

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS EM GEOGRAFIA

2.1 - INTRODUÇÃO

A seguir será apresentado um resumo sobre as bases conceituais, teorias científicas, premissas e proposições relativas aos diagnósticos e prognósticos ambientais a ser considerada numa proposta de gestão do território.

A expressão organização espacial denota a distribuição ou organização dos objetos fixos ou das formas espaciais sobre a superfície da Terra. Conforme Santos [105], para se entender a organização espacial e sua evolução torna-se necessário que se interprete a relação dialética entre forma, função, estrutura e processo. A forma é o aspecto visível do objeto, referindo-se, ainda, ao seu arranjo, que passa a constituir um padrão espacial; a função constitui uma tarefa, atividade ou papel a ser desempenhado pelo objeto; a estrutura refere-se à maneira pela qual os objetos estão inter-relacionados entre si, não possui uma exterioridade imediata - ela é invisível, subjacente à forma, uma espécie de matriz na qual a forma é gerada; o processo é uma estrutura em seu movimento de transformação, ou seja, é uma ação que se realiza continuamente visando um resultado qualquer, implicando tempo e mudança.

Para esclarecer ainda mais sobre a apreensão do que vem a ser a organização espacial, Santos [105] afirma: *“Forma, função, estrutura e processo são quatro termos disjuntivos associados, a empregar segundo um contexto do mundo de todo dia. Tomados individualmente apresentam apenas realidades, limitadas do*

mundo. Considerados em conjunto, porém, e relacionados entre si, eles constroem uma base teórica e metodológica a partir da qual podemos discutir os fenômenos espaciais em totalidade.”

O termo região, do latim *regione*, dependendo do contexto, pode ser, por exemplo, uma grande extensão de terreno, ou território que se distingue dos demais por possuir características próprias, ou ainda, em análise matemática, o domínio de uma função (Novo Dicionário Aurélio).

Dependendo da corrente do pensamento geográfico, o termo região possui conceitos diferenciados. Contudo, basicamente o conceito de região está ligado à noção fundamental de variação de área. Neste conceito, formulado por Hartshorne, a área seria uma parcela da superfície terrestre, diferenciada pelo observador, que a delimita pelo seu caráter, isto é, a distingue das demais. Essa delimitação parte da escolha do observador, que seleciona os fenômenos enfocados. Em função dos dados selecionados e de sua abrangência desigual, a delimitação das áreas será diferente (Moraes [87]).

Pela Geografia Quantitativa, o termo região denota um conjunto de lugares onde as diferenças internas entre esses lugares são menores que as existentes entre eles e qualquer elemento de outro conjunto de lugares. As similaridades e diferencialidades entre lugares são passíveis de mensuração através de técnicas estatísticas (desvio-padrão, coeficiente de variação, análise de agrupamento) e matemáticas (funções, conjuntos, álgebras, etc).

Este conceito de região está intimamente relacionado com a primeira (estatística) e a segunda (modelos matemáticos) revoluções da Geografia Quantitativa, citadas por Openshaw [93], quando refere-se ao tema “Em direção à Geografia Computacional”. Para ele, está em curso a terceira revolução na geografia, que abrange algumas áreas como a neurocomputação e a cibernética¹

Na Geografia Quantitativa, a região torna-se uma *classe de área* constituída de vários indivíduos similares entre si. Várias classes de área organizam-se em um sistema classificatório, que por sua vez pode ser concebido de duas formas, a divisão lógica e o agrupamento. A divisão lógica é uma classificação caracterizada pela divisão sucessiva do todo. É um processo dedutivo, de cima para baixo (“top-down”), pressupõe uma visão pré-concebida do todo, o qual é subdividido analiticamente até chegar em suas partes componentes (indivíduos, objetos ou

¹ Norbert Wiener denominou de cibernética “a ciência do controle e comunicação nos animais e nas máquinas”. A cibernética não quer saber “O que é esta coisa?” mas “O que esta coisa faz?” (Ashby [05]; Naveh e Lieberman, [89]).

entidades). A classificação indutiva ou agrupamento (“bottom-up”) começa a partir do indivíduo e por agregação ou generalização crescente alcança o todo. É um procedimento por sínteses sucessivas, que não pressupõe conhecimento prévio do todo, o qual vai sendo obtido indutivamente agregando-se o conhecimento sobre as partes. Tanto a divisão lógica, que busca as diferencialidades, quanto o agrupamento, que busca regularidades, são meios complementares de se conhecer a realidade (Corrêa [28]).

A respeito das formas de “pensar” e “conhecer” a realidade não se pode deixar de citar as idéias de Lacoste [72]: *“O método que permite pensar eficazmente, estrategicamente, a complexidade do espaço terrestre é fundamentado, em grande parte, sobre a observação das intersecções e dos múltiplos conjuntos espaciais que se pode formar e isolar pela observação precisa de suas configurações cartográficas. Não se trata de intersecções de conjuntos teóricos, mas de conjuntos definidos, cada qual, não somente por seus elementos e por suas relações, mas também pelo traçado preciso de seus contornos cartográficos particulares. Cada um desses conjuntos não fornece mais do que um conhecimento extremamente parcial da realidade. De fato esses conjuntos espaciais são representações abstratas, objetos de conhecimento e ferramentas de conhecimento produzidos pelas diversas disciplinas científicas. Essas, no seu esforço de investigação da realidade, se adequam a uma espécie de divisão mais ou menos acadêmica do trabalho, cada uma delas privilegiando um modo de ver o mundo (a geologia, a climatologia, a biologia e, no que diz respeito às atividades humanas, a economia, a sociologia, a demografia, etc.) a ponto de traçar da realidade uma representação que negligencia todas as outras”.*

Qualquer que seja o procedimento de classificação, de cima para baixo ou de baixo para cima, parte-se do conhecimento dos atributos que melhor definem o todo ou as suas partes, ou melhor, que explicam o todo ou suas partes, de forma mais próxima da realidade, ou quase-real. Quando não estão disponíveis, parte-se da aquisição de dados que permitam caracterizá-los, ou seja, dos dados geradores da informação geográfica.

A informação geográfica está relacionada à existência de objetos com propriedades, que incluem sua localização no espaço e sua relação com outros objetos. Estas relações incluem os conceitos topológicos de vizinhança e pertinência, métricos de distância e de direção (p. ex.: “a norte de”, “acima de”). Apresenta uma natureza dual explícita e possui uma localização geográfica, expressa como coordenadas no espaço geográfico, e atributos descritivos, de natureza não-espacial, que podem ser armazenadas em um banco de dados.

De forma intuitiva, pode-se definir o termo espaço geográfico como uma coleção de localizações na superfície da Terra, sobre a qual ocorrem os fenômenos geográficos ou estão

presentes os objetos geográficos. Sendo um espaço localizável, o espaço geográfico é possível de ser cartografado (Dolfus [38]). Nesse sentido, os fenômenos geográficos denotam a manifestação dos eventos naturais e antrópicos que ocorrem no espaço geográfico, ou simplesmente espaço.

Os objetos geográficos, ou simplesmente objetos, são tudo o que existe na superfície da Terra, toda herança da história natural e todo resultado da ação humana (Santos [106]). Para ele: *“o espaço dos geógrafos leva em conta todos os objetos existentes numa extensão contínua, todos sem exceção. Sem isso, aliás, cada objeto não faz sentido”*.

Os objetos que constituem o espaço geográfico² estabelecem padrões de ocupação ao distribuírem-se sobre a superfície da Terra. Ao representá-los, o geoprocessamento procura determinar e esquematizar esses padrões e suas inter-relações, que por sua vez, podem assumir diferentes formas:

- correlação espacial - um fenômeno espacial (e.g. a topografia) está relacionado com o entorno de forma tão mais intensa, quanto maior for a proximidade de localização;
- correlação temática - as características do espaço geográfico são moldadas por um conjunto de fatores, por exemplo, o clima, as formações geológicas, o relevo, o solo, a vegetação formam uma totalidade interrelacionada, e desse modo, pode-se traçar pontos de correspondência entre o relevo e o solo ou o solo e a vegetação de uma área;
- correlação topológica - as relações topológicas como adjacência, pertinência e intersecção, permitem estabelecer os relacionamentos entre os objetos geográficos que são invariantes à rotação, à translação e à escala;
- correlação temporal: a fisionomia da Terra está em constante transformação, em ciclos variáveis para cada fenômeno, onde a paisagem ostenta as marcas de um passado mais ou menos remoto, apagado ou modificado de maneira desigual, mas sempre presente (Dolfus [38]).

