

# 2

## Conceitos Básicos em Ecologia

### INTRODUÇÃO

De uma derivação do grego, **ecologia** literalmente significa “o estudo da casa.” Mas, de forma mais ampla, esta palavra se refere ao estudo científico do ambiente, incluindo seus componentes orgânicos e inorgânicos. Na medida em que seus praticantes descrevem, classificam, criam hipóteses e as testam, a ecologia molda-se aos padrões científicos. Entretanto, graças ao seu envolvimento com a geologia, a física, a química e a matemática, suas fronteiras disciplinares são permeáveis. Esta permeabilidade é ainda mais acentuada conforme a ecologia estende suas interfaces às interações humanas, incluindo a estética, a ética, a política, as sociedades, a lei e a economia. Juntas, estas características fazem da ecologia um alvo para diferentes canais de questionamento científico, desde a abordagem reducionista, como o estudo de espécies individualmente, até a aproximação holística, que investiga a totalidade dos ambientes do planeta Terra. Além de disso tudo, um tema central da ecologia tem sido desenvolvido, e é este que exploraremos na sequência deste capítulo.

### HISTÓRICO DO CAMPO E ESTUDOS

Assim como em muitos dos campos de questionamento científico, as raízes da ecologia podem ser traçadas até os dias do grande filósofo grego Aristóteles. Dentre os inúmeros

epítetos atribuídos a ele, Aristóteles era um verdadeiro naturalista, interessado em praticamente tudo. Foi seu sucessor no *Lyceum*, Theophrastus, entretanto, quem começou o estudo sistemático e formal do ambiente. Além de Aristóteles e Theophrastus, os primeiros ecólogos foram, sem dúvida, nossos predecessores hominídeos. Se nossos ancestrais não soubessem como se utilizar dos recursos do ambiente, não estaríamos aqui hoje. Embora seu “estudo” do ambiente não pudesse ser definido como ciência (como atualmente a vemos), eles devem, certamente, ter notado associações entre o clima e as plantas, resultando em formas primitivas de agricultura e aquíicultura.

Embora a tradição dos historiadores naturais tenha se estendido, sem interrupções, desde nossos mais remotos ancestrais até figuras como a de Aristóteles e Theophrastus, seu grande afloramento ocorreu nos séculos XVIII e XIX. Nomes como Buffon, Linnaeus, Reaumur, Darwin, Wallace, Humboldt, Audubon, Thoreau, Muir e muitos outros amplamente se qualificam dentre os maiores estudantes da história natural. Estes naturalistas davam muita atenção aos detalhes, faziam medidas e registros com extrema precisão, reconheciam e interpretavam variáveis, criavam novas hipóteses e teorias, além de novas ferramentas de análise. Com poucas exceções, entretanto, faltava aos estudos da história natural um foco unificador, essencial ao desenvolvimento de conceitos e teorias. Este foco aparece com o delineamento de uma área a partir de sua definição, assim instituindo as fronteiras de seu escopo de questionamento.

### Definindo Ecologia

O termo ecologia foi forjado por Hanns Reiter, mas foi o biólogo alemão Ernst Haeckel quem, em 1866, forneceu sua definição ao destacar: “Por Ecologia entendemos o corpo científico que se preocupa com a economia da natureza – a investigação das relações totais do animais, tanto com seu ambiente inorgânico, quanto com o orgânico” (Haeckel, 1870). Entretanto, foi somente no final do século XIX que o termo foi reconhecido e amplamente utilizado; finalmente, tornou-se institucionalizado com a criação da Sociedade Ecológica Britânica, em 1913, e a Sociedade Ecológica da América, em 1915.

Ao longo dos anos, apesar da definição de Haeckel, a ecologia tem recebido interpretações diferentes. Charles Elton (1927), um ecólogo britânico, a definiu como “história natural científica”, preocupada com a “sociologia e ecologia dos animais”. O ecólogo vegetal americano Frederick Clements (1905) considerou-a “a ciência da comunidade”, e o ecólogo alemão Karl Friederichs (1958), como “a ciência do ambiente” (*Umweltlehre*). Estes, de certa forma, diferentes focos têm sido abrangidos pelo conceito desenvolvido pelo ecólogo americano Eugene Odum, que definiu ecologia como “o estudo das estruturas e funções da natureza” (Odum, 1959) e, depois, como “o estudo da estrutura e funções dos ecossistemas” (Odum, 1962). Sendo esta a definição operante e atual, precisamos agora definir o termo *ecossistema*. Para uma discussão mais profunda sobre a formulação, e posterior desenvolvimento, do conceito de ecossistema, veja Golley (1993).

## ECOSSISTEMAS

O termo **ecossistema**, uma versão abreviada de **sistema ecológico**, foi forjado pelo ecólogo inglês Arthur Tansley (1935), que o definiu como “todo o sistema... incluindo não apenas o complexo-organismo, mas também todos os fatores físicos que formam o que chamamos de meio ambiente.” Em outras palavras, um ecossistema é uma unidade organizacional constituída por ambas as coisas vivas e não-vivas que ocorrem em um espaço particular.

