

Evaristo Eduardo de Miranda

50

palavras

A Ecologia



ABUNDÂNCIA

O conceito de abundância é utilizado em *ecologia* para a caracterização da presença de indivíduos, vegetais ou animais, nas *comunidades*, *biocenoses* e *ecossistemas*. Ele corresponde ao número de indivíduos existentes por unidade de superfície ou de volume. Trata-se de um valor muito relativo, apesar de sua aparente objetividade. Isso porque sua quantificação depende, em parte, do tamanho, da visibilidade e do volume dos indivíduos. Como sinaliza Sauvage (1977), uma árvore a cada 3 m corresponde a uma floresta densa, com cerca de 1.000 árvores por hectare. Já num campo de trigo isso representaria uma vegetação extremamente esparsa, dado o tamanho reduzido de cada pé de trigo.

A outra dificuldade para estimar a abundância vem do fato de que determinadas espécies vegetais possuem uma morfologia em que a distinção entre indivíduos e suas partes não é simples de se estabelecer. Plantas que rebrotam por rizomas subterrâneos ou formam tufos — principalmente no caso de formações abertas como os campos, pradarias, cerrados... — são muito difíceis de quantificar em

nível de indivíduos, com vistas a estimar um índice de abundância específica.

Diante dessas dificuldades, os ecólogos tendem a adotar, na caracterização das espécies vegetais ou animais, sistemas de avaliação considerando classes de abundância, ao invés de contar os indivíduos de cada espécie. As classes são análogas às utilizadas pelos botânicos: espécie ausente, rara, dispersa, abundante e muito abundante, por exemplo.

Finalmente cabe assinalar que a escolha do tamanho e da forma da superfície avaliada (quadrada, redonda, triangular, pequena ou grande) pode influir nas estimativas de abundância realizadas pelos ecólogos. Da mesma forma, os ecólogos se interrogam se a superfície considerada deve ser sempre a mesma para espécies de tamanho e volumes muito diferentes.

ADAPTAÇÃO

Para a ciência ecológica existe uma grande diferença entre adaptação e *acomodação*. Trata-se de dois processos de interação entre os indivíduos e o meio ambiente, mas de natureza muito diferente.

A adaptação corresponde a uma resposta do *genótipo* do indivíduo e da população às condições ambientais, através de determinadas características permanentes. O genótipo é esse conjunto organizado de genes que asseguram os caracteres hereditários de cada indivíduo e sua transmissão à descendência. Geneticamente, o indivíduo está apto a viver em determinados ambientes: os peixes à vida aquática, os cactos ao ambiente desértico etc. A *migração* dos indivíduos é também uma adaptação que garante a manutenção da população.

Já a acomodação corresponde a uma resposta do *fenótipo* de cada indivíduo às condições ambientais, através de determinadas características temporárias ou locais. Por exemplo, do lado de uma colina mais exposto ao vento as árvores serão mais inclinadas, ou num solo mais pobre os indivíduos terão um porte menor. Trata-se de uma acomodação a determinada condição local ou temporalmente variável. Em outras palavras, o fenótipo é uma tradução concreta dos caracteres hereditários do indivíduo em função do meio ambiente. Essas expressões fenotípicas resultantes não são hereditárias. Uma semente de uma árvore

inclinada, plantada num ambiente sem vento, dará origem a uma planta ereta, em conformidade com seu genótipo.

Esses dois processos, adaptação e acomodação, ocorrem simultaneamente e representam uma das chaves do entendimento do fenômeno das mutações e da evolução da vida sobre a Terra.

AGROECOSSISTEMAS

A expressão *agroecossistema* é muito empregada no estudo ecológico dos sistemas agrícolas. Os sistemas agrícolas são um subconjunto particular dos sistemas ecológicos, já que têm, pelo menos, um componente vivo: determinada planta ou animal, por exemplo. Mas o critério mais importante para diferenciar os agroecossistemas dos *ecossistemas* é que os primeiros têm um propósito. Apesar de tratar-se de um conceito antropocêntrico, o conceito de propósito ajuda na compreensão desses sistemas criados pelo homem para atender a suas necessidades alimentares ou de uso.

O crescimento da população mundial nos últimos três séculos levou a um aumento da demanda de alimentos e bens

agrícolas em todos os continentes. Até meados deste século, a principal maneira de aumentar a produção agrícola foi — e ainda é na maioria dos países em via de desenvolvimento — a incorporação de novas terras, a expansão da área cultivada. Hoje o espaço planetário, como o brasileiro, está se tornando um gigantesco mosaico de agroecossistemas. Nessa extraordinária transformação das paisagens, os ecossistemas subsistem como verdadeiras ilhas, relativamente isoladas e de pouca dimensão. A incorporação de tecnologias modernas tem aumentado a produtividade das terras e do trabalho, reduzindo em muitos locais a pressão sobre as terras. Mas no geral essas tecnologias se consolidaram em áreas onde a fronteira agrícola já havia se esgotado (Europa, América do Norte, Sudeste Asiático, entorno mediterrânico). Nada indica uma tendência de inversão nesse processo de transformação dos ecossistemas em agroecossistemas, dado o crescimento constante da população humana, de suas exigências de consumo e aspirações de qualidade de vida. Nesse sentido, o estudo e o monitoramento dos agroecossistemas, de seu grau de *artificialização* e de suas

interfaces com os ecossistemas na escala da *paisagem*, principalmente nas regiões tropicais, vêm emergindo como uma das prioridades da ciência ecológica para o futuro.