² Para um aprofundamento sobre o tema espaço geográfico revertam-se Santos e Souza [107]. Neste trabalho são apresentados e discutidos por especialistas de diversas áreas do conhecimento o conceito de espaço.

2.2 - ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO: CONCEITOS E OBJETIVOS

De acordo com Ab'Saber [01], o conceito de zoneamento exige uma série de entendimentos prévios. Sua aplicação ou utilização em relação a um determinado espaço geográfico exige método, reflexão e estratégias próprias. Os princípios do zoneamento, quando aplicáveis a uma determinada área, necessitam de uma multidisciplinaridade plena, devido à pretensão de identificar as potencialidades específicas ou preferenciais de cada um dos sub-espacos ou sub-áreas do território em estudo. Para que sejam estabelecidas as bases desse processo, dentro de uma conjuntura, é necessário realizar uma pesquisa que apreenda a vocação de todos os sub-espacos que compõem um certo território e efetue o levantamento de suas potencialidades econômicas a partir de um enfoque ecodesenvolvimentista.

Para Carneiro e Coelho [21], o zoneamento pode ser conceituado como um instrumento para a ordenação de um sub-espaco que baseia-se num conjunto de interações e atitudes que, contrastando com a dinâmica dos processos naturais e sociais ocorrentes nesse sub-espaco, vão permitir a obtenção de princípios e parâmetros relativos à sua utilização.

O principal objetivo do processo de zoneamento, numa primeira instância, é realizar divisões e classificações do espaco, baseadas em fatores ecológicos, econômicos e sociais e, através do cruzamento dessas duas ordens de fatores, identificar diferentes zonas em regiões, com sua problemática específica, que serão objeto de proposta e diretrizes. Numa segunda instância, o processo de zoneamento, que deverá ocorrer com uma escala de maior detalhamento, visa a organização do espaco no interior de cada unidade, com indicação de áreas de preservação e das áreas liberadas à ocupação, obedecendo aos princípios de uma política ambiental, voltada para assegurar a eficiência produtiva dos espacos e preservar os fluxos vivos da natureza. (IBGE [61]).

O conceito de zona ecológico-econômica sintetiza duas dimensões básicas: a ecológica, que reflete as limitações e potencialidades do uso sustentado dos recursos naturais; e a econômica, que manifesta as aspirações de desenvolvimento humano das comunidades que habitam e exploram o território, também de forma sustentável. Usualmente utilizada como sinônimo de região, a zona ecológico-econômica possui alguns atributos que lhe são próprios:

- exprime o conceito geográfico de zonalidade, isto é, uma certa uniformidade ecológica em função da distribuição de energia na superfície terrestre;

- possui um perímetro bem definido no território, onde as normas de regulação do seu uso devem ser socialmente aceitas e cumpridas (Becker e Egler [10]).

Becker e Egler [10] dizem que: *“a elaboração do zoneamento ecológico-econômico pressupõe uma abordagem transdisciplinar, que considera, segundo uma hierarquia de escalas espaciais e temporais, a dinâmica do sistema ambiental e da formação sócio-econômica, estabelecendo interações e articulações entre seus componentes. . . a definição de zonas ecológico-econômicas deve ser resultante de uma metodologia integradora, de atualização permanente e em tempo real, o que só é possível hoje com o desenvolvimento de técnicas de coleta, tratamento e análise de informações, das quais devemos destacar os Sistemas de Informações Geográficas, que permitem o estabelecimento de relações espaciais entre informações temáticas georreferenciadas”*.

A realização do zoneamento depende do levantamento das informações geográficas, que por sua vez vão formar um banco de dados geográficos sobre o referido território que deve ser continuamente atualizado. Num processo de levantamento e atualização permanente dessas informações geográficas, parece evidente que a cada dia que passa maior será a quantidade e o detalhamento delas. É importante frisar que quando se fala em informação geográfica no contexto do zoneamento considera-se o todo, isto é, o ambiente (o natural e o sócio-econômico), mesmo porque não poderia ser diferente, considerando-se as premissas que orientam a sua concepção (identificação, constatação e avaliação da realidade territorial; processo dinâmico; enfoque holístico-sistêmico; critérios de sustentabilidade e temporalidade).

A partir da modelagem dos dados contidos nesse banco de dados geográficos e da combinação adequada das informações geradas a partir destes dados, são produzidas análises, diagnósticos e prognósticos ambientais que servirão de base para o zoneamento e fornecerão os subsídios à gestão do território. Tais produtos caracterizam-se por conterem informações integradas do território na forma de mapas e relatórios, segundo critérios de vulnerabilidade e potencialidade.

De acordo com Ross [100], quando se fala em diagnósticos ambientais é necessário pensar-se no todo (o natural e o social) e de que forma esse todo manifesta-se na realidade. Entendimentos parciais dessa realidade fatalmente induzem a erros ou decisões inadequadas.

2.3 - ANÁLISES E DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS

Qualquer que seja a metodologia utilizada nos diagnósticos ambientais, esta fornece a idéia de um processo classificatório ou organizacional, segundo critérios “ecológicos e econômicos”, de uma porção da superfície terrestre, ou melhor, de uma porção do *espaço dos geógrafos* (para citar Santos [106]), ou ainda do *estrato geográfico da Terra*, considerando-se também os efeitos do desenvolvimento social e econômico (para citar Grygoriev [56]).

Existem, na literatura, várias propostas metodológicas na perspectiva dos zoneamentos e dos planejamentos ambientais que são excelentes referências de âmbito nacional e que apresentam diferentes visões de abordagem do tema (Sanchez [104]; Almeida *et alii* [03], Moraes [88], Ross *et alii* [101] e Becker e Egler [10]). Também existem referências com objetivos similares tais como, os relatórios de qualidade ambiental, dentre os quais é importante destacar o trabalho de Monteiro, *et alii* [86] desenvolvido no Recôncavo Baiano e Regiões Limítrofes. Ainda que, diagnósticos ambientais, de concepção similar às propostas acima, privilegiem um ou outro ramo do conhecimento no âmbito das Geociências, em geral, tem em comum procedimentos metodológicos baseados em três enfoques: a) a forma de identificação dos sub-espacos, áreas ou sub-áreas; b) a abordagem sistêmica, consequência de uma fundamentação teórica-operacional Ecológica-Geográfica; e c) os níveis de aproximação, que trata da questão da escala.

2.3.1 - A FORMA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS

Em geral, em termos operacionais, estas metodologias utilizam o critério da divisão lógica (*top-down*) ou do agrupamento (*bottom-up*) para caracterizar as zonas ecológico-econômicas ou, áreas ou sub-áreas do espaço, conforme o objetivo. Ross [100] engloba estes procedimentos operacionais em dois grupos, os “land-systems” e as pesquisas ambientais multitemáticas.

Os procedimentos operacionais com a denominação genérica de *land systems* utilizam como referencial os padrões fisionômicos do terreno (padrões de paisagens ou *unidades de paisagens*) e geram como resultados produtos temáticos analítico-sintéticos. O espaço geográfico é constituído de diversas unidades de paisagem ou *land units* que retratam de forma integrada certas particularidades (climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, da cobertura vegetal, do uso da terra e sócio-econômicas) que as individualizam do entorno (Zonneveld [129]; Ross [100]).

Nas pesquisas ambientais multitemáticas são gerados múltiplos produtos temáticos disciplinares, uns com características analíticas e outros de síntese, sob uma orientação multi e inter-disciplinar. Numa primeira fase são gerados produtos temático-analíticos que tratam de forma setorizada os temas da natureza (climatologia, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e fauna) e da sócio-economia (demografia, qualidade de vida, legislação, uso da terra para fins de exploração econômica, estruturas regionais e urbanas). Posteriormente estes produtos são integrados de maneira a atender aos objetivos propostos (Ross [100]).

2.3.2 - GEOGRAFIA OU ECOLOGIA? HOLISMO E TEORIA DOS SISTEMAS

Como os diagnósticos ambientais envolvem estudos e pesquisas essencialmente interdisciplinares, as metodologias normalmente adotadas derivam das disciplinas que constituem as Geociências, Biociências e Ciências Sociais. Dentre elas destacam-se a Geografia e a Ecologia. Sobre este aspecto, Guerasimov [57] sugere que as investigações relacionadas ao uso racional dos recursos da biosfera, proteção e melhoramento do meio ambiente, denominadas atualmente ecológicas, devem efetuar-se em todos os ramos da ciência contemporânea, de forma integrada, pois possuem um sentido único: a ação recíproca do objeto que se estuda e seu meio natural íntegro.