Ecossistemas podem ser muito grandes, como uma floresta ou um deserto, ou muito mais circunscritos, como um aquário ou um tubo de ensaio. Determinar as fronteiras de um ecossistema é, de certa forma, arbitrário, mas não aleatório. Por exemplo, as fronteiras de um oceano podem parecer mais ou menos distintas em uma primeira consideração; entretanto, já que as marés se movem diariamente, conforme o mês lunar, em distâncias variáveis, estariam as fronteiras mais baixa das marés baixas, na mais alta das marés baixas, na mais baixa das marés altas ou na mais alta das marés altas? O mesmo ocorre com uma floresta cercada por campos: entre estes dois ecossistemas há regiões que contêm graus variáveis de gramíneas e árvores. Tais fronteiras, como você aprendeu no Capítulo 1, são chamadas de *ecotonos*. Onde, no ecotono, iniciam-se, ou terminam, os ecossistemas da floresta ou do campo torna-se uma demarcação arbitrária executada pela pessoa que estuda a situação. Dada a variabilidade total dos recursos biológicos e não-biológicos que existem em ecotonos, a determinação das fronteiras de um ecossistema para um estudo pode ser crítica. Na prática, entretanto, este é frequentemente um problema que não é resolvido. Em outras áreas de aprendizado, a determinação de fronteiras é, novamente, arbitrária: quando termina a sociologia e se inicia a antropologia, ou a física e a química, e assim por diante? Na verdade, em áreas de estudo, bem como em ecotonos, sempre são encontrados desafios e oportunidades dentro dos limites do assunto em questão ou do ecossistema.

Quaisquer que sejam as limitações carregadas pelo conceito de ecossistemas, sua aceitação marcou o aparecimento da ecologia moderna, permitindo a ela atingir altos graus de abstração e desenvolver crescentes construções e metodologias intelectuais (Kormondy e McCormick, 1981). De forma mais abrangente, a predominância global do conceito de ecossistema reflete a influência poderosa da ecologia americana, bem como de seus estudos de graduados e pós-graduados, livros e jornais profissionais.

### Sistemas

Apesar de com frequência utilizarmos este termo indiscriminadamente, **sistema** carrega um significado preciso. Consiste de dois ou mais componentes que interagem e que são cercados por um meio ambiente com o qual podem ou não interagir (O'Neill et al., 1986). Dentre as características de um sistema está a organização, sendo que, sua raiz, *orgânico*, sugere uma associação com os seres vivos. Das propriedades da organização, muitas são significativas aos ecossistemas: uma organização existe independentemente de seus componentes específicos (por exemplo, uma árvore pode morrer, mas a organização da floresta continua); os componentes são interdependentes (por exemplo,

quando removido de sua colônia, um inseto social geralmente não sobrevive); o sistema possui uma função (por exemplo, cada componente possui funções que, quando juntas, produzem uma função do conjunto); o sistema é, ou já foi alguma vez, dinâmico (por exemplo, mudanças ocorrem ou já ocorreram); e uma escala móvel de organização existe (por exemplo, duas populações podem coexistir independentemente em uma área ou podem interagir em uma relação complexa).

### Componentes dos Ecossistemas

De certa forma, um sistema é uma unidade arbitrária do universo selecionado para o estudo; nesse sentido, é uma construção da mente humana. No caso dos sistemas ecológicos, os dois principais componentes são o **biótico** (vivos) e o **abiótico** (não-vivos). Como veremos, esses componentes carregam consigo uma estrutura organizacional que é imposta pelo ecossistema.

O componente biótico é uma reunião particular de plantas, animais e micróbios existentes em um cenário abiótico. O último constitui-se de substâncias químicas, incluindo elementos inorgânicos e componentes como o cálcio e o oxigênio, água e dióxido de carbono, carbonatos e fosfatos e uma série de compostos orgânicos que são, em sua maioria, produtos resultantes das atividades dos organismos. O componente abiótico também inclui fatores físicos e gradientes como umidade, vento, correntes, marés e radiação solar.

Ecossistemas são reais – como uma lagoa, um campo, uma floresta, um oceano ou até como um aquário. São também abstratos no sentido de serem esquemas conceituais desenvolvidos a partir do conhecimento de sistemas reais. De qualquer maneira, cada ecossistema é uma combinação única de componentes bióticos e abióticos particulares. Mesmo com todas essas particularidades, os ecossistemas têm em comum certos atributos gerais e funcionais que são reconhecíveis, analisáveis e previsíveis. Exploraremos, agora, esses atributos com maior detalhe.

