

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AMBIENTAL

Os sistemas ambientais representam entidades organizadas na superfície terrestre, de modo que a espacialidade se torna uma das suas características inerentes. A organização desses sistemas vincula-se com a estruturação e funcionamento de (e entre) seus elementos, assim como resulta da dinâmica evolutiva. Em virtude da variedade de elementos componentes e dos fluxos de interação, constituem exemplos de *sistemas complexos espaciais*.

Para que a modelagem possa ser implementada como instrumento de análise no estudo dos sistemas ambientais, no contexto das diversas escalas de grandeza espacial e temporal que podem ser focalizadas, torna-se necessário estabelecer as características desses sistemas,

discernindo os elementos componentes, definindo as variáveis relevantes e considerando os fluxos de matéria e energia nos ecossistemas e geossistemas. Os ecossistemas e os geossistemas são entidades representativas de sistemas ambientais. Os ecossistemas correspondem aos sistemas ambientais biológicos, isto é, constituídos em função dos seres vivos e sob a perspectiva ecológica, enquanto os geossistemas correspondem aos sistemas ambientais para as sociedades humanas, sendo constituídos mormente pelos elementos físicos e biológicos da natureza e analisados sob a perspectiva geográfica.

No campo conceitual e analítico para o estudo das características e complexidade dos sistemas ambientais duas perspectivas surgem como norteadoras: a ecológica e a geográfica. Partindo de referenciais distintos ambas focalizam categorias de fenômenos específicos, chamando atenção sobre aspectos estruturais, funcionais e dinâmicos para a compreensão dos ecossistemas e geossistemas. A primeira focaliza as características das comunidades biológicas e seu hábitat, enquanto a segunda refere-se à organização dos elementos físicos e biogeográficos no contexto espacial. Absorvendo os direcionamentos da abordagem sistêmica, as duas perspectivas produzem resultados que se combinam para a compreensão da complexidade dos sistemas, na análise das potencialidades dos recursos e na avaliação das transformações ocorridas na superfície terrestre, tendo como metas as práticas de manejo em face da sustentabilidade ambiental para a sociedade.

Na primeira etapa procura-se fazer a caracterização da Ecologia e dos ecossistemas. A segunda fase versa sobre o conceito de meio ambiente e expõe roteiro pelo emaranhado das proposições a respeito das paisagens. Posteriormente, em função da modelagem aplicada aos fenômenos inerentes às Geociências, precisar-se-á as características dos sistemas ambientais físicos (ou geossistemas). De modo complementar, focalizam-se a aplicação de abordagens holísticas e a temática dos impactos nas características ambientais.

I — ECOLOGIA E ECOSSISTEMAS

O termo *ecologia* foi criado em 1866, por Haeckel, procurando definir o estudo das relações entre os seres vivos e o seu meio. De maneira mais adequada, na atualidade a Ecologia corresponde ao “estudo das relações entre os organismos vivos e entre os organismos e seu meio ambiente, especialmente as comunidades de plantas e animais, seus fluxos de energia e suas interações com os arredores circunjacentes” (PORTEOUS, 1992). Todavia, só posteriormente foi estabelecido o termo para designar o objeto de estudo da Ecologia, tornando-se conhecida como a disciplina que estuda os ecossistemas.

O conceito de ecossistema foi proposto por TANSLEY (1935) e teve como objetivo principal definir a unidade

básica resultante da interação entre todos os seres vivos que habitam uma determinada área ou região, com as condições físicas ou ambientais que as caracterizam. Nessa proposição estabelecia-se que “o conceito fundamental de um sistema natural completo inclui, não unicamente o complexo orgânico, mas também os fatores físicos que conformam o que denominamos o hábitat ou meio ambiente. Não se pode separar as comunidades vivas do seu meio ambiente especial em que habitam” (TANSLEY, 1935).