Guerasimov [57] relatou ainda que é preciso esclarecer qual das disciplinas científicas estuda o meio ambiente, considerando-o como um conjunto de componentes abióticos, bióticos e de componentes naturais criados ou transformados pela sociedade. O enfoque é ecológico, quando se estuda as diferentes conexões deste meio “organizado”, através de diversas ciências. Porém, quando estes componentes fazem parte de um *todo* e o conjunto deles com seus vínculos recíprocos imprimem ao entorno uma determinada integridade, o estudo do próprio entorno é objeto de uma ciência autônoma, mais exatamente de um conjunto de ciências que deve ser a Geografia. Para ele, a Geografia deve ser a ciência potencial, para a análise integrada das diversas disciplinas científicas.

Antes de tratar de aspectos relativos à teoria dos sistemas e ao axioma holístico é importante rever alguns aspectos do objeto de estudo deste trabalho, ou seja, o espaço geográfico ou como disse Grygoriev [56], do estrato geográfico da Terra.

O estrato geográfico da Terra compreende: a crosta, a baixa atmosfera (troposfera e parte da estratosfera), a hidrosfera, o regolito (manto de solo), a cobertura vegetal e o reino animal. Os processos que nele atuam são devido às fontes de energia cósmica e terrestre. Os estudos do

estrato geográfico da Terra têm mostrado que suas partes são intimamente interconectadas e interrelacionadas, porém sem limites exatos. Constitui-se de uma estrutura de camadas, cujos componentes se interpenetram e são caracterizados por complexas diferenciações naturais de uma região para outra. Em termos de energia pode ser dividido em duas camadas; a) a externa, onde a maior fonte de calor é a energia solar; b) a interna, onde o calor é gerado pela transferência de radiação e outros processos análogos (Grygoriev [56]).

Segundo Grygoriev [56], a grande diversidade na composição e estrutura do estrato geográfico, aliada às características particulares dos processos que nele ocorrem, em constante interação, tornam possível, do ponto de vista filosófico, considerar o movimento característico do estrato geográfico, uma forma especial de movimento de massa, denominada de forma-específica-geográfica de movimento da matéria. Para ele, as subdivisões das ciências físico-geográficas intimamente relacionadas, estudam as leis que governam a estrutura e evolução dos elementos e componentes do estrato geográfico, ou seja, sua funcionalidade e que uma melhor investigação só pode ser realizada quando os efeitos do desenvolvimento social e seus modos de produção também são levados em consideração.

O intercâmbio de matéria-energia entre os componentes do estrato geográfico é constituído por processos inseparáveis, porém, diretamente opostos em termos de entrada e saída de matéria e energia e, da sua assimilação e desassimilação. No decorrer deste intercâmbio, uma porção de matéria e energia de um componente está sendo continuamente transferido para outro. Ao mesmo tempo, muda a composição das substâncias devido à assimilação por outros componentes e a massa básica de cada componente também muda, sob a ação de outros componentes, no decorrer das interações físico-químicas e em casos específicos, biofísicas e bioquímicas (Grygoriev [56]). Para ele, no decorrer do tempo, as sociedades e o estrato geográfico evoluem em complexidade e esta evolução tem sua força motriz nas trocas de energia e matéria. Diz ainda que, os avanços alcançados pela Geografia Física geraram o arcabouço teórico necessário à compreensão do homem e seu espaço, facilitando os processos de interferências, o manejo das paisagens naturais e o desenvolvimento econômico. Finalmente, afirma que na investigação de tais problemas é de grande importância o emprego da cibernética na análise quantitativa dos índices relativos à dinâmica e ao balanço de energia e matéria. Apesar das afirmações de Grygoriev [56] privilegiarem a parte física do espaço geográfico, elas permitem uma visão da superfície terrestre em termos de energia e matéria, que ajudará no entendimento dos assuntos que serão tratados a seguir.

Considera-se também relevante propiciar um entendimento mais formal dos termos conjunto, classe e sistema, citados anteriormente em diversas ocasiões. Estes são conceitos importantes que facilitarão a compreensão dos assuntos posteriores, principalmente no tópico sobre modelagem de dados em geoprocessamento.

Denota-se conjunto a uma lista ou coleção de elementos ou objetos distintos que conforme nossa visão ou conhecimento podem ser agrupados. Por exemplo, um conjunto de rios, letras, montanhas. (Naveh e Lieberman [89]).

Denota-se classe a um conjunto de elementos ou objetos caracterizados por um atributo comum. A escolha de atributos característicos e a classificação das coleções de objetos conforme estes atributos, são derivados de um processo de abstração. Por exemplo: a) uma rocha sedimentar pertence a uma classe de objetos identificados por atributos mineralógicos distintos; b) em um ecossistema, produtores, consumidores e assemelhados foram agrupados em classes distintas de elementos (plantas, animais, etc.) conforme seus atributos funcionais dentro do fluxo energia e matéria. (Naveh e Lieberman [89]).

Denota-se sistema a um conjunto de objetos, ou entidades, em um estado preestabelecido, interligado por relações mais estreitas do que aquelas que os elementos mantêm com seus ambientes. O conjunto de relações entre estes elementos e entre seus estados constituem a estrutura dos sistemas. Devido a estas relações, um sistema é sempre mais do que a soma de seus elementos; é um todo, uma unidade (Sachsse, 1971, *apud* Naveh e Lieberman [89]). Este conceito de totalidade, contendo qualidades emergentes do comportamento dos elementos do sistema como um *todo*, é a base do *Holismo*. Por exemplo: todos ou unidades são uma melodia, um poema, uma molécula de água, um sistema de números racionais, um sistema planetário, o estrato geográfico da Terra, etc. Não se presta atenção na estética lógica, física, psicológica, ou outras relações que constituem estes sistemas (Naveh e Lieberman [89]).

Tricart [120] comentou que a adoção do conceito de sistema pelas diversas disciplinas que compreendem a Geografia Física permite a integração de conhecimentos anteriormente isolados, sendo uma nova maneira de abarcar os problemas ambientais. Permite uma visão de conjunto do aspecto dinâmico e, por conseqüência, o desenvolvimento de novas pesquisas. Além disso, para ele, a Geografia Física compreendida desta maneira é um aspecto da Ecologia.

De acordo com Zonneveld³ [129], a ciência na qual a paisagem, suas características, suas inter-relações e gêneses são estudadas, pode ser denominada de “Ciência da Terra”, que na verdade é uma das formas da Geografia, a Geografia da Paisagem. O propósito dessa Ciência da Terra ou Ciência da Paisagem é o estudo do “caráter total de uma porção da Terra⁴”. A Ciência da Terra abrange as rochas, relevo, partículas dos solos, solos, água, clima, vegetação, flora, fauna, plantações e estruturas humanas e os próprios seres humanos, incluindo também o aspecto visual da terra (a paisagem), e nesse contexto, a Terra é composta de diferentes constituintes ou atributos, que por sua vez, podem ser de natureza complexa.

Para Zonneveld [129] esses atributos da terra não são simplesmente os constituintes da terra, eles são ao mesmo tempo os fatores que influenciam a paisagem e todos seus atributos, da mesma forma que são dependentes dessa influência. Portanto, a terra é o resultado de uma dinâmica, um sistema integrado de componentes vivos ou inanimados, incluindo o homem e sua atividade, no qual cada um influencia o outro de vários modos. Nessa conceitualização, o termo terra passa a ter o mesmo significado do termo geobiocenose, sendo o ecossistema, o sistema dinâmico que suporta a geobiocenose. Este autor disse ainda que a Ciência da Terra ou Ciência da Paisagem pode ser dividida em várias sub-disciplinas, são elas: a morfologia da paisagem, taxonomia ou classificação da paisagem, cronologia ou dinâmica da paisagem, corologia da paisagem e ecologia da paisagem. Dentre estas sub-disciplinas a ecologia da paisagem é crucial no âmbito de uma geografia holística da paisagem. Ou seja, a ecologia da paisagem é um aspecto do estudo geográfico que considera a paisagem como uma entidade holística, constituída de diferentes elementos, todos influenciando um ao outro, e isto significa que a Terra é estudada como o “caráter total de uma região” e não em termos dos aspectos separados dos seus componentes.