O maior ou menor grau de artificialização de um agroecossistema determina a energia e as informações necessárias à sua manutenção. Agroecossistemas próximos dos ecossistemas originais, como pastagens extensivas na caatinga, no pampa ou no pantanal, exigem menos energia externa por parte do homem para sua manutenção. A simples presença dos ruminantes, em número adequado, é suficiente para gerar um novo equilíbrio. Mas no caso de áreas agrícolas muito intensificadas, como os projetos irrigados, os cultivos em estufas, os campos de alta produtividade de cereais e leguminosas, o homem deve investir grandes quantidades de energia, recursos financeiros e informação para a manutenção do agroecossistema desejado. Basta a retirada de algum fator produtivo do nível exigido para que o agroecossistema evolua ou regreda para um outro patamar de produtividade e equilíbrio. A simplificação do número de espécies presentes nos agroecossistemas, onde centenas de

plantas nativas são substituídas por um pequeno conjunto de culturas e adventícias, favorece o aparecimento de pragas e doenças. O seu controle também exige investimentos suplementares por parte do agricultor. Nesse campo a ecologia tem contribuído com a agronomia para o desenvolvimento de sistemas de produção que se assemelhem em muitos aspectos aos ecossistemas preexistentes. Isso aumenta a *sustentabilidade* dos agroecossistemas, reduz seu impacto ambiental e os custos de produção.

AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

O que significa avaliar o impacto ambiental das atividades humanas? Tecnicamente, por impacto ambiental deve-se entender a soma dos impactos ecológicos e dos socioeconômicos. As vezes tende-se a querer reduzir, equivocadamente, o impacto de determinada atividade a uma ou outra dessas duas complexas dimensões. Em certos casos, o dano ecológico não justifica os ganhos econômicos ou sociais; em outros, sim. Trata-se de questão complexa e conflitiva, mas é neces-

BIOACUMULAÇÃO

É um fenômeno muito estudado pela ciência ecológica, nos mais diversos contextos, pois interessa diretamente ao homem, transformado na sociedade atual num predador por excelência. A bioacumulação trata do processo através do qual determinado poluente torna-se mais concentrado ao entrar na *cadeia alimentar*. Acontece muito com os *metais pesados* (chumbo, mercúrio...) e determinadas moléculas geradas pela química orgânica moderna, como certos *agrotóxicos*.

Como são poluentes não metabolizados, nem metabolizáveis, pela maioria dos seres vivos, os metais pesados transportados pelas chuvas são absorvidos, por exemplo, por larvas de peixes. Os predadores comem as larvas contaminadas e, além de se contaminar, acumulam o poluente, porque comem muitas larvas e retêm a pequena dose de cada uma. O predador do predador se contamina com a dose da presa e também bioacumula. E assim por diante.

Um dos poluentes mais preocupantes em termos de bioacumulação é o *mercúrio*, pois tem atingido diretamente

B

sário tê-la presente em qualquer discussão do tema.

Os processos de avaliação de impacto ambiental têm no Brasil dois procedimentos ou instrumentos consagrados: os *estudos de impacto ambiental (EIA)* e seus respectivos relatórios de impacto ambiental (*RIMA*). Existe também, para obtenção de uma licença ambiental inicial de um empreendimento, o chamado *EP/A* (Estatuto de Previsão de Impactos Ambientais). No geral, trata-se de estudos obrigatórios para determinados empreendimentos, definidos legalmente e caso a caso em cada estado da federação. Eles são uma versão nacional dos procedimentos que surgiram durante o pós-guerra nos Estados Unidos e na Europa justamente para subsidiar a tomada de decisões, dentro de uma sistemática de análise de tipo "custo-benefício", nos processos de desenvolvimento.