## A ORGANIZAÇÃO DOS ECOSSISTEMAS

### Produtores, Consumidores e Decompositores

Os componentes estruturais bióticos de um ecossistema possuem papéis diferentes em duas funções fundamentais – o movimento de energia e a movimentação de nutrientes através do sistema. **Energia**, a capacidade de executar trabalho, é necessária para mover as muitas interações que ocorrem dentro e dentre os componentes bióticos e entre os componentes bióticos e abióticos de um ecossistema. **Nutrientes** são os principais combustíveis da vida, elementos como o cálcio e o ferro e compostos como o dióxido de carbono e a água, carboidratos e proteínas. Sem energia, um sistema acaba; sem os nutrientes apropriados, um sistema apresenta defeitos. Produtores, consumidores e decompositores constituem a arquitetura estrutural dos ecossistemas e, simultaneamente, realizam as funções vitais.

**Produtores.** Produtores são o primeiro passo de um movimento de energia através de um ecossistema. É este grupo de organismos, normalmente verdes e clorofilados, como as algas de uma lagoa, as gramíneas de um campo e as árvores de uma floresta, que capturam a energia radiante do sol. O processo de captura é chamado de **fotossíntese**, no qual o dióxido de carbono combina-se com a água a fim de formar carboidratos simples, ricos em energia, que são subseqüentemente convertidos em carboidratos mais complexos, proteínas e lipídios. Desempenhando um papel menos prolífico nessa captura primária de energia, estão as bactérias purple, que conseguem seu dióxido de carbono a partir de componentes inorgânicos e algumas bactérias quimiossintetizantes que têm a capacidade de combinar o oxigênio com componentes inorgânicos simples.

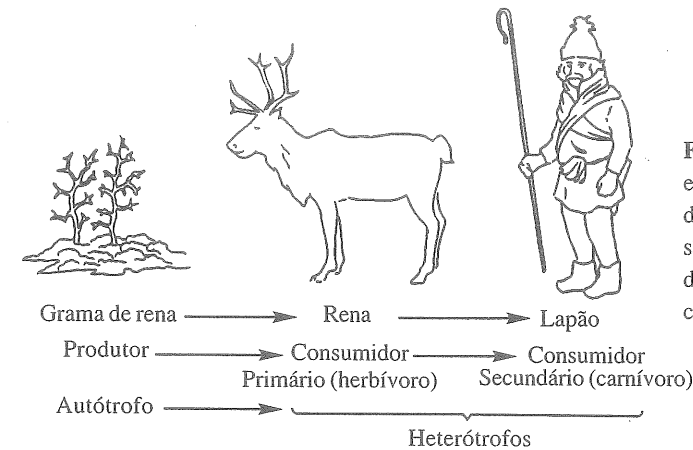
Na verdade, produtores não produzem energia; eles convertem ou a transmitem de uma forma, a radiante, à outra, química. Mas o termo *produtor* está tão firmemente estabelecido na literatura ecológica que uma terminologia mais apropriada está totalmente fora de questão.

Um outro termo, freqüentemente utilizado na descrição de produtores, é *autotrófico*. Um **autótrofo** (literalmente, "auto-alimentador") é um organismo que captura energia e, subseqüentemente, a utiliza para sintetizar moléculas que servem aos requerimentos nutricionais de seu próprio crescimento e metabolismo. Em contraste, um **heterótrofo** (literalmente, "alimentado por outro") é um organismo cujas necessidades nutricionais são atingidas através da ingestão de outros organismos; heterótrofos são também conhecidos como *consumidores*.

**Consumidores.** Consumidores são organismos que derivam sua nutrição dos produtores; ou seja, são heterótrofos. Um **consumidor primário** obtém seu alimento diretamente do produtor; exemplos comuns deste tipo encontramos entre os animais domesticados, como o gado, ovelhas, galinhas e cavalos. Os consumidores primários também são conhecidos como **herbívoros** (literalmente, "comedores de planta"). Um **consumidor secundário** obtém seus nutrientes através da ingestão de consumidores primários; sendo estes últimos animais (algumas poucas exceções existem no reino vegetal), consumidores secundários são chamados de **carnívoros** (literalmente, "comedores de carne"). Tigres, hienas e coiotes estão dentre os muitos tipos de carnívoros. Ursos e humanos, entre outros, são conhecidos como **onívoros** (literalmente, "comedores de tudo"), já que derivam sua nutrição desde diretamente dos produtores até de consumidores primários.

As correlações autótrofo-heterótrofo, ou produtor-consumidor primário-consumidor secundário, resultam em um movimento seqüencial de energia conhecido como a **cadeia alimentar**. Em ecossistemas muito simples, uma cadeia alimentar pode ter apenas três ligações; em sistemas mais complexos, o máximo, tipicamente, atinge cinco ou seis passos. Por exemplo, dentre os lapões, a cadeia alimentar vai da grama das renas (o que, na verdade, é um líquen, uma associação entre algas e fungos) até humanos, passando pelas próprias renas (Figura 2-1). Em ecossistemas mais complexos, uma dada cadeia alimentar está usualmente interligada a outras cadeias, resultando em uma **rede alimentar** (Figura 2-2).