2.3.2.1 - HOLISMO

O axioma do holismo -“o todo é mais que a soma das partes”- foi dito pela primeira vez por Smuts (1926, 1971; *apud* Naveh e Lieberman [89]) e foi introduzido na Ecologia por Egler (1942; *apud* Naveh e Lieberman [89]) como um conceito sobre a ordem hierárquica da natureza. De acordo com este conceito, o universo é considerado como uma organização, um todo

³ No texto original Zonneveld [129] quando expõe estas idéias, faz referência a diversos autores tais como, Bobek e Schmithüsen (1967); Carol (1953, 1963); Trol (1950, 1966); Neef, 1967.

⁴ No texto original Zonneveld [129] utilizou uma expressão de von Humbolt, “Der Totalcharakter einer Erdgegend”.

ordenado em uma hierarquia de sistemas estratificados em vários níveis. Cada sistema de uma ordem superior é composto de sistemas de ordens inferiores e se caracteriza por possuir novas qualidades, atributos que são adicionados pelos níveis inferiores. Esta organização hierárquica é manifestada através de estruturas e processos complexos, de caráter relativamente estável, que partem desde os níveis físico-químicos (subatômicos e atômicos), passando pelos níveis dos sub-organismos e organismos biológicos, pelos níveis de integração dos super-organismos ecológicos e sociais, até alcançar os sistemas mundiais e galácticos (Naveh e Lieberman [89]).

A noção de totalidade é uma das mais fecundas que a filosofia clássica nos legou, constituindo em elemento fundamental para o conhecimento e análise da realidade. Para entendê-la, a primeira noção a ser considerada é a de que o conhecimento pressupõe análise e, a segunda, de que a análise pressupõe a divisão (Santos [106]).

2.3.2.2 - TEORIA DOS SISTEMAS, ORDEM E DESORDEM NA TERRA

A Teoria dos Sistemas, ou Teoria Geral dos Sistemas - TGS denota uma filosofia e teoria científica baseada na ordem hierárquica da natureza, abordando-a como sistemas abertos, com complexidade e organização crescente (Naveh e Lieberman [89]). Também pode ser definida como um conjunto de definições, postulados e proposições que tratam a realidade como uma hierarquia de organização integrada da energia e da matéria (Miller [85]; Naveh e Lieberman [89]).

De acordo com Grinker [55], a TGS é uma metateoria transdisciplinar, ou um arcabouço conceitual de uma teoria global que interliga e integra barreiras culturais e ideológicas, procedimentos normativos e quantitativos e procedimentos descritivos e qualitativos.

Para a identificação, avaliação e gestão de sistemas complexos como todos não é necessário o estudo detalhado dos dados individualizados – no caso das paisagens, o estudo das informações setorializadas como a geologia, biologia, hidrologia, sociologia, economia, etc., mas a identificação de suas interligações e interfaces com a realidade e suas relações estruturais, que são imperativas para compreensão dos sistemas complexos (Vester, 1980; *apud* Naveh e Lieberman [89]).

Um maior aprofundamento sobre o conhecimento da TGS pode ser obtido em Chorley e Kennedy [24], Christofolletti [25] e Naveh e Lieberman [89]. Nestas referências é apresentado extenso material bibliográfico sobre: grandeza dos sistemas, composição e classificação, funcionalidade, estabilidade, retroalimentação, entre outros.

A superfície terrestre é resultante de um balanço que ocorre através do tempo, entre as forças internas e externas que atuam em todo planeta. Quando as forças internas (vulcânicas, sísmicas e tectônicas) agem muito vagarosamente, numa intensidade constante, e contrapõem-se às forças externas (ação do clima e da gravidade), alguns aspectos da superfície da terra aproximam-se rapidamente a um estado de equilíbrio dinâmico com o ambiente. Adquirem uma certa ordem, demonstrando forte interdependência dos seus atributos e por isso podem ser analisados sob a ótica da teoria dos sistemas abertos. Outros aspectos, em função variações bruscas nesse confronto de forças (p. ex. erupções vulcânicas, terremotos, furacões, processos erosivos acelerados e outros eventos catastróficos), respondem muito lentamente a essas transformações e permanecem por longos períodos em estado de desequilíbrio, caracterizando uma desordem ou caos.

Ruxton [103] define o termo ordem na terra como uma distribuição regular ou aleatória de determinados atributos da superfície terrestre, e utiliza o termo desordem na terra para descrever os aspectos de uma área da terra nos quais nenhuma regularidade ou comportamento aleatório pode ser caracterizado.

Esta visão representa a abordagem conceitual utilizada nos estudos de classificação dos sistemas naturais por muitos e muitos anos. O compromisso de entender a ordem de um sistema segundo unicamente seus padrões de regularidade ou aleatoriedade, tem sido o arcabouço teórico mais familiar para tratar com a complexidade dos sistemas que envolvem as paisagens geográficas.

Nas últimas décadas, as disciplinas da física, da biologia e da matemática têm mostrado novas maneiras de perceber a “ordem” nos sistemas. Relaxando o compromisso com a noção mais familiar de ordem como apresentada por Ruxton, permite-se encontrar novas categorias de “ordem”, ordens que estiveram escondidas atrás das noções de regularidade e aleatoriedade (Bohm and Peat 1987, *apud* Naveh e Lieberman [89]).

As novas ferramentas para observar os sistemas considerando estas novas “ordens”, passam a incluir métodos, conceitos e formalismos como a Teoria do Caos, a geometria do caos ou fractais, a teoria de sistemas dinâmicos não-lineares, os autômatos celulares, os sistemas com auto-organização, entre outros (Oppenshaw [94]). O arcabouço filosófico e conceitual que dá sustentação a abordagem “holística” tradicional, pode ser repensado à luz destas novas possibilidades de entendimento dos sistemas naturais, particularmente um novo olhar sobre o

axioma básico do holismo – “o todo é mais que a soma das partes”, buscando redefinir o que é o “todo” e o que são as “partes” e suas interações.

2.3.3 - ESCALA E EXATIDÃO GEOMÉTRICA

Sob o ponto de vista cartográfico, quando se planeja uma carta torna-se necessário escolher em que escala esta carta será construída. Esta escolha varia em função de dois critérios: a) finalidade, que determina a escala; b) conveniência, onde a escala determina a construção da carta (Oliveira [92]).

Do ponto de vista geográfico, dada as diferentes grandezas dos fenômenos geográficos, a escolha da escala está relacionada com a representação mais adequada da realidade considerando-se o grau de aprofundamento da análise. Na visão de Lacoste [72] é preciso classificar essas diferentes categorias de conjuntos espaciais em função de seus diferentes tamanhos e não em função das escalas de representação. Desta forma, pode-se ordenar a descrição e o raciocínio geográfico em diferentes níveis de análise espacial que correspondem às diferentes ordens de grandeza dos objetos geográficos.

No contexto dos diagnósticos ambientais, o geoprocessamento permite utilizar várias possibilidades de representações das diferentes ordens de grandeza da realidade, que podem ser tanto os diversos níveis de análise espacial e raciocínios geográficos durante a fase de tratamento das informações, quanto os critérios de finalidade e conveniência na escolha da escala, durante a fase de representação das sínteses.

Com relação à preocupação em preservar a qualidade geométrica dos documentos cartográficos a serem utilizados nos diagnósticos ambientais, Brasil [13] fornece orientações importantes, principalmente aquelas relativas ao Decreto N° 89.817 de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional e onde é indicado o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC que devem obedecer as cartas no que diz respeito a planimetria. As instruções dizem que *“90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica-Planimétrico estabelecido”*, além de indicarem que: *“o erro padrão isolado num trabalho cartográfico não ultrapassará a 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica”*. Seguindo as mesmas instruções, a exatidão planimétrica das cartas Classe A é definida da seguinte maneira: o Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico é de 0,5 mm e o Erro Padrão isolado é de 0,3 mm, ambos na escala da carta. Por

exemplo, para uma escala de 1:250.000, o erro máximo tolerado é de 125 m para o Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico e de 75 m para o Erro Padrão isolado, respectivamente.

2.3.4 - SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO

A seguir são apresentados alguns sistemas de classificação da superfície terrestre que, de maneira diferenciada, fundamentam ou influenciam as metodologias de diagnósticos ambientais desenvolvidas no País.

Bertrand [11] discute o conceito de paisagem sob o ponto de vista de uma geografia global, integrando à paisagem natural, todas as implicações da ação antrópica, o que o autor denomina de paisagem total.

A paisagem para Bertrand [11] denota o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em contínua evolução.