Essa análise custo-benefício deve ser entendida no sentido

amplo do termo e não de forma estrita, como a proposta por algumas técnicas de estudos de impacto ambiental. Na balança dos prós e contras de um empreendimento, junto com a análise do impacto econômico, social, político ou financeiro, a sociedade agregou a questão ecológica ou ambiental. São raros os casos em que o *estudo de impacto ambiental* pode definir sozinho o futuro de um empreendimento. O natural é que sua contribuição venha a compor um quadro junto com as demais informações. Essa seria a dimensão e a contribuição externa natural dos processos de EIA para cada empreendimento. Mas talvez a principal contribuição do EIA, no caso de um país como o Brasil, esteja no interior mesmo dos mecanismos e operações dos projetos e dos agentes envolvidos. O EIA pode ajudar a melhorar sua qualidade e eficiência, com benefício simultâneo para a economia e o meio ambiente.

o homem. Estima-se em mais de 10.000 toneladas a quantidade de mercúrio que chega anualmente aos oceanos. Os casos mais dramáticos de contaminação por mercúrio ocorreram no Japão, na região de Minamata. Pescadores se contaminaram gravemente, através da cadeia alimentar, dada a existência de uma fábrica que lançava esse metal pesado no mar, nas proximidades da baía onde viviam. Na Amazônia, o mercúrio está chegando aos rios após seu uso nos *garimpos* para amalgamar o ouro. Pesquisadores começam a encontrar indícios de efeitos graves nos *botos* da região (má-formação de fetos).

Enfim, um indivíduo pode bioacumular ao longo de sua vida inteira, até que em dado momento a dose do produto bioacumulado se torna prejudicial ou fatal. O caso do *DDT*, um agrotóxico amplamente utilizado após a Segunda Guerra Mundial, é bem conhecido. Acumulou-se progressivamente nas águias da América do Norte. No caso do *falcão peregrino*, a bioacumulação levou, a partir de 1947, a uma redução da espessura dos ovos. Isso inviabilizava a procriação. Foram necessárias muitas leis e muito esforço para que as águias

recuperassem suas populações, já ameaçadas, em muitos casos, de extinção. O *DDT* acumula-se também no corpo humano, assim como outros agrotóxicos. Muitos desses produtos são lipossolúveis, ou seja, acumulam-se nas gorduras do corpo. Na Dinamarca e na Noruega, foram detectados índices alarmantes no leite de mães que amamentavam nos anos 60. Os agrotóxicos eram eliminados junto com as gorduras do leite. Existem evidências também de que essas concentrações de agrotóxicos possam passar para o sangue, quando da realização de regimes de emagrecimento severos. Nesses casos, poderiam ser a causa de muitos dos enfartes ocorridos nessas circunstâncias.

BIOCENOSE

O conceito de biocenose é muito antigo e a primeira definição foi postulada por Mobius, em 1877, bem antes da primeira definição de *ecossistema*. Para Mobius, a biocenose correspondia à totalidade de agrupamentos de seres vivos, cuja composição numérica e específica estava relacionada de forma estável, em dependência recíproca e direta de certas con-

dições médias do meio ambiente. Mobius baseava-se no estudo de uma *comunidade* de crustáceos vivendo sobre um rochedo à beira-mar.

Com o desenvolvimento da ciência ecológica, esse conceito foi sendo aprimorado. Em primeiro lugar, como sinaliza Dajoz (1975), ninguém pode estudar objetivamente a totalidade de dos agrupamentos de seres vivos (formas microscópicas e macroscópicas) de determinado local, salvo em casos simples, particularíssimos. Em segundo lugar, a dependência do meio nunca é tão direta: os seres vivos constroem ninhos, abrigos, cortiços, covas... para limitar a influência das temperaturas, dos ventos etc. Enfim, o equilíbrio de uma biocenose só é estável na escala de tempo humana. Nas escalas de tempos geológicos, as mudanças climáticas, morfológicas ou pedológicas bastam para eliminar biocenoses ou substituí-las por outras.

Hoje entende-se por biocenose um agrupamento de seres vivos, animais e/ou vegetais, vivendo reunidos num determinado local devido a atrações não recíprocas que exercem sobre eles os diversos fatores do meio ambiente. Condicionando-se mutuamente, essas *comunida-*

des se mantêm num estado de *equilíbrio metaestável*, cuja duração pode ser extremamente variável de uma biocenose a outra, assim como o espaço ocupado por cada uma (biótopo) no âmbito das paisagens. Índices de *similaridade* foram construídos, como por exemplo os de Sorensen ou Jacquard, para comparar a semelhança existente entre as comunidades que compõem uma biocenose.

O conceito de biocenose, aplicável em âmbito local e na escala da *paisagem*, é frequentemente confundido com o de *biosfera*, cuja abrangência é de nível planetário, ou com o de *bioma*, de âmbito macrorregional ou subcontinental. A proximidade em termos de abrangência espacial com o conceito de biótopo também não deve servir para confusões, já que são de natureza absolutamente distinta. O *biótopo* designa, em última instância, o espaço ocupado pelas biocenoses.

BIOMA

O bioma designa uma unidade imediatamente superior aos ecossistemas e paisagens, mas inferior à noção de biosfera. Reunindo unidades ecológicas relativamente assemelha-

das, homogêneas e funcionalmente interligadas, a floresta amazônica, por exemplo, pode ser considerada um bioma, assim como a caatinga, os cerrados ou a Mata Atlântica. Alguns autores chamam os biomas de formações ou complexos.