O *ecossistema* é definido como sendo área relativamente homogênea de organismos interagindo com seu ambiente. A comunidade dos seres vivos constitui o componente principal, que se interliga com os elementos

abióticos do hábitat. Sem a presença dos seres vivos não há a existência de ecossistemas. A definição delineada por Howard ODUM (1971) é muito precisa, salientando que o ecossistema é constituído por “qualquer unidade que inclui a totalidade dos organismos em uma determinada área interagindo com o meio ambiente físico, de modo que um fluxo de energia promove a permuta de materiais entre os componentes vivos e abióticos”. Nessa cadeia de interação com a relevância biológica, pode-se analisar o fluxo de energia, o fluxo de nutrientes, a produtividade, a dinâmica da população, a sucessão, a biodiversidade, a estabilidade e o grau de modificações. É o campo de ação da Ecologia, que pode ser trabalhada, por exemplo, como ecologia das plantas, ecologia dos animais e ecologia humana.

A abordagem ecossistêmica apresenta sintonização holística, pois salienta como relevância maior a interação entre os componentes em vez do tratamento direcionado para cada aspecto característico individualizado. Outra característica essencial corresponde ao fato de que são entidades que devem corresponder a unidades espaciais discerníveis na superfície terrestre, que devem ser identificadas e circunscritas pelas suas fronteiras. A definição de ROWE (1961) sobre ecossistemas explicita essa característica, considerando-os como “unidade topográfica, um volume de terra e ar mais o conteúdo orgânico estendido arealmente sobre uma parte particular da superfície terrestre durante um certo tempo”.

Aparentemente o conceito pode ser aplicado a diversas escalas de grandeza espacial, desde que se mantenha a homogeneidade da comunidade biológica e realizando a análise dos fluxos em sua interação vertical. Entretanto, a aplicabilidade do termo refere-se principalmente aos sistemas ecológicos na escala local, referindo-se aos ecossistemas fluviais, lacustres, riparianos, corredores, manchas, etc. Os ecossistemas *fluviais* e os *lacustres* estão relacionados com os cursos d'água e lagos. Os *riparianos* são representados pelo ecossistema ao longo das margens dos rios, também chamados de matas ciliares ou matas galerias. Os *corredores* constituem faixas de determinada categoria ecológica, que diferem das áreas adjacentes em ambos os lados. As *manchas* são áreas esparsas, não-lineares, relativamente homogêneas e diferenciadas da circunvizinhança.

Um conjunto espacial padrão formado por ecossistemas (fluviais, lacustres, riparianos, etc), manchas e corredores representa o *mosaico*. No contexto ecológico, quando o mosaico ganha grandeza espacial maior, com agrupamento de ecossistemas locais repetidos de modo similar sobre áreas de grandeza quilométrica, há a composição da *paisagem*. As categorias de ecossistemas locais constituem os elementos da *paisagem*. Em escala de grandeza maior, a *região* seria uma área composta de paisagens com o mesmo *macroclima* e integrada conjuntamente pelas atividades humanas (FORMAN, 1995). Percebe-se que, no contexto ecológico, somente nessa grandeza de escala a entidade

absorve as implicações das atividades humanas, aumentando sua complexidade.

Nos ecossistemas, os fluxos dominantes são os da interação vertical, pois abrangem as cadeias alimentares pelas quais fluem a energia, conjuntamente com os ciclos biológicos necessários para a reciclagem dos nutrientes essenciais. Nessa abordagem, os ecossistemas caracterizam-se pela produção e fluxos de energia e matéria necessárias para que a vida se mantenha e prossiga, visando a manutenção e permanência dos seres vivos do referido sistema ecológico. Por essa razão, a análise da biodiversidade, da estrutura e fluxos, a avaliação dos recursos e da estabilidade e as propostas de manejo geralmente são referenciadas para a escala local.

Por outro lado, procura-se ampliar o uso do termo de ecossistema, visando aplicá-lo para designar conjuntos espaciais de elevada grandeza espacial, como no caso da floresta amazônica, pantanal mato-grossense, cerrados, mata atlântica. A justificativa faz-se em virtude da semelhança paisagística imperante nesses domínios biogeográficos. Todavia, são unidades de outro nível hierárquico, compostas pela conjugação de inúmeros ecossistemas locais.