A noção de escala é inseparável do estudo das paisagens. As escalas temporo-espaciais de inspiração geomorfológica, foram utilizadas como base geral de referência para representar todos os fenômenos geográficos. Além disso, cada disciplina especializada no estudo de um aspecto da paisagem se apoia em um sistema de delimitação mais ou menos esquemático, formado de unidades homogêneas e hierarquizadas, que se encaixam umas nas outras (Bertrand [11]).

Com relação à delimitação das paisagens, Bertrand [11] comenta que todas as delimitações geográficas são arbitrárias e é impossível achar um sistema geral do espaço que respeite os limites próprios para cada ordem de fenômenos. Para ele, pode-se vislumbrar uma taxonomia das paisagens com dominância física sob a condição de fixar desde já seus limites:

- a delimitação é somente um meio de aproximação com a realidade geográfica;
- é preciso procurar talhar diretamente a paisagem global tal qual se apresenta, sendo que a delimitação será mais grosseira, porém, as combinações e as relações entre os elementos e os fenômenos de convergência aparecerão mais claramente e neste caso, a síntese substitui a análise;
- o sistema taxonômico deve permitir classificar as paisagens em função da escala, numa dupla perspectiva do espaço-tempo e, em um mesmo sistema taxonômico, os elementos climáticos e estruturais são básicos nas unidades superiores e os elementos biogeográficos e antrópicos nas unidades inferiores.

Bertrand [11] propõe então um sistema de classificação que comporta seis níveis temporo-espaciais divididos em duas unidades, superiores e inferiores.

As unidades superiores correspondem na realidade as grandes zonas climato-botânicas: a) Zona - está ligado ao conceito de zonalidade planetária (p. ex., zona temperada, zona tropical), ou seja, é latitudinal e definida primeiramente pelo clima e seus grandes biomas; b) Domínio - corresponde às unidades de segunda grandeza (p. ex., domínio dos cerrados, domínio das caatingas).; e c) Região Natural - situa-se entre a terceira e quarta grandeza (p. ex., a região dos cocais).

As unidades inferiores representam a subdivisão da Região Natural, foram definidas 3 entidades: a) Geossistema - acentua o complexo geográfico e a dinâmica; b) Geofácies - é uma subdivisão do geossistema, corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo e desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema; e c) Geótopo - é o último nível da escala espacial, é a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível no terreno.

Entende-se que, diferentemente de Sotchava [114] [115], a proposta de classificação de Bertrand [11] considera que os termos geossistema e geótopo equivalem-se na Ecologia aos termos ecossistema e ecótopo, respectivamente.

Para Sotchava [114] [115] um geossistema é uma classe peculiar dos sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados. Considera a Terra o ambiente geográfico ou o geossistema planetário, que se divide em inúmeros domínios. Propôs uma classificação baseadas nos axiomas apresentados a seguir.

- O meio natural organiza-se em termos de hierarquias funcionais - os geossistemas, que se dividem em partes, geossistemas de classes diversas e subsistemas, entre as quais se estabelecem relações simultâneas.
- Leis correspondentes atuam em restritas extensões limítrofes, onde cada categoria de geossistema possui seu espaço paramétrico e segundo a generalidade pode ter três ordens dimensionais: a planetária, a regional e a topológica.
- Os geossistemas apresentam-se simultaneamente sob diferentes aspectos em relação às raízes estruturais e às transformações de estado, subordinadas a uma invariante. As modificações desta, junto com todos os elementos de sua estrutura, procede diante da evolução dos geossistemas. As diversas transformações no estado dos geossistemas face à invariante permanente, significam a sua dinâmica.

- Na caracterização do meio natural, verifica-se a convergência de dois princípios: a homogeneidade e a diferenciação. Todas as classes de geossistemas com estrutura homogênea chamam-se geômeros e os de estrutura diferenciada são chamados de geócoros.

A Tabela 2.1 ilustra o princípio bilateral da classificação de Sothava e sua divisão taxionômica.

Tabela 2.1: DIVISÃO TAXIONÔMICA DOS GEOSSISTEMAS

<i>Fileira dos Geômeros</i>	<i>Ordem Dimensional</i>	<i>Fileira dos Geócoros</i>	
Perspectivas dos Tipos do Meio Natural	PLANETÁRIA	Zona Físico-geográfica	
Tipos de Meio Natural (tipos de paisagens)		Grupos de Regiões Físico-Geográfica	
Classe dos Geomas		Subcontinentes	
Grupo dos geomas	REGIONAL	Regiões Físico-Geográfica	
Subgrupo dos Geomas		Com Latitudes Zonais	Com Zoneamento Vertical
Geoma		Subzona Natural	Província
Classe dos Fácies		Província	
Grupo dos Fácies	TOPOLÓGICA	Macrogeócoro (Distrito)	
Fácies		Topogeócoro	
Áreas homogêneas elementares (Biogeocenoses)		Mesogeócoro	
		Microgeócoro	
		Áreas diversificadas elementares	

Modificado de Sothava [115]

Segundo Sothava [114] [115], em uma classificação de geossistemas, de maneira visual ou experimental, a área homogênea é o ponto de partida para a classificação. As áreas homogêneas similares unem-se no fâcies, considerando também o princípio de homogeneidade. Daí para as generalizações, às classes superiores vão se superpondo em grupos de fâcies, classes de fâcies, geomas, etc., até formarem em sua totalidade a classificação da fileira dos geômeros. Tanto as duas fileiras, os geômeros e os geócoros são independentes, quanto são interdependentes em pontos definidos.

Apesar de ser um tanto confusa as relações entre as duas fileiras de classificação, entende-se que sendo os geômeros as áreas homogêneas básicas e os geócoros as áreas heterogêneas básicas, a interdependência entre os dois ocorre quando os geócoros representam agrupamentos de geômeros.

Penteado [95] apresenta uma discussão interessante sobre o sistema de classificação de Sotchava [114] [115], na qual, sem ter a pretensão de aplicar a referida classificação, procura, com alguns exemplos, correlacionar unidades naturais e regiões físico-geográficas brasileiras com a fileira dos geômeros.

Da mesma maneira, Tricart e KiewietdeJonge [121] tecem comentários à proposta de Sotchava [114] [115], dizendo que o geossistema difere de um ecossistema porque leva em consideração as interações físico-químicas, mudanças antropogênicas, além de ser definido espacialmente e verticalmente.

Tricart [120] propôs uma metodologia para classificação do ambiente com base no estudo da dinâmica dos ecótopos, a qual denominou de ecodinâmica. A premissa básica é que a dinâmica do ambiente onde incluem-se os ecossistemas é tão importante para a conservação e o desenvolvimento dos recursos ecológicos, quanto para a dinâmica das próprias biocenoses. O conceito de ecodinâmica está intimamente relacionado ao conceito de ecossistema, ou seja, baseia-se na abordagem sistêmica e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia-matéria no ambiente.

Sendo a morfogênese a componente mais importante da superfície terrestre, a ótica da dinâmica deve ser o ponto de partida para um sistema de avaliação, orientando para uma classificação dos ambientes em dois níveis taxionômicos. Esta classificação é baseada na relação morfogênese/pedogênese, sendo que o primeiro nível de classificação refere-se ao aspecto da instabilidade ou não, e o segundo nível refere-se à resolução temporal. São identificados três grandes tipos de ambientes morfodinâmicos, em função da intensidade dos processos atuais, a saber: ambientes estáveis, ambientes intergrades e os ambientes fortemente instáveis (Tricart [120]).

Nos ambientes estáveis a evolução do modelado é lenta e os processos mecânicos atuam pouco e de modo lento. A dominância é da pedogênese, sustentada por transformações químicas. Os meios morfodinamicamente estáveis encontram-se em regiões dotadas das seguintes condições: a) cobertura vegetal suficientemente fechada para opor um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese; b) dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem sapeamentos vigorosos e com vertentes de lenta evolução; c) ausência de manifestações vulcânicas susceptíveis de desencadear paroxismos morfodinâmicos de aspectos moderadamente catastróficos (Tricart [120]).

Os ambientes intergrades representam a transição entre os ambientes estáveis e os ambientes instáveis. O que caracteriza esses ambientes é a interferência permanente da morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço, variando em aspectos qualitativos (processos morfogênicos) e quantitativos (balanço pedogênese/morfogênese). A caracterização desses ambientes apresenta limitações no que diz respeito à mensuração e também são delicados e susceptíveis aos fenômenos de amplificação, transformando-se rapidamente em ambientes instáveis cuja exploração fica comprometida. Os meios intergrades, como as zonas de transição biogeográficas, são particularmente cambiantes, especialmente sensíveis às influências que modificam localmente as modalidades dos processos. A cobertura vegetal no balanço pedogênese/morfogênese assume grande importância (Tricart [120]).