Resultado da ação de climas regionais ou macroclimas, o bioma possui, em condições naturais, uma vegetação no climax, e sua fisionomia é bastante homogênea, independentemente de sua composição florística. Os biomas podem ser caracterizados por conjuntos de *paisagens* idênticas e repetitivas. Isso porque, apesar de incluírem animais e vegetais, os biomas correspondem bastante bem aos principais tipos de vegetação existentes no planeta: florestas temperadas caducifólias, florestas tropicais sempervirentes, florestas boreais de coníferas, savanas, desertos, estepes, pradarias etc. Nesse sentido, a noção de bioma aparece como de um grande valor de síntese e corresponde bastante às divisões do planeta utilizadas pela biogeografia.

O conceito de bioma, aplicada a questões de âmbito macrorregional ou subcontinental, é frequentemente confundido com o de *biosfera*, cuja abrangência é

de nível planetário, ou com o de *biota*, *biocenose* e *biótopo*, de âmbito regional e local.

BIOSFERA

A vida surgiu na Terra há pelo menos 3,5 bilhões de anos. Na África do Sul, em depósitos geológicos do pré-cambriano inferior, com 3,2 bilhões de anos, foram encontrados fósseis de uma bactéria denominada *Eobacterium isolatum*. Organismos mais rudimentares, chamados de "esferóides", com um tamanho aproximado de 20 a 100 nanômetros, também foram encontrados em rochas com 3,4 bilhões de anos na África do Sul. Os primeiros organismos semelhantes a algas filamentosas datam de 2 bilhões de anos e foram encontrados em depósitos geológicos do Canadá e da Austrália. Os primeiros seres, com células possuindo um núcleo bem individualizado, surgiram a 1,8 milhões de anos. Os primeiros fósseis de animais datam de 800 milhões de anos. Mais de 25 espécies de invertebrados (celenterados) foram identificadas datando dessa época.

Se o planeta fosse absolutamente homogêneo, tanto do ponto de vista do clima como

da superfície terrestre, a vida poderia ter dado origem a uma única espécie. Talvez até a um único ser vivo, composto por um gigantesco conjunto de moléculas orgânicas. A ecologia, nesse caso, seria a biologia desse ser único. Um imenso ser vivo recobriria o planeta. Mas, como sinaliza M. Godron (1984), a heterogeneidade do meio está diretamente ligada à diversificação das espécies. A medida que os organismos se especializaram, ocuparam e se adaptaram aos meios disponíveis. Deram origem, também, a alterações no meio que ocupavam e em sua vizinhança, aumentando a diversificação e a heterogeneidade ambiental.

O que hoje se denomina biosfera (mundo vivo) é o resultado desse processo evolutivo da vida sobre o planeta: uma multidão de organismos extremamente diversificados, incluindo desde os micróbios até as plantas e os animais superiores. Sua localização no planeta é espacialmente reduzida em termos verticais, mesmo se horizontalmente recobrem todo o globo. Em outras palavras, na epiderme da Terra, entre a geosfera e a atmosfera, existe uma película discreta denominada biosfera, o conjunto das

formas de vida existentes. Ela é constituída por todos os ambientes conquistados e ocupados pela vida. Para entender a biosfera, sua composição, estrutura e funcionamento, os ecólogos devem conhecer também a atmosfera (variáveis climáticas e meteorológicas) e a geosfera (variáveis edáficas e geomorfológicas, no caso da litosfera, e aquáticas, no caso da hidrosfera). O termo correto para a ecologia seria o de *ecosfera*: a reunião da *biosfera*, da *geosfera* (*litosfera* e *hidrosfera*) e da *atmosfera*. A praticidade levou à generalização do uso do termo biosfera, sempre usado por ecólogos no seu sentido funcional e não descritivo.

O conceito de biosfera, aplicável a questões de âmbito planetário, é freqüentemente confundido com o de *bioma*, *biota*, *biocenose* e *biótopo*, cuja abrangência é de nível macrorregional, regional e local. Dada sua dimensão planetária, a biosfera compreende fenômenos de extrema complexidade e envolve mais de um milhão de espécies animais e cerca de 300.000 vegetais repartidos de forma extremamente desigual, assimétrica e irregular ao longo dos oceanos, continentes, cadeias de montanhas etc.

BIOTA

Por *biota* entende-se o conjunto dos seres vivos que compõe um ecossistema ou a vida existente num determinado território delimitado. O termo é equivalente a *biocenose*, apesar de este conceito indicar de forma mais característica a existência de *comunidades* de animais e vegetais interagindo e condicionando-se mutuamente, enquanto *biota* evoca a simples soma dos indivíduos e espécies existentes. Cabe lembrar que o estudo dos fenômenos de *migração* pode ajudar a caracterizar a presença de espécies permanentes e temporárias em um ecossistema, ampliando o conhecimento da biota. Índices de similaridade podem ser aplicados entre dois ecossistemas para quantificar a semelhança de suas biotas com base em critério, taxonômicos, por exemplo.