Implícito na discussão precedente, e mais ou menos nas Figuras 2-1 e 2-2, está o fato de que a direção da energia é única, do autótrofo ao heterótrofo, do produtor ao herbívoro e, depois, ao carnívoro. Este é um dos mais fundamentais conceitos ecológicos: o fluxo acíclico e unidirecional da energia.

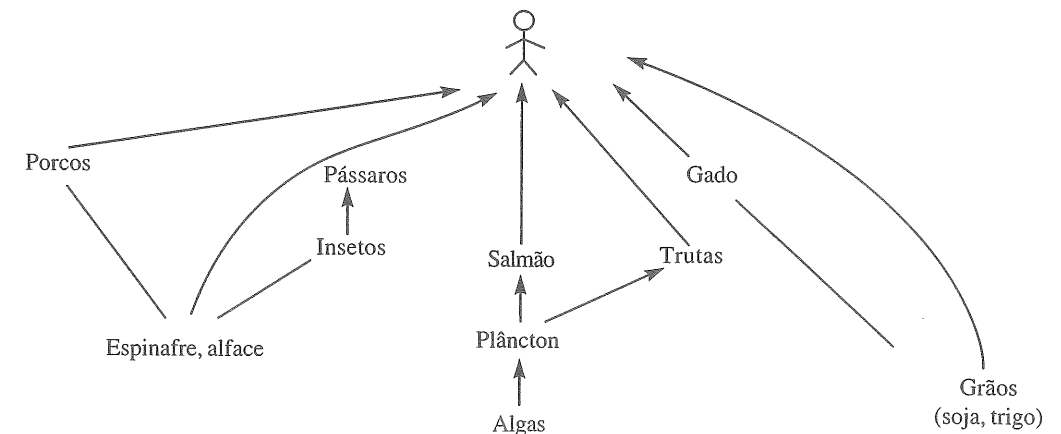


**Figura 2-1:** Uma cadeia alimentar simples entre os lapões. A grama das renas é o produtor, um autótrofo; as renas e os lapões são heterótrofos, o primeiro um consumidor primário, ou herbívoro, e o último um consumidor secundário, ou carnívoro.

Este assunto será explorado com mais detalhes nos capítulos subseqüentes. Por hora, é suficiente sabermos apenas que a explicação para este fluxo unidirecional de energia é encontrada nas perdas energéticas que ocorrem a cada transferência dentro da cadeia e na eficiência de cada membro da cadeia na utilização da energia.

**Decompositores.** Decompositores, basicamente bactérias e fungos, são heterótrofos que derivam sua nutrição a partir de produtores (a maioria dos fungos) e consumidores (principalmente as bactérias). Em vez de ingerir seu alimento, como no caso dos outros heterótrofos, os decompositores liberam enzimas de seu corpo capazes de digerir os tecidos animais e vegetais. Em seguida, esses produtos processados são absorvidos. Em adição ao movimento da energia através do caminho unidirecional, os decompositores executam uma das funções vitais do ecossistema. Eles mineralizam a matéria orgânica das plantas e animais; ou seja, sua atividade enzimática libera para o ambiente os elementos

**Figura 2-2:** Uma cadeia alimentar simplificada envolvendo humanos heterótrofos tanto como herbívoros quanto carnívoros.



antes presos nos tecidos, tornando-os disponíveis para um novo uso, inicialmente por produtores, mas também pelos outros organismos. Assim, os nutrientes em um ecossistema são reciclados.

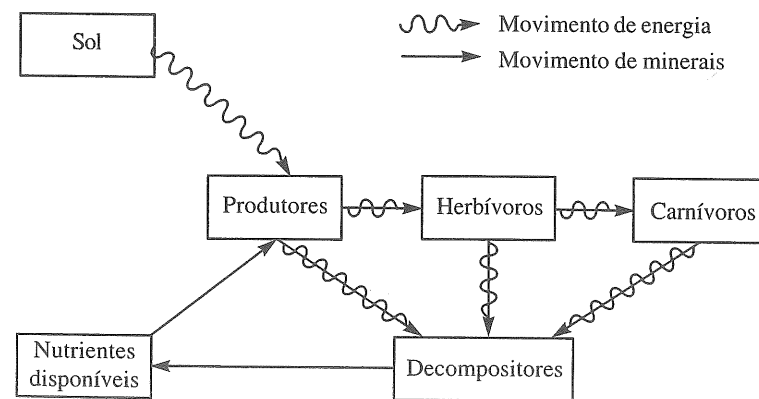
## Fluxo Energético e Ciclagem de Nutrientes

Como já notamos, duas propriedades fundamentais dos ecossistemas resultam das relações entre produtores, consumidores e decompositores – o fluxo unidirecional de energia e a reciclagem de nutrientes (Figura 2-3).