Nos ambientes fortemente instáveis a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, além de ser o fator determinante do sistema natural ao qual outros elementos estão subordinados. As deformações tectônicas comandam todos os processos nos quais intervém a gravidade, favorecendo a dissecação das áreas elevadas com incisão dos cursos d'água e crescimento correlato dos declives das encostas. A degradação antrópica se associa às causas naturais, acentuando a ativação morfodinâmica. Fenômenos catastróficos, isto é, os que associam efeitos importantes e uma ocorrência esporádica, causam a destruição dos solos preexistentes colocando em evidência materiais virgens de toda pedogênese: conduzem a uma retomada nova, brutal e radical (Tricart [120]).

Outra forma de classificação é a de Zonneveld [129] [130] que propõe o estudo das paisagens do espaço geográfico, considerando-as como entidades holísticas constituídas de diferentes elementos que influenciam uns aos outros, são as unidades de terra (*land units*), também denominadas de unidades de paisagem (*landscape units*). Nesta proposta a classificação pode ser realizada em dois níveis, o topológico, que trata dos fluxos de energia e relações entre os elementos que compõe as unidades de paisagem (heterogeneidade vertical) e o corológico que trata das relações entre as unidades de paisagem (heterogeneidade horizontal). Do ponto de vista corológico, foram definidos os níveis hierárquicos, apresentados na Figura 2.1 e descritos a seguir.

- O Ecótopo – *land unit* é a menor unidade de terra holística, caracterizada pela homogeneidade de pelo menos um dos atributos da terra na geosfera - atmosfera, vegetação, solos, relevo, rocha, água e assim por diante – e com muito pouca variação nos outros atributos.

- O Fácies da Terra – *land facet* é uma combinação de ecótopos, formando um padrão de relações espaciais no qual as propriedades de pelo menos um dos atributos dos ecótopos estejam intimamente relacionadas.
- O Sistema de Terra – *land system* é uma combinação de fácies que formam uma unidade de mapeamento adequada numa escala de reconhecimento.
- A Paisagem Principal – *main landscape* é uma combinação de sistemas de terra numa região geográfica.

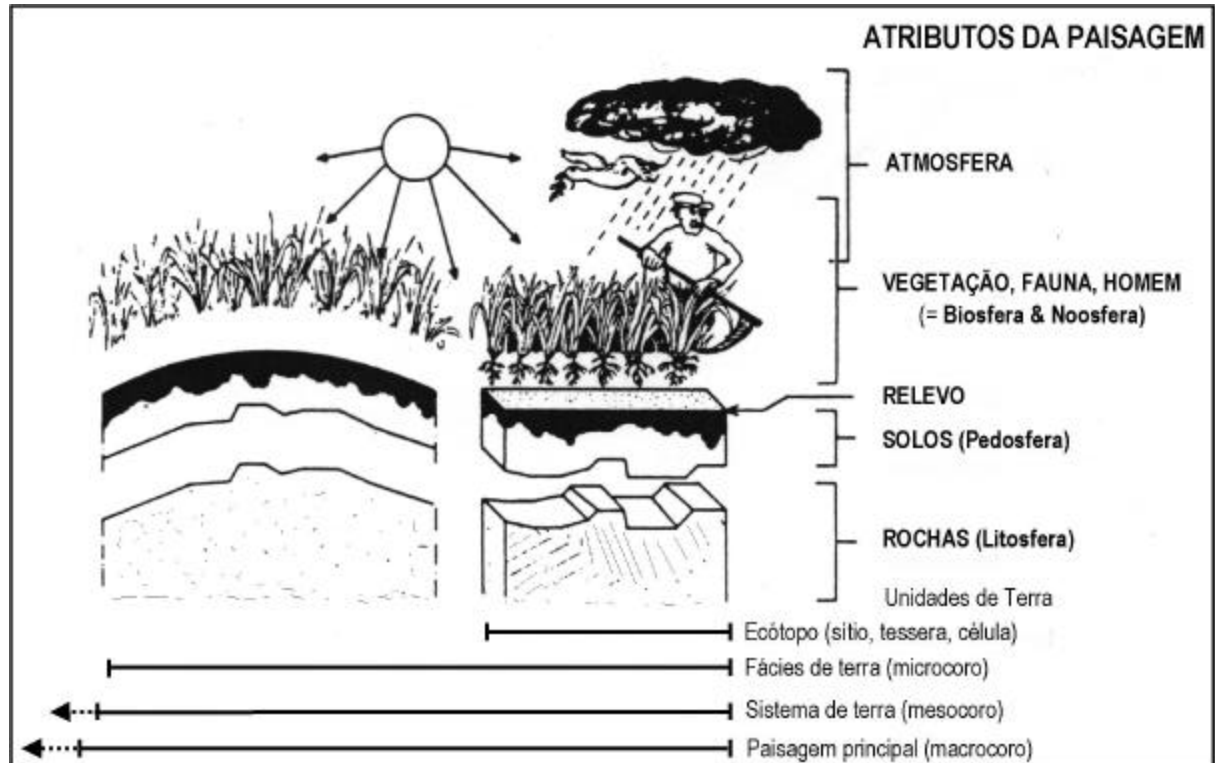


Figura 2.1. Ecótopo e níveis hierárquicos (Adaptado de Zonneveld [130]).

Zonneveld [129] [130] afirma ainda que é mais prático descrever as unidades combinando-se os sistemas de classificação tradicionalmente utilizados para descrever os atributos da paisagem, isto é, a taxonomia de relevo, solos, vegetação, uso da terra e, se for possível ou desejável, de clima e hidrologia, incluindo-se as informações de flora e fauna. Também enfatiza que este tipo de descrição não indica que as unidades de paisagem sejam a soma destes atributos separadamente, que trata-se somente de uma forma de descrevê-las utilizando-se as taxonomias e simbologias conhecidas.

Ross [100] entende que os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a ação antrópica. Desta forma, o zoneamento ambiental deve ser elaborado a partir de procedimentos

metodológicos que englobem a compreensão das características da dinâmica do ambiente natural e do meio sócio-econômico, isto é, deve buscar o entendimento da funcionalidade destes ambientes. Neste contexto, as proposições de zoneamento ambiental devem vislumbrar, não só o conhecimento dos recursos naturais (geologia, solos, vegetação, fauna, água, clima, etc.) mas também de suas potencialidades. Devem refletir a integração dos conhecimentos destas disciplinas técnico-científicas, baseando-se sempre no princípio de que a natureza apresenta uma funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas e desta maneira, ser possível avaliar a fragilidade destes ambientes.

Ross [99] ao analisar as fragilidades dos ambientes inseriu novos critérios para definir as unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis preconizadas por Tricart [120]. As unidades ecodinâmicas instáveis ou de instabilidade emergente referem-se àquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais. As unidades ecodinâmicas estáveis ou de instabilidade potencial são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se em seu estado natural. Para ambas as unidades foram atribuídas cinco níveis de instabilidade: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte.

A análise empírica da fragilidade é realizada a partir de produtos cartográficos temáticos (de geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia, vegetação, uso da terra) e seus respectivos relatórios técnicos, obtidos através de levantamentos de campo e serviços de escritório e seguindo-se as seguintes orientações (Ross [99]):

- a carta geomorfológica juntamente com a análise genética é um dos produtos intermediários para a construção da carta de fragilidade. Para análise em escalas médias e pequenas (1:50.000, 1:100.000, 1:250.000) utiliza-se como base de informação os padrões de forma de relevo com a rugosidade topográfica ou os índices de dissecação do relevo. Para análise em escalas grandes ou de detalhe (1:2.000 até 1:25.000) utiliza-se as formas das vertentes e as classes de declividade;
- a carta de solos utiliza os critérios de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, profundidade/espessura dos horizontes superficiais e sub-superficiais. Tais características estão relacionadas com o relevo, litologia, clima, elementos motores da pedogênese e fatores determinantes das características físico-químicas;
- a carta de vegetação e uso da terra é utilizada para avaliar o grau de proteção dos solos pela cobertura vegetal, onde as áreas de florestas naturais fornecem um grau

de proteção muito alto, contrapondo as áreas de solo exposto e de culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas, cuja proteção é baixa ou nula;

- para o clima, os dados mais importantes referem-se a intensidade e distribuição das chuvas.