O conceito de biota só é aplicável a questões de âmbito local e regional, apesar de ser frequentemente confundido com o de *biosfera* e *bioma*, cuja abrangência é planetária ou macrorregional.

BIÓTOPO

O *biótopo* refere-se ao componente ou espaço físico ocupa-

do pela biocenose ou pelo ecossistema. Em geral é empregado para designar a parte não-viva do ecossistema. Em outras palavras, ao referir-se ao biótopo, o ecólogo está designando os elementos não-vivos ou abióticos de um ecossistema, como a insolação, a natureza das rochas, os tipos de solo, a umidade, as temperaturas médias, a influência do vento, a salinidade do ambiente, a sua acidez etc.

Isso pode levar a imaginar que um ecossistema é uma simples adição de um biótopo com uma biocenose. Na realidade, as relações entre o biótopo e a biocenose não são do tipo aditivo, mas interativo, mais próximas do que em matemática se designa como produto tensorial.

Ao identificar e caracterizar as comunidades vegetais de determinado ecossistema, os ecólogos buscam — através do estudo de variáveis do biótopo — as leis que regem a *composição taxonômica* de cada comunidade, sua ocorrência espacial na *paisagem* e a *similaridade* maior ou menor existente entre ecossistemas.

Estudar um biótopo na sua totalidade é tarefa impossível em ecologia, apesar dos abusos de linguagem nesse caso. Os

ecólogos estudam parâmetros, alguns parâmetros a partir de descritores dos biótopos: físicos, químicos, climáticos, meteorológicos, atmosféricos... Os descritores escolhidos para observar e medir o comportamento de um biótopo ou quantificar determinados aspectos são definidos pelos ecólogos em função de prioridades ou problemas precisos. Em função da *comunidade* vegetal ou animal estudada, os descritores dos biótopos podem mudar radical-

mente, tanto em termos qualitativos como quantitativos. Em termos absolutos, poder-se-ia afirmar que ninguém estuda ecossistemas, biocenoses, comunidades ou biótopos, mas sim parâmetros, através de descritores e variáveis, cuja obtenção e medida estão amplamente determinadas por critérios subjetivos do pesquisador. Entretanto em ecologia busca-se um entendimento global ou *holístico* dos problemas, mesmo que este não seja total.

CADEIA ALIMENTAR

As cadeias alimentares ou tróficas são um dos aspectos mais fundamentais de estruturação da biosfera. Na base de qualquer cadeia trófica está a capacidade de alguns seres de utilizar a luz para produzir matéria viva. Praticamente toda a energia consumida ou transformada nos ecossistemas vem do sol. Esse processo tem início numa escala microscópica, através da fotossíntese. A molécula de clorofila, a substância verde das plantas, absorve a luz solar. A partir do gás carbônico (retirado da atmosfera) e da água (absorvida do solo), através de um processo bioquímico e de transporte de elétrons — cuja energia provém da luz solar —, a clorofila forma açúcares e libera oxigênio.

O processo de fotossíntese é a base da *produtividade primária*. Ele ocorre nos oceanos, através das algas e microorganismos situados na superfície, e nos continentes, através dos vegetais inferiores e superiores. A produção primária média dos oceanos está estimada em cerca de 100g de carbono por m² ao ano. A produtividade média dos continentes é cerca de três vezes superior à dos oceanos. Esse número é

muito variável. Nas florestas, pode ir de 600 a 1.500g de carbono/m²/ano. A média das áreas agrícolas é da ordem de 350g C/m²/ano.

Em termos esquemáticos, um fluxo de matéria e energia vai dos vegetais ou produtores primários para os animais vegetarianos ou herbívoros, os *produtores secundários*, que os consomem. Animais carnívoros comem os animais vegetarianos e podem ainda ser consumidos por outros carnívoros. Dada a diversidade e a complexidade dos seres vivos existentes nos ecossistemas, uma esquematização desse processo em termos de cadeias tróficas leva rapidamente à construção de teias ou redes alimentares.

Muitas das cadeias alimentares naturais foram sendo transformadas pelo homem, que se tornou o consumidor final desses processos tróficos. Processos de perturbação nas cadeias alimentares têm sido detectados e estudados pela ecologia, com grande interesse para a sociedade, como a bioacumulação de metais pesados e outros produtos tóxicos, a sobreutilização de recursos naturais, como as pastagens pela pecuária, os peixes pelos pescadores, a extinção de animais pela falta de alimentos etc.