Enquanto produtores convertem a energia radiante em energia química, através do processo de fotossíntese, eles incorporam a seu protoplasma vários elementos e compostos que resultam em crescimento, desenvolvimento e reprodução. Em adição à água e ao dióxido de carbono, indispensáveis nesta conversão, elementos como o nitrogênio, enxofre, fósforo e magnésio, juntos a mais outros 15 nutrientes, são tomados do meio ambiente abiótico, a maioria do solo. Quando herbívoros consomem produtores, energia química na forma de carboidratos, proteínas, lipídios e outros nutrientes é transferida. Esta transferência também ocorre do herbívoro para o carnívoro e do produtor ao consumidor para o decompositor. Nestas transferências, por razões a serem explicitadas em um capítulo posterior, a energia em cada passo é diminuída, mas não os nutrientes. Através da decomposição, os nutrientes são liberados no meio ambiente, a partir do qual podem ser reabsorvidos por produtores. Assim, inicia-se um novo ciclo de utilização.

Como você já deve ter se perguntado, se a energia se move em apenas uma direção, deve haver um suprimento contínuo dela no início da cadeia para sustentar o ecossistema. Já que a energia é perdida conforme movimenta-se através de um ecossistema, ela deve ser renovada com uma certa regularidade. Algumas das perdas ocorrem na forma de calor, um produto da atividade metabólica; parte da energia pode ser perdida de um dado ecossistema e importada por outro por agentes como o vento, chuvas e movimentos animais.

Figura 2-3: O movimento unidirecional de energia e a reciclagem de nutrientes em um ecossistema.



E embora os nutrientes sejam reciclados, eles podem ser perdidos pelos mesmos ventos, chuvas e movimentos de animais. Também podem ser perdidos permanecendo presos a sedimentos ou a outras formas de armazenagem a longo prazo; por exemplo, óleos e carvão.

O fluxo energético e a ciclagem de nutrientes têm implicações consideráveis para os humanos, do passado ou do presente. Atingir as necessidades de alimentos da sempre crescente população humana é uma tarefa que necessita de um intenso conhecimento da eficiência e produção dos produtores. Também é necessário que se saiba o grau de dependência sobre a disponibilidade e abundância dos nutrientes essenciais. Devido à ciclagem, substâncias tóxicas, como pesticidas e formas radioativas de nutrientes, podem ser incorporadas nas redes e cadeias alimentares dos humanos e, conseqüentemente, criar sérios problemas de saúde.

## NICHOS E HÁBITATS

### Nicho

O fluxo energético e a ciclagem de nutrientes não ocorrem em um conjunto abstrato de produtores, consumidores e decompositores. Estes termos genéricos se aplicam a organismos reais – plantas, animais e micróbios reais – dos quais cada espécie possui um papel particular, senão único, em um dado ecossistema. De um ponto de vista biológico sistemático, cada espécie é uma combinação única de morfologia, fisiologia e comportamento; de um ponto de vista ecológico, cada espécie possui atributos ecológicos únicos, também. A soma total destes atributos ecológicos é o **nicho** do organismo, seu papel nos processos ecológicos – o que ele faz, onde está e o que se faz a ele. Algumas espécies são uma fonte energética apenas para outras certas espécies, enquanto outras atendem a um maior e mais variado, número de consumidores. Algumas têm um papel específico em uma fase da ciclagem de nutrientes, mas não em outras. Algumas plantas são mais eficientes na captura de energia em uma altitude particular, ou em um clima particular, enquanto outras funcionam sobre um amplo espectro de altitudes e climas. O papel ecológico, ou nicho, de uma espécie contribui para a particularidade de qualquer ecossistema. Já que é improvável que dois ecossistemas tenham, precisamente, os mesmos componentes biológicos, espécies diferentes podem possuir o mesmo papel ecológico nestes ecossistemas diferentes; tais espécies são consideradas equivalentes em respeito aos seus nichos.

### Habitat

Qualquer que seja seu nicho, a espécie vive e *excuta* suas funções em algum lugar. Este lugar é seu **habitat**. O habitat de um rato canguru é o deserto, o de um urso polar é o ártico; uma dimensão do nicho do rato canguru é a de um herbívoro, enquanto a de um urso polar é a de um carnívoro.

Podemos nos referir ao deserto como um **macrohabitat**, ou **macroambiente**, de um rato do deserto, ou seja, o tipo generalizado de ambiente onde a espécie é encontrada. Esta referência implica que o rato do deserto está adaptado à vida em um ambiente árido e quente. Para sobreviver em tal ambiente, o rato não é encontrado em todo o deserto,

mas em pequenas subunidades desse, ou seja, sob rochas durante o dia e livre em uma determinada área durante a noite. Esta porção mais circunscrita do hábitat é conhecida como **microhábitat**, ou **microambiente**.

