Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. *Science*, 269(5222), 331.
- Remmert, H. (1991). The mosaic-cycle concept of ecosystems—an overview. In *The mosaic-cycle concept of ecosystems* (pp. 1-21). Springer Berlin Heidelberg.
- Ribeiro, O., 1984 - Portugal, o Mediterrâneo e o Atlantico - Livraria Sá da Costa Editora, Lisboa 4ª ed.
- Ribeiro, O.; Lautensach, H.; Daveau, S., 1987 - Geografia de Portugal, Edições Sá da Costa, Lisboa
- Scriven, M., 1994 . Evaluation as a Discipline . *Studies in Educational Evaluation*, Vol. 20, 147-166
- Turner, M.G.; 1989 . Landscape Ecology: The effect of Pattern and Process . *Annual Review of Ecology and Systematics* 20, 171-197
- Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). Landscape ecology in theory and practice (Vol. 401). New York: Springer.
- Turner, M. G., & Gardner, R. H. (2015). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer.
- Wiens, J. A., Chr, N., Van Horne, B., & Ims, R. A. (1993). Ecological mechanisms and landscape ecology. *Oikos*, 369-380.
- Wiens, J. A. (1989). Spatial scaling in ecology. *Functional ecology*, 3(4), 385-397.
- Wiens, J.A.1999. The science and practice of landscape ecology. Pages 371–383 in Klopach JM, Gardner RH, eds. Landscape Ecological Analysis. New York: Springer-Verlag
- Zonneveld, I.S., 1995. Land ecology: an introduction to landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation. SPB Academic Publishing, Amsterdam.