Uma cadeia alimentar não pode prolongar-se indefinidamente. Nos ecossistemas, quase sem exceções, a *biomassa* dos animais é sempre inferior a 1% da biomassa dos produtores primários. A cada malha ou degrau numa cadeia trófica, a energia disponível divide-se por 10 ou por 20. Frequentemente essa biomassa animal é inferior a 1 por 1.000 à dos vegetais. Quanto à biomassa dos predadores dos níveis tróficos mais altos (carnívoros que se alimentam de carnívoros), sua fração da *biomassa* total é insignificante (Margalef, 1983). Por essa e outras razões, raramente os níveis tróficos excedem cinco. Predadores de carnívoros, para existirem nesse contexto, exigem uma base muito ampla de produtores primários e secundários, raramente possível. Mesmo assim, a participação dos animais é fundamental não só para o funcionamento, como para a própria evolução dos ecossistemas.

Esses dados servem para relativizar a visão de que a avaliação dos ecossistemas pudesse ser realizada somente em termos de quilos de carbono e calorias. As cadeias tróficas são próprias a cada ecossistema e se organizam sob uma pressão constante da *competição* e da

CAMADA DE OZÔNIO

seleção. A biosfera não está organizada em função, nem pelas cadeias ou redes tróficas, como pensam alguns, mas estas é que se estabelecem nos ecossistemas como resultado de um verdadeiro processo histórico, repleto de eventos aleatórios. Por isso, as redes tróficas são mais ou menos rígidas, mais ou menos curtas ou prolongadas. Em ecossistemas muito antigos e estáveis, como a floresta tropical úmida, por exemplo, as redes tróficas são longas e complexas, e cada participante, cada animal, pode ocupar um papel muito restrito, rígido e concreto. Já em ecossistemas instáveis, como os localizados em áreas submetidas periodicamente a invernos rigorosos ou secas variáveis, como no caso da caatinga, as redes tróficas são mais curtas. Mesmo quando chegam a prolongar-se durante determinado período favorável, terminam por desmoronar numa fase desfavorável. Nesse tipo de ecossistema, os animais grandes são obrigados à migração periódica para poder sobreviver.

CAMADA DE OZÔNIO

É uma faixa de altitude variável (a cerca de 25km da su-

perficie terrestre) onde existem maiores concentrações de ozônio (O_3), um gás instável que se forma pela reação de outros gases, na presença de raios *ultravioleta*. O ozônio protege o planeta dos raios ultravioleta, por que absorve esses raios para existir! Sem esta proteção, a vida na superfície terrestre estaria mais sujeita a mutações e doenças degenerativas, como o câncer de pele nos seres humanos. O ozônio se desfaz durante as longas noites polares, ou nos invernos das altas latitudes, pela ausência de raios solares (e, conseqüentemente, de raios ultravioleta). Os chamados "buracos" na camada de ozônio são detectados na primavera e no verão, quando a camada de ozônio deveria se restabelecer, mas fica mais rarefeita. Isso ocorre devido à mencionada instabilidade do ozônio: diversos gases podem "capturar" as moléculas de oxigênio formadoras do ozônio em reações mais estáveis e, assim, quando os raios ultravioleta voltam a incidir, formam-se menos moléculas de O_3 . Entre estes gases que "capturam" as moléculas de ozônio estão determinados poluentes emitidos em atividades humanas e capazes de subir a altas altitudes, como os *clorofluorcarbonos (CFCs)*, *freons* etc. Se o ozônio não se

CHUVA ÁCIDA

forma, os raios ultravioleta passam mais livremente. Nas baixas latitudes, junto ao Equador, a camada de ozônio é naturalmente menor.

A diminuição da camada de ozônio não deve ser confundida com o efeito estufa.

CHUVA ÁCIDA

Como boa parte dos poluentes gerados pelas atividades humanas é solúvel em água, as chuvas acabam sempre "lavando" a atmosfera e devolvendo à terra e aos cursos d'água a poluição, transformada em novas substâncias. Em regiões muito poluídas por determinados gases — sobretudo o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio —, a quantidade de poluentes dissolvidos na chuva chega a mudar seu pH, que se torna bastante ácido. A acidez corrói monumentos, edifícios e equipamentos expostos à chuva e interfere no equilíbrio químico de lagos e rios, sobretudo nas regiões temperadas. Nas regiões tropicais, devido à emissão natural de gases ácidos, a chuva normalmente já é um pouco ácida e o estrago é menor, embora não desprezível.

Os efeitos das chuvas ácidas são muito variados. Recente-

mente pôde-se estabelecer na Holanda que o decréscimo das populações de determinado pássaro estava ligado à chuva ácida. Os solos arenosos da Holanda são pobres em cálcio. Para poder constituir a casca de seus ovos, esses pássaros necessitam de cálcio. A sua principal fonte é um caramujo de solo, cuja concha é rica em cálcio. Com as chuvas ácidas houve um empobrecimento de cálcio solúvel nos solos. As populações dos caramujos diminuíram e, com elas, o alimento dos pássaros. Sem cálcio, os ovos se formam mal, com cascas finas e inviáveis para o embrião!