Para os humanos, o hábitat é amplo, abrangendo desde ambientes polares até regiões tropicais; seu microambiente pode ser considerado a cidade onde vivem ou até o local onde dormem. Ele pode ser até estendido para a camada de ar que envolve seu corpo e suas roupas. É apenas uma questão de definição de limites, uma necessidade frequentemente esquecida quando falamos em termos gerais. Como veremos ao longo deste tratado sobre ecologia humana, as pessoas realmente vivem em macroambientes como a tundra e os trópicos, mas seus microambientes são, de certa forma, altamente restritos, geralmente planejado e construído a fim de diminuir o estresse causado pelo macroambiente. Um iglu e um recinto com ar condicionado vêm à mente.

## ESPÉCIES, POPULAÇÕES E COMUNIDADES

Como foi notado no capítulo anterior, uma espécie é uma população de indivíduos que são e permanecem distintos porque normalmente não se reproduzem com outros indivíduos, ou seja, outra espécie. A população da espécie pode estar amplamente distribuída, como no caso dos humanos e da mosca caseira, ou pode estar extremamente restrita a um macro ou microhábitat, como no caso do rato do deserto.

Assim como os ecossistemas, as populações de espécies também possuem estrutura e organização. Não somente possuem atributos morfológicos, fisiológicos e comportamentais como também são dinâmicas – aumentam e diminuem em número devido às diferenças na taxa de natalidade e mortalidade, amadurecem, se reproduzem e se dispersam. No capítulo anterior, aprendemos que humanos, na forma de *Homo erectus*, se dispersaram de forma considerável. Será esta uma consequência, ao menos em parte, de um grande crescimento populacional, incapaz de se auto-sustentar, que forçou os indivíduos a se moverem para dentro e fora do grupo? Talvez. Sabemos que isso ocorre com outras populações. Em um capítulo posterior, consideraremos, em detalhes, não somente alguns padrões de crescimento populacional como também os fatores que regulam o tamanho da população e afetam sua dispersão.

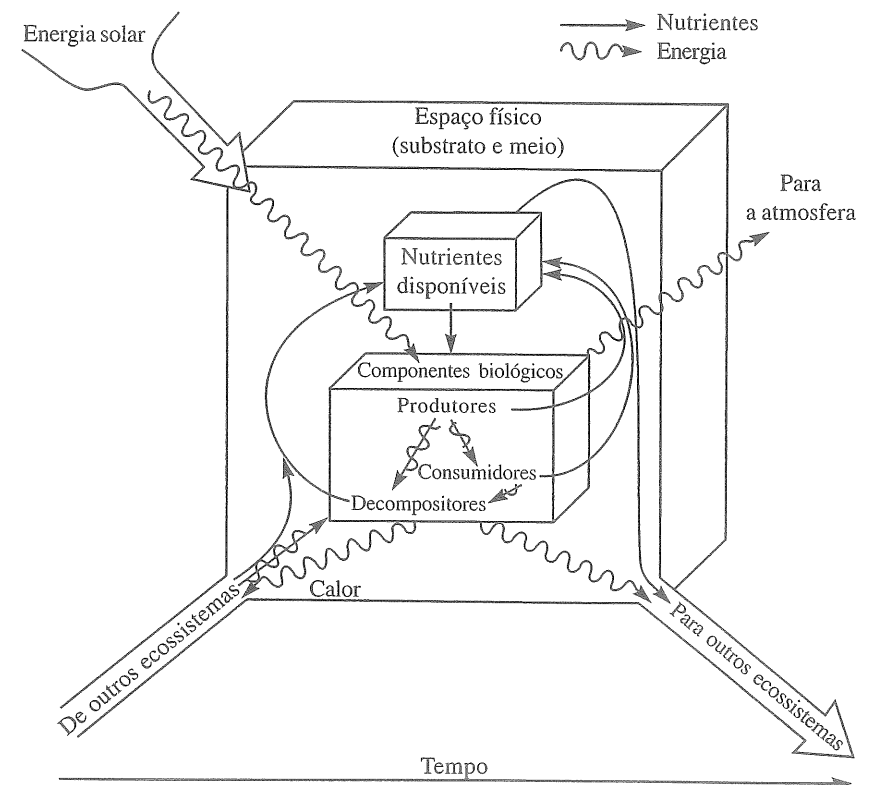
Da mesma forma, em um capítulo posterior, estudaremos ecossistemas de uma maneira mais concreta, como comunidades, agrupamentos de indivíduos interagindo e, assim, afetando a estrutura, função e dinâmica destas comunidades. Resumidamente, uma **comunidade ecológica** compreende seus componentes bióticos (plantas, animais e micróbios), de um dado ecossistema ou de uma subunidade dele. Por exemplo, alguém pode estudar a comunidade do solo de um campo aberto (vermes, insetos, micróbios, algas etc.) ou uma comunidade arbórea de uma floresta (pássaros, mamíferos, fungos, insetos etc.). Assim como as populações de espécies que a compõe, uma comunidade ecológica que ocupa um determinado ambiente físico-químico, como um deserto ou um lago, sofre mudanças – se desenvolve, envelhece, se mantém ou morre. Em um capítulo seguinte, também iremos considerar as enormes comunidades ecológicas, conhecidas como biomas – tundra, floresta de coníferas, floresta decídua, campos abertos, desertos e a floresta tropical úmida.