Observa-se que a Ecologia é definida como o estudo das interações entre organismos e seus ambientes. Dessa maneira, corresponde ao estudo das estruturas e relações entre organismos vivos e entre os organismos e seus ambientes, especialmente comunidades de plantas e animais, seus fluxos de energia e suas interações com a circunvizinhança. A unidade representativa de análise corresponde ao ecossistema, expresso mais adequadamente na grandeza da escala local. Entretanto, considerando que as paisagens são descritas como mosaicos de ampla grandeza espacial, com recorrência dos ecossistemas locais, também surgiram propostas para sua ampliação aplicativa disciplinar, evidenciadas pelas designações de *Ecologia das paisagens* e de *Ecologia das regiões*, para a análise das unidades nessas grandezas escalares (FORMAN, 1995).

II — OS CONCEITOS DE AMBIENTE E DE PAISAGENS

Duas considerações devem ser focalizadas para a devida inserção dos sistemas ambientais na evolução do conhecimento, procurando esclarecer a adequação do conceito de meio ambiente e a abrangência das perspectivas conceituais envolvidas com o estudo das paisagens.

A — O CONCEITO DE AMBIENTE

O substantivo ambiente e o adjetivo ambiental vêm sendo empregados de forma generalizada e ampla, nas lides científicas e jornalísticas, expressando variedade de facetas em seus significados. Muitas vezes há

incoerências e erros grosseiros em sua aplicação.

O termo *ambiente* possibilita ser aplicado a questões que oscilam desde a escala de grandeza mundial até a microescala pontual. Pode-se falar do ambiente terrestre, dos ambientes continentais, dos ambientes oceânicos, dos ambientes lacustres, dos ambientes das plantas, dos animais e dos homens, do ambiente de trabalho, do ambiente social, do cultural, etc. A palavra é a mesma, mas diferentes são os significados e a expressividade do fenômeno mencionado. Comumente também se fala do ambiente familiar e do ambiente de oportunidades.

Para o contexto da problemática ambiental há necessidade de utilizar conceitos definidos de modo mais preciso, com enunciados que permitam a operacionalização através do uso de procedimentos analíticos e critérios de avaliação. Para essa finalidade, duas perspectivas podem ser lembradas. A primeira tem significância biológica e social, focalizando o contexto e as circunstâncias que envolvem o ser vivo, sendo o ambiente definido como "as condições, circunstâncias e influências sob as quais existe uma organização ou um sistema. Pode ser afetado ou descrito pelos aspectos físicos, químicos e biológicos, tanto naturais como construídos pelo homem. O ambiente é comumente usado para referir-se às circunstâncias nas quais vive o homem" (BRACKLEY, 1988). Nessa perspectiva os seres vivos são os elementos essenciais, inseridos em ambiente que os circunda, representando as condições de vida, desenvolvimento e crescimento, incluindo os outros seres vivos, o clima, solos, águas, etc. Por essa razão, os ecossistemas são definidos como representando a comunidade de organismos interagindo com seu ambiente. Também reflete-se no ambiente de vivência na escala do ser humano.

A segunda perspectiva considera a funcionalidade interativa da geosfera-biosfera, focalizando a existência de unidades de organização englobando os elementos físicos (abióticos) e bióticos que compõem o meio ambiente no globo terrestre. São as unidades que compõem as diversas paisagens da superfície terrestre. Dessa maneira, o termo *meio ambiente* é usado como representando o conjunto dos componentes da geosfera-biosfera, condizente com o sistema ambiental físico. Nessa perspectiva também prevalece a relevância antropogenética, porque tais organizações espaciais constituem sempre o meio ambiente para a sobrevivência, desenvolvimento e crescimento das sociedades humanas. Não referem-se, portanto, à escala individual do ser humano.