Esse pequeno exemplo ilustra como as interações nos ecossistemas podem ser complexas através das cadeias tróficas. Mas, além de alterar os solos, a solubilidade dos nutrientes, sua disponibilidade para a vegetação, as chuvas ácidas modificam a micro e *mesofauna* dos solos e principalmente agem diretamente sobre a vegetação.

Localmente, o dióxido de enxofre na atmosfera já ataca as plantas. Acima de determinadas concentrações, produz necroses nas folhas dos vegetais. O problema atinge florestas, campos naturais, mas também a área agrícola e a saúde públi-

ca. O modo de ação dos compostos sulfurosos é bem conhecido e em geral está associado a outros produtos fitotóxicos, como os compostos nitrogenados. Os Estados Unidos estimam as perdas agrícolas ligadas às chuvas ácidas em vários bilhões de dólares por ano.

As chuvas ácidas chegam a gerar problemas políticos, pois muitas vezes ocorrem fora e distante dos locais que geram a poluição. São muitos os exemplos em que os ventos dominantes levam a poluição industrial dos Estados Unidos para o Canadá, da Polónia para a Alemanha, desta para os países nórdicos etc. Existem evidências de distâncias muito grandes percorridas pelos poluentes, causadores de chuvas ácidas.

O efeito mais espetacular de chuvas carregadas de poluentes no Brasil está no vale de Cubatão, em São Paulo. Junto a esse pólo petroquímico, situado ao sopé do parque estadual da Serra do Mar, a emissão descontrolada de poluentes, ácidos e básicos, das mais diversas naturezas (flúor, enxofre, nitratos...), levou a um fantástico declínio e morte da floresta atlântica. Esse processo foi acompanhado de avalanches e deslizamentos de terrenos. O controle parcial da poluição e o replantio de espé-

cies nativas nas encostas conseguem parar o processo de degradação e dar início a uma lenta cicatrização das marcas deixadas na vegetação pela poluição e pela morfogênese.

CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

A unidade da biosfera e dos ecossistemas fica evidente quando são estudados os diversos ciclos dos elementos necessários às manifestações e à manutenção das formas de vida. Os ciclos da água, do carbono, do nitrogênio e do fósforo estão entre os mais representativos dos fenômenos e processos existentes nos ecossistemas.

A noção da existência de ciclos biogeoquímicos surge rapidamente com o desenvolvimento da agricultura. Esta evidencia a necessidade de uma reposição dos nutrientes extraídos pelas plantas dos solos. O empobrecimento das terras após vários ciclos de cultivo levou a práticas de reposição de *nutrientes* através de adubações orgânicas cada vez mais elaboradas. O nascimento da química moderna vai identificar os nutrientes consumidos e exportados pelas plantas e traçar as bases racionais da reposição dos

elementos necessários à manutenção da fertilidade dos solos.

Esses estudos vão levar rapidamente a um descoberta: os ciclos biogeoquímicos envolvem uma grande cadeia de componentes onde figuram o clima, outros seres vivos, transformações e reações físico-químicas complexas. O tempo de duração dos ciclos varia também com os elementos. São muitos os ciclos estudados pelos ecólogos: *carbono, fósforo, nitrogênio, enxofre, flúor*... Enquanto alguns elementos, como o nitrogênio, por exemplo, podem ficar um tempo relativamente curto nos solos, outros elementos, como o fósforo, permanecem por muito tempo nos solos, imobilizados sob várias formas orgânicas e minerais.

A ciclagem de nutrientes pode ser muito rápida e intensa em ambientes tropicais úmidos e muito lenta em climas frios e desérticos. Esse poderoso mecanismo é o responsável pela existência e manutenção da floresta amazônica, por exemplo, com mais de 500 toneladas de matéria viva por hectare sobre solos extremamente pobres. As folhas e galhos que caem são rapidamente degradados por fungos e bactérias. Os nutrientes liberados são reabsorvidos pelas ár-

vores, sem chegar a migrar pelas profundezas dos solos e perder-se por *lixiviação*, dadas as precipitações abundantes da região.

Os ecólogos têm consagrado muita pesquisa e estudos a esse tema e, graças ao uso de *isótopos*, elementos marcados radioativamente, é possível conhecer e acompanhar a dinâmica de vários elementos em diversos ecossistemas. Esses estudos elucidam as várias etapas, tanto sob a forma orgânica como inorgânica, vividas ciclicamente pelos elementos e substâncias. Assim, é possível estabelecer como uma parte dos átomos nitrogenados aplicados nas pastagens acabam migrando e poluindo os lençóis freáticos sob a forma de *nitratos*. Também é possível medir quanto desse nitrogênio se transforma em óxidos nítricos quando da queima de pastagens e canaviais e como esses óxidos se transformam em ozônio na baixa atmosfera.