## ESPAÇO, TEMPO E ECOSISTEMAS

Em adição aos aspectos funcionais e estruturais, explorados brevemente, os ecossistemas têm outros atributos. Eles ocorrem no espaço e existem no tempo – possuem largura, profundidade e altura, bem como um passado e um futuro (Figura 2-4). As dimensões espaciais impõem, a muitos, grandes problemas quando é estudada a dinâmica de um ecossistema; o mesmo ocorre com o fator tempo. Se estudamos um deserto somente durante o dia, perdemos a miríade de organismos de hábito noturno. Se estudarmos uma lagoa somente durante o verão, perdemos a dinâmica das atividades que ocorrem sob o gelo, durante o inverno. Se estudamos um campo aberto hoje e voltarmos 10 ou 20 anos depois, encontraremos um conjunto muito diferente de organismos e condições. É esta série de modificações, a dimensão espacial e temporal, que torna a ecologia um alvo móvel e um desafio constante.

Um fator adicional não pode ser esquecido – as inter-relações de ecossistemas. Assim como nenhum organismo é auto-suficiente, também não o é um ecossistema. Eles não são entidades discretas, isoladas completamente de outros ecossistemas. Nenhuma lagoa existe sem estar cercada por outro ecossistema, um campo ou uma floresta talvez, ou que não este-

**Figura 2-4:** Modelo de um ecossistema demonstrando suas dimensões espaciais e temporais, suas relações com outros ecossistemas, o fluxo unidirecional de energia e o movimento cíclico de nutrientes. (Modificado de E. J. Kormondy, 1974. In *Human Ecology*, F. Sargent II, ed. Amsterdam: North Holland Publishing Co.)





ja ligada, através de um riacho, a uma outra lagoa, com a qual contribui com matéria orgânica e nutrientes. Muitas espécies se movem de um ecossistema para outro ao longo de suas atividades – o plover dourado move-se do Ártico ao equador, e além, anualmente. Estes movimentos resultam na transferência de energia e nutrientes de um ecossistema para outro.

Em uma escala mais ampla, de uma forma ou de outra, todos os ecossistemas da Terra estão interconectados e inter-relacionados. Esta gigantesca rede de ecossistemas constitui a fina camada de nosso planeta conhecida como **ecossfera**, ou **biosfera**. É, em parte, graças a esta vasta rede que um insulto a um dado ecossistema, em um dado local, geralmente tem um impacto em outros ecossistemas que se encontram muito distantes. O caso das cinzas de uma erupção vulcânica nas Filipinas caírem a quilômetros de distância é um exemplo de um evento natural; o caso do enxofre jogado para a atmosfera a partir de fábricas no centro-oeste dos Estados Unidos e que se transforma em chuva ácida na porção norte do país é um exemplo antropogênico.

## CIBERNÉTICA E ECOSSISTEMAS

De maneira considerável, ecossistemas, particularmente os maduros, são entidades auto-reguladas. A auto-regulação mantém o estado homeostático,<sup>1</sup> o qual é capaz de suportar grandes e pequenas perturbações de forma com que não haja mudanças significantes na rede. Este tipo de resposta, ou *feedback*, deve ser oposta à modificação imposta; ou seja, o *feedback* deve ser negativo. O *feedback* negativo é aquele que regula um processo, ou um conjunto de eventos, desligando-o ou diminuindo sua velocidade. O *feedback* negativo é o princípio básico do termostato caseiro que “desliga” a unidade aquecedora quando a temperatura excede o programado, mas que permite que a mesma unidade opere quando a temperatura encontra-se abaixo do mesmo valor. *Feedbacks* similares ocorrem em subníveis de ecossistemas: quando a liberação de nutrientes excede um certo nível, o *feedback*, principalmente através do equilíbrio químico, inibe futuras liberações; quando uma população chega a um certo tamanho, vários eventos são acionados a fim de acabar, momentaneamente, com a reprodução. Exploraremos estes mecanismos de *feedback* e suas funções assim que adquirirmos mais conhecimentos acerca da **cibernética**, ou a ciência do controle, dos ecossistemas.