Além destas orientações, Ross [99] sugere que as pesquisas básicas associadas à erosão dos solos, muito utilizadas nas práticas agrícolas conservacionistas, podem ser usadas na determinação da fragilidade como um suporte quantitativo à análise, até então feita de maneira qualitativa.

Também apoiados no conceito de ecodinâmica (Tricart [120]), Crepani *et alii* [31] basearam-se na relação morfogênese/pedogênese e no aspecto sinótico-holístico-repetitivo fornecido pelas imagens de sensoriamento remoto, para propor uma metodologia de análise da vulnerabilidade dos ambientes naturais e antrópicos, cujos passos operacionais são apresentados a seguir:

- o primeiro passo é a elaboração de um mapa preliminar contendo unidades homogêneas, obtido através da análise e interpretação⁵ com enfoque multidisciplinar de imagens TM-LANDSAT (composição colorida das bandas 3, 4 e 5), considerando-se os padrões fotográficos identificados pelas variações de cores, textura, forma, padrões de drenagem e relevo;
- no segundo passo é a realização de associações das informações temáticas auxiliares preexistentes (mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de cobertura vegetal e dados climatológicos) com o mapa preliminar de unidades homogêneas para caracterizar tematicamente as unidades ambientais ou de paisagens;
- finalmente, é realizada uma classificação do grau de estabilidade ou vulnerabilidade de cada unidade ambiental, segundo as relações entre os processos de morfogênese e pedogênese e a vulnerabilidade é expressa pela atribuição de valores de estabilidade (de 1 a 3, num total de 21 valores) para cada unidade ambiental.

Comparativamente, os procedimentos de Ross [99] e de Crepani *et alii* [31] partem do mesmo princípio – a ecodinâmica (Tricart [120]) para delimitar áreas no contexto dos diagnósticos ambientais. Estas áreas podem ser denominadas de unidades homogêneas

⁵ É fortemente recomendado que a análise e interpretação das imagens para identificação das áreas homogêneas, bem como as outras etapas sejam realizadas simultaneamente pelos vários componentes (geólogos, geógrafos físicos e humanos, biólogos, florestais, agrônomos, economistas, sociólogos, etc.) de uma equipe multidisciplinar.

complexas, por utilizarem diversos atributos (rocha, relevo, solo, cobertura vegetal, uso, etc.) para caracterizá-las. A principal diferença está na operacionalização dos métodos: Ross [99] utiliza um procedimento de classificação do espaço geográfico por divisão, quando parte da análise (multidisciplinar) dos temas isoladamente até chegar nas unidades homogêneas complexas (a síntese); Crepani *et alii* [31], utilizam um procedimento de classificação por agrupamento ou agregação, quando identificam inicialmente as unidades homogêneas complexas, a partir de produtos (“âncora”) sinópticos-integrados que são as imagens de sensoriamento remoto e depois agregam os atributos multitemáticos que caracterizam tais unidades. Também pode-se dizer que os procedimentos de Crepani *et alii* [31] representam uma adaptação da proposta de Zonneveld [129] [130] e utilizam a ecodinâmica (Tricart [120]) como o critério de classificação.

No decorrer deste trabalho, certa importância será atribuída à proposta de Crepani *et alii* [31] por estar incluída no detalhamento metodológico, proposto por Becker e Egler [10], das diretrizes metodológicas do Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal – PZEEAL (SAE/PR [110]). Desta forma, para evitar redundâncias, omite-se agora as discussões sobre as referidas propostas metodológicas, que serão retomadas oportunamente em seções que se seguem.

Além do que foi apresentado aqui, existem outras abordagens ecológico-geográficas para classificação do ambiente sob a ótica do planejamento ambiental e ordenação do território. Entretanto, acredita-se que o referencial teórico apresentado até o momento é suficiente para atender o objetivo deste trabalho. Um aprofundamento no assunto pode ser feito com a leitura dos seguintes livros: a) um com viés “geográfico”, ***Ecogeography and Rural Management***, Tricart e KiewietdeJonge [121], que apresenta uma excelente discussão sobre diversos procedimentos para o estudo integrado do ambiente; e b) outro, com viés “ecológico”, ***Landscape Ecology: Theory and Application***, de Naveh e Lieberman [89], que além de apresentar diversos exemplos de metodologias para análise da capacidade de uso das terras e para avaliação das paisagens em termos de planejamento, discute todo o arcabouço teórico da ecologia da paisagem.

2.3.5 - APLICAÇÕES

A seguir, apresenta-se algumas aplicações importantes no contexto dos diagnósticos ambientais no País e que de uma maneira ou de outra, setORIZADA ou sincronizada, total ou parcialmente, utilizaram os aspectos teórico-metodológicos apresentados.

Com o início das atividades do Projeto RADAM nos anos 70, na Região Amazônica, o Brasil passou a dispor de um valioso conhecimento de seus recursos naturais e da possibilidade de seu uso. O Projeto RADAM teve como objetivo executar o levantamento sistemático dos recursos naturais da Amazônia com base nas imagens de radar aerotransportado. A ele competia essencialmente:

- o mapeamento de recursos naturais na escala 1:1.000.000, relativo aos temas: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, aptidão agrícola, uso potencial da terra e subsídios ao planejamento regional;
- identificar e selecionar áreas que, de acordo com sua vocação natural, reunissem condições favoráveis ao aproveitamento dos recursos naturais;
- criar uma memória, no âmbito de recursos naturais, do território amazônico, com uso da informática.

Adotando uma visão uniforme em nível regional, os recursos naturais da Amazônia foram objeto de levantamentos e estudos através de equipes técnicas multidisciplinares.

O trabalho do Projeto RADAM pode ser visto como sendo de alto nível de generalização, tendo em vista a metodologia adotada e a amostragem dos itens de trabalho de campo. As dificuldades de acesso às áreas cobertas por densas florestas, praticamente desabitadas, condicionaram um grau elevado de extrapolações para ambientes similares, dos dados obtidos nos pontos verificados no campo.

O Mapa do Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal - ZOPOT (IBGE [62]), apresentado na escala 1:2.500.000, mostra, em escala restrita, o planejamento do uso dos grandes espaços amazônicos, o potencial relativo dos recursos de solos, florestais, minerais, não tendo compromisso com a componente ambiental em termos da indicação de unidades de conservação e preservação, nem com a vulnerabilidade daqueles espaços em função do uso e aproveitamento de recursos sob uma visão holística e sistêmica.

Também de caráter regional podem ser citadas algumas iniciativas estaduais tais como: o Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico realizado no Estado de Rondônia, descrevendo a primeira aproximação do Plano Agropecuário Florestal de Rondônia. (ITEROM [67]), apresentado na escala de 1:1.000.000; e o Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso, na escala 1:2.000.000 (primeira aproximação - Fundação de Pesquisa Cândido Rondon [49]).

Outro programa importante no âmbito dos zoneamentos é o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro –PNGC , concebido e implantado através da Lei No 7661, de 16 de março de 1988. Este plano prevê três instrumentos de ação: 1) criação de um Sistema Nacional de Informações do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO), composto de um banco de dados georeferenciado, e de uma rede informatizada, ligando todos os dezessete estados litorâneos à coordenação nacional; 2) a implementação de um programa de zoneamento costeiro, executado de forma descentralizada pelos órgãos estaduais de meio ambiente e de planejamento; 3) a elaboração, também descentralizada e participativa, de planos de gestão e programas de monitoramento, incluindo-se a esfera municipal. A metodologia proposta para o zoneamento previa uma padronização da escala de 1:100.000, onde a produção de mapas temáticos, com base nos levantamentos físicos-bióticos e sócio-econômicos, deveria obedecer os recortes de 30' x 30', da Carta do Brasil. Os resultados dos levantamentos previam a elaboração de cartas temáticas diversas, que adequadamente sobrepostas gerariam as cartas de dinâmica ambiental e dinâmica econômica e por fim uma carta de uso projetado. Com a transferência do PNGC da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – CIRM para o IBAMA, ocorreu uma reavaliação geral do PNGC na qual foi proposta uma simplificação da metodologia baseada nas seguintes orientações: a) abandonar a quadrícula e a escala padrão, deixando a padronização apenas para os resultados finais do trabalho de zoneamento; b) abandonar a obrigatoriedade de apresentação das cartas temáticas, e flexibilidade na escolha dos temas de acordo com a realidade estudada; c) definir uma setorização da costa, numa compatibilização com as divisões existentes, no sentido de conjugar dados e ações de planejamento interestadual, no aproveitamento de critérios socioculturais e da própria vivência do técnico; d) definir uma clara opção pelo ordenamento do uso e ocupação da área terrestre, incorporando, a critério do estado, áreas oceânicas de influência direta; e) redução dos resultados cartográficos, passando de resultados unitemáticos para resultados pluritemáticos – a carta síntese, sendo que vários levantamentos podem resultar apenas em memórias técnicas (Brasil [15]; Moraes [88]).