Sob essa perspectiva analítica, as sociedades humanas e seus inerentes sistemas de atividades sociais e econômicas surgem como sendo o foco de relevância. No universo sistêmico, o *meio ambiente* é constituído pelos sistemas que interferem e condicionam as atividades sociais e econômicas, isto é, pelas organizações espaciais dos elementos físicos e biogeográficos (da natureza). Os sistemas ambientais são os responsáveis

pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas sócio-econômicos e deles recebem os seus produtos (edificações, insumos, emissões, dejetos, etc).

Quando se deseja analisar os sistemas ambientais, avaliar as questões envolvidas na qualidade dos seus fluxos e componentes e as mudanças nas escalas espaciais do globo, regional e local, incluindo as dimensões da presença e atividades humanas, a segunda concepção surge como a mais adequada. Por exemplo, os temas e as propostas relacionadas com a Conferência Internacional sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, realizada no Rio de Janeiro, a ECO-92, enquadram-se nessa perspectiva.

O uso do adjetivo *ambiental* deve ser direcionado para categorizar os componentes e as características funcionais e dinâmicas dos sistemas que suportam a existência dos seres vivos. Para o contexto sócio-econômico das comunidades humanas, os componentes biogeográficos passam a integrar o sistema ambiental físico, refletindo a significância de ser elemento de condicionamento ambiental para as atividades das sociedades. A modelagem de sistemas ambientais e os geralmente denominados estudos de impactos ambientais envolvem-se com essa conotação conceitual. Em decorrência, as mudanças ambientais implicam em alterações nas características e na qualidade dos componentes do sistema ambiental biofísico, que tenham relevância e incidências para a vivência das comunidades humanas, tais como a poluição hídrica, poluição atmosférica, aquecimento global, perda da biodiversidade, etc.

Além dos ecossistemas, os *geossistemas* também representam entidades de organização do meio ambiente. Anteriormente já foi apresentada a noção de ecossistema. De modo preliminar pode-se mencionar que os geossistemas, também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos). É o campo de ação da Geografia Física. Os sistemas ambientais físicos possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionando através da interação areal dos fluxos de matéria e energia entre os seus componentes. Assim, os ecossistemas locais são integrados nessa organização mais abrangente e de maior complexidade hierárquica.

Dessa maneira, a natureza organiza-se e alcança um equilíbrio ao nível dos ecossistemas e geossistemas, que se expressam na composição fisionômica da superfície terrestre. Por meio da ocupação e estabelecimento das suas atividades, os seres humanos vão usufruindo desse potencial e modificando os aspectos do meio ambiente, inserindo-se como agente que influencia nas características visuais e nos fluxos de matéria e energia, modificando o "equilíbrio natural" dos ecossistemas e geossistemas. Para avaliar a intensidade da ação humana na modificação do meio ambiente, ao longo dos séculos, penetra-se no estudo dos impactos antropogênicos, que

têm origem e são causados pelas atividades sócio-econômicas.

No verbete elaborado por Susan PARKER (1985) para *The Encyclopaedic Dictionary of Physical Geography*, o impacto ambiental é definido como sendo “mudança sensível, positiva ou negativa, nas condições de saúde e bem-estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema do qual depende a sobrevivência humana. Essas mudanças podem resultar de ações acidentais ou planejadas, provocando alterações direta ou indiretamente”. Dessa maneira, são considerados os efeitos e as transformações provocadas pelas ações humanas nos aspectos do meio ambiente físico e que se refletem, por interação, nas condições ambientais que envolvem a vida e as atividades humanas.

O uso de adjetivo explicita um atributo ou função de um elemento. No contexto dos estudos de impactos e na modelagem deve-se, para clareza, distinguir os impactos ou efeitos da ação humana nas condições do meio ambiente natural (ecossistemas e geossistemas) e os impactos ou efeitos provocados pelas mudanças do meio ambiente nas circunstâncias que envolvem a vida dos seres humanos. O uso do termo *impacto ambiental* deveria ser aplicado e utilizado, de modo mais adequado, para essa segunda categoria de ocorrências. A primeira refere-se aos *impactos antropogênicos* (CHRISTOFOLETTI, 1993a).