É necessário apontarmos que a ênfase em um sistema cibernético é a estabilidade e o *feedback* negativo descrito brevemente no parágrafo anterior. Como notado por O'Neill et al. (1986), entretanto, nem tudo do comportamento de um ecossistema é bem regulado, e muitos fenômenos são mais facilmente conceitualizados como sistemas instáveis com *feedback* positivo. A construção de estradas é um bom exemplo de sistema de *feedback* positivo: conforme mais estradas são construídas, mais carros as usam; um maior uso das estradas demanda que sejam construídas mais delas; e assim vai. A larga presença de processos de *feedback* positivo em ecossistemas é discutida em DeAngelis et al. (1986).

<sup>1</sup> NT: Vários autores vêm, desde a década de 70, questionando veementemente a existência de mecanismos de auto-regulação e homeostasia nos ecossistemas.

## TERMOS-CHAVE

abiótico	decompositores	macrohábitat
autótrofo	ecologia	microambiente
biosfera	ecossfera	microhábitat
biótico	ecossistema	nicho
cadeia alimentar	energia	nutrientes
carnívoro	fotossíntese	onívoro
cibernética	hábitat	produtores
comunidade ecológica	herbíboro	rede alimentar
consumidor primário	heterótrofo	sistema
consumidores	macroambiente	sistema ecológico
consumidores secundários		

## PONTOS-CHAVE

- Naturalistas, desde os gregos, e especialmente durante os séculos XVIII e XIX, contribuíram significamente para o entendimento da distribuição geográfica dos organismos, mas não conseguiram alcançar um foco unificador, essencial ao desenvolvimento dos conceitos e teorias da biogeografia.
- Ecologia*, um termo cunhado por Hanns Reiter no século XIX, refere-se ao estudo científico do ambiente, incluindo seus componentes vivos (bióticos) e não-vivos (abióticos). Um ecossistema é uma unidade organizacional que consiste de ambas as coisas vivas e não-vivas que ocorrem em um local particular.
- Um sistema consiste em dois ou mais componentes que interagem e são cercados por um ambiente com o qual podem ou não interagir; dentre as principais características de um sistema está a organização.
- Energia, a capacidade de executar trabalho, em um ecossistema é, em última instância, derivada do sol e do fluxo através dos ecossistemas desde produtores até consumidores e de ambos até os decompositores, de uma forma unidirecional; ou seja, não é reciclável. Ela deve ser constantemente fornecida para que o ecossistema mantenha-se funcionando.
- O fluxo energético de produtores a consumidores e de ambos aos decompositores em um ecossistema simples resulta numa cadeia de movimentos conhecida como cadeia alimentar. Em ecossistemas complexos, as cadeias alimentares estão conectadas em uma rede alimentar.
- Nutrientes, incluindo elementos e compostos, são reciclados conforme haja fluxo energético entre ecossistemas, assim, esse fluxo os disponibilizam para os organismos.
- O nicho de uma espécie é seu papel nos processos ecológicos – o que ela faz, onde ela está e o que é feito a ela – enquanto seu hábitat é o local físico no qual o organismo existe. Populações de espécies possuem atributos morfológicos, fisiológicos e comportamentais, assim como os ajuntamentos de populações, conhecidos como comunidades ecológicas.

- Ecossistemas ocorrem no espaço e existem no tempo – possuem largura, profundidade e altura, bem como passado, presente e futuro.
- Todos os ecossistemas estão interconectados e inter-relacionados em uma gigantesca rede que constitui a fina camada da Terra conhecida como ecosfera, ou biosfera.
- Ecossistemas, de maneira bem ampla, são cibernéticos, ou seja, são entidades auto-reguladoras que mantêm o estado homeostático através do *feedback* negativo.<sup>2</sup>

---

# 3

## Abordagens em Ecologia Humana

---

### A BASE ANTROPOLÓGICA

A **antropologia** pode ser definida como o estudo da diversidade biológica e comportamental humana, tanto geográfica como temporalmente. Diversidade, ou variação, em populações é um importante aspecto da evolução, como dito no Capítulo 1, assim, a evolução torna-se um dos principais pontos da antropologia. Os antropólogos estudam toda a variabilidade humana normal (e também as patológicas) sobre a Terra tanto no presente quanto no passado. Neste último caso, a antropologia pode ser definida como o estudo da história natural da espécie humana.<sup>1</sup>

### CULTURA

Um dos principais conceitos necessários para o entendimento do comportamento de populações humanas é a **cultura**, o conjunto de conhecimentos e comportamentos divididos pelas pessoas de uma dada sociedade. A cultura, de certa forma, é um conjunto de regras para a convivência que inclui comportamento em grupo, valores, linguagem e tecnologia. Cultura é o conhecimento adquirido, em oposição ao que é herdado através da genética, e

---

<sup>1</sup> NT.: As definições de antropologia e cultura adotadas pelo autor são de cunho essencialmente materialista e não encontram aceitação universal entre os antropólogos culturais.

---

<sup>2</sup> NT: Ver observação à página 38.