Como exemplo de utilização de técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado do meio-ambiente, o INPE [66] desenvolveu no projeto MAVALE – Macrozoneamento do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo, que abrangeu 40 municípios, uma metodologia para planejamento regional. Este projeto foi realizado para dar suporte ao Consórcio para o Desenvolvimento Integrado do Vale do Paraíba e Litoral Norte - CODIVAP na formulação de diretrizes para ordenamento territorial da região e, colocando à disposição da comunidade uma metodologia de planejamento regional baseada na utilização de

dados de sensoriamento remoto orbital. Foram desenvolvidos estudos relativos aos seguintes temas: geologia, pedologia, geomorfologia, cobertura vegetal, uso da terra, áreas urbanas e sua expansão na última década, áreas favoráveis à recarga e concentração de água subterrânea; compartimentação da região em sub-bacias e estudo das relações uso da terra x qualidade de água; elaboração da aptidão agrícola das terras e diagnóstico sócio-econômico-demográfico. Os procedimentos que envolveram o diagnóstico ambiental do meio físico e sócio-econômico foram integrados na busca de um entendimento holístico do espaço regional e de seus problemas inerentes ao uso e ocupação das terras (INPE [66]). Neste trabalho foram utilizadas imagens do satélite Landsat, nas escalas de 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, complementadas com informações bibliográficas, cartográficas e trabalho de campo, sendo os produtos finais apresentados na escala 1:250.000.

Dentre os trabalhos de zoneamento conduzidos pelo IBGE incluem-se o Projeto de Proteção do Meio Ambiente e das Comunidades Indígenas (PMACI I e II), o Diagnóstico Ambiental preliminar conduzido nos módulos Baixo Rio Negro-Uatumã, Xingu-Iriri, Rio Branco, Carajás-periferia (IBGE [63] [64]) e o Estudo Integrado de Recursos Naturais na Área do Programa Grande Carajás.

Estes projetos documentam a utilização da metodologia de estudos integrados, desenvolvida no IBGE e que utiliza uma abordagem holístico-sistêmica para o entendimento das inter-dependências entre os componentes físicos e bióticos (clima, geologia, geomorfologia, pedologia, fitoecologia) e das ações antrópicas que participam dos sistemas ambientais. Neste trabalho, as análises dos componentes físicos e bióticos utilizaram as informações do Projeto RADAMBRASIL, complementadas pela interpretação visual de imagens Landsat MSS de 1975 e TM de 1985, reinterpretação de imagens de radar e trabalhos de campo. Paralelamente, foram desenvolvidas as análises sócio-econômicas, utilizando as informações dos Censos Demográfico e Agropecuário, complementados com dados de campo obtidos através de entrevistas domiciliares e em instituições da região. A integração gradual dos dados objetivou a setorização da área de estudo em arranjos espaciais, relacionados pela semelhança dos seus componentes físicos e bióticos, caracterizando os geosistemas, sub-geosistemas e geofácies, que podem ser considerados como unidades equiprobemáticas e compõe o zoneamento das potencialidades e problemas geoambientais. Por fim, com base nestas informações foram realizados estudos que orientaram a formulação de projetos e de alternativas de intervenções, com o objetivo de reduzir os efeitos negativos da ocupação e da exploração desordenada dos recursos naturais.

Dentro desta linha de ação, o Diagnóstico Geoambiental e Sócio-Econômico do PMACI-I foi realizado em função da necessidade de um plano para orientar a ocupação da área de influência da BR-364, para o trecho Porto Velho - Rio Branco. A metodologia de estudos integrados utilizou uma abordagem holístico-sistêmica para a identificação dos componentes abióticos, bióticos e sócio-econômicos que determinam os sistemas ambientais. A partir da identificação, estes componentes foram agrupados em geossistemas de acordo com a convergência de suas semelhanças e representam o zoneamento das potencialidades e problemas geoambientais relacionados com as intervenções, uso racional e proteção ambiental. Estes geossistemas foram ainda classificados em diversos níveis de vulnerabilidade, conforme suas potencialidades e limitações hídricas, morfodinâmicas e edáficas, além de suas características sócio-econômicas (IBGE [63]).

Com a popularização nos últimos anos do sistema de informações geográficas (SIG) aliada ao desenvolvimento de sistemas computacionais cada vez mais poderosos e baratos, diversas metodologias para estudo dos recursos naturais tem explorado a grande capacidade destes sistemas para compatibilizar, armazenar, tratar e atualizar as informações temáticas disponíveis. No caso dos procedimentos metodológicos que envolvem a análise integrada do meio ambiente, os SIGs podem ser considerados ferramentas indispensáveis para o planejamento, modelagem, simulação e monitoramento da ocupação do espaço geográfico.

Como exemplo dessa abordagem tem-se Bezerra *et alii* [12], que utilizaram um SIG para produzir o diagnóstico geoambiental preliminar (não foram considerados os aspectos sócio-econômicos) do estado do Amapá, utilizando uma abordagem metodológica baseada na análise do meio físico e biótico e identificação dos respectivos geossistemas. Nesse trabalho foram identificadas a distribuição de seis grandes Regiões Geoambientais, sendo três determinadas pela interdependência rocha-relevo e três por fatores climáticos atuais ou passados, que funcionaram ou funcionam como elementos controladores da distribuição dos solos e da vegetação. Em cada região foram definidos geossistemas e geofácies.

No trabalho desenvolvido por Martins *et alii* [81] visando o mapeamento da cobertura vegetal e antropismo no estado do Ceará também foi utilizado o conceito de sistemas ambientais para análise e síntese dos resultados. Isto foi realizado através de um SIG, onde foram armazenados e analisados os mapas temáticos obtidos a partir das interpretações das imagens Landsat-TM e de outras fontes e sobre os quais foram realizados todos os cruzamentos entre os planos de informação necessários para a consecução do trabalho.

Gerando informações auxiliares para o Planejamento no Ceará, Carvalho *et alii* [22] identificaram áreas erosivas em região semi-árida através de um SIG, utilizando dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento em conjunto com a equação universal de perdas de solo (USLE-Universal Soil Loss Equation). Carvalho *et alii* [22] basearam-se no trabalho desenvolvido na Bacia do Peixe-Parapanema, pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas da USP, em 1986 e concluíram que o SIG possibilitou a manipulação eficiente e rápida dos fatores: erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, extensão de vertentes, declividade e uso e cobertura do solo.

Os estudos desenvolvidos no âmbito do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP, incluindo áreas dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul tiveram por objetivo propor ações que promovam o desenvolvimento auto-sustentado visando a melhoria da qualidade de vida das populações envolvidas. Foi adotado uma perspectiva de uso dos recursos naturais e sociais objetivando alcançar o equilíbrio entre a potencialidade destes recursos e as fragilidades ecológicas e culturais. O PCBAP foi desenvolvido na escala de 1:250.000 e a partir da integração das informações obtidas, foi gerado um diagnóstico ambiental e sócio econômico, formando-se assim a base necessária para iniciar um processo de ordenamento territorial de caráter permanente (Ross *et alii* [101]).

O zoneamento ecológico-econômico no sudeste do estado do Amazonas, denominado Projeto Vale do Rio Madeira, ora em fase de execução, está baseado na implementação da metodologia do PZEEAL de acordo com o detalhamento sugerido por Becker e Egler [10]. A área de abrangência do projeto é de aproximadamente 344.000 km², sendo delimitada em função da influência das rodovias BR-319 – Porto Velho – Manaus e BR-230 – Transamazônica e, principalmente a hidrovia do Rio Madeira. Cobre total ou parcialmente 19 municípios e é constituída de uma vasta área drenada sobretudo pelas bacias dos rios Madeira, Abacaxis, Maués-Açu e parte da bacia do alto rio Purús. Após a consecução do trabalho, deverão ser disponibilizados diversos produtos, tais como, bases cartográficas na escala 1:250.000 e 1:100.000 em áreas que serão desenvolvidos Estudos Específicos; cartas de unidades de paisagem, vulnerabilidade à erosão, potencialidade dos usos múltiplos dos recursos naturais, potencialidade social e econômica e zoneamento ecológico-econômico; além de cartas temáticas básicas, de geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso da terra (Brasil-MMA [14]).