O ciclo da água também faz parte dos ciclos biogeoquímicos. Em geral, muito da dinâmica dos elementos químicos nos ecossistemas segue as transformações da água, que por sua vez obedece aos *fluxos de energia* de origem solar e gravitacional. Por isso determinados

ecossistemas, relativamente fechados como os lagos e reservatórios, podem conhecer o acúmulo de determinados elementos químicos e orgânicos e, assim, uma alteração progressiva de suas características. O processo inverso pode ocorrer em determinados substratos arenosos ou em certas posições topográficas que facilitam a perda e a saída de elementos, com um consecutivo empobrecimento do ambiente.

As ações do homem em nível planetário têm alterado os ciclos biogeoquímicos naturais, pela introdução maciça de novos elementos onde não existiam (fertilização e correção calcária na agricultura, lançamento de esgotos em rios, emissão de gás carbônico e de metano na atmosfera a partir da queima de combustíveis fósseis etc.). Alguns desses elementos produzidos pelo homem, como o lixo radiativo, podem contaminar vastas extensões de terra ou volumes de água e se manter por milhares de anos, antes que decaia o seu poder de irradiação.

Assim, os estudos e as modelizações dos ciclos biogeoquímicos, que na origem buscavam — e ainda buscam — a compreensão do funcionamento dos ecossistemas, servem hoje para

ajudar na gestão ambiental e na minimização dos impactos ambientais gerados pela atividade humana.

CLÍMAX

O uso do conceito de climax é relativamente polêmico em ecologia. Ele vem do grego "estala" e designa o estágio final da *sucessão* temporal de uma *comunidade* vegetal, em determinada área, sob determinado clima. No climax, as *comunidades* bióticas são consideradas estáveis e assim mantêm-se enquanto o meio ambiente permanece mais ou menos igual. Nessa fase, a produtividade do ecossistema costuma ser muito baixa e sua produção, elevada. A floresta amazônica intocada seria um bom exemplo de formação vegetal no climax, mas o conceito pode ser empregado também para uma formação de manguezal.

Alguns autores consideram o climax como a formação vegetal que existiria num lugar dado se o homem não houvesse ali exercido a sua atividade por um tempo suficientemente longo. Nesse sentido, as formações vegetais evoluiriam naturalmente através do tempo (*chronossequências* ou *sequências* ve-

getais), em ausência de influência humana, para uma situação de climax. O tempo desse retorno à situação inicial, após uma perturbação, é conhecido em ecologia como uma medida da capacidade de resiliência de um ecossistema.

Na prática, a ecologia tem estabelecido que, em muitos casos, essa seqüência de reconstrução da vegetação não pode ser realizada naturalmente. Existem evoluções irreversíveis, em particular no nível dos solos (erosão, laterização, empobrecimento...), que impedem o retorno a uma situação inicial. A perda de estoques genéticos é também uma das razões. Exemplos dessa natureza são comuns na caatinga e na Mata Atlântica. Nesta última, cabe sinalizar que pequenos talhões de desmatamento — onde foi plantada cana-de-açúcar pelos colonizadores portugueses entre 1530 e 1550 e em seguida abandonados no meio da floresta — até hoje não reconstituíram a vegetação original. Apesar da

ausência do homem no local e da presença de sementes nas proximidades, a reconstrução de *comunidades* vegetais altamente diversificadas como as florestas tropicais úmidas revela-se de uma extrema complexidade e parece exigir um intervalo de tempo próximo a um milênio. Já nas formações florestais de clima temperado, dominadas por faias, carvalhos ou coníferas, por exemplo, um século é suficiente para reconstituir o essencial da vegetação original. Esse tempo é ainda menor no caso das pradarias e campos naturais.

Nesse sentido, os ecólogos defendem o interesse de não se fazer "apostas" sobre o futuro das formações vegetais. Importa estabelecer vínculos entre os diferentes estágios evolutivos das formações vegetais e a real possibilidade de esses estágios transformarem-se uns nos outros ou por *evolução*, *regressão*, *transgressão* ou *degradação*, sob a influência de fatores naturais ou artificiais.

DESMATAMENTO

D

O aparecimento da agricultura está na origem dos processos de desmatamento. Pela ação do homem, os ambientes florestais fechados dão lugar a áreas abertas para a prática da agricultura. Em nível planetário, o fenómeno do desmatamento conheceu processos e momentos diferenciados, quase sempre ligados à evolução demográfica. A busca de lenha e madeiras para consumo e exportação também alimentou e alime ta, até hoje, processos de desmatamento em todo o mundo.

Mas, em escala planetária, o essencial do desmatamento ocorreu após o ano 1000 e, especialmente, após 1850. Basta lembrar que seis mil anos antes da nossa era a humanidade estava estimada em 5 milhões de homens. No ano 1000 eram cerca de 250 milhões de homens, e o primeiro bilhão foi atingido em 1850. Hoje nos aproximamos dos 6 bilhões! A evolução tecnológica e sociopolítica também tiveram uma importância complementar nos processos de desmatamento.

O Império Romano foi talvez um dos principais responsáveis pela desertificação do norte da África. O chamado celeiro de grãos, madeira e le-

nhá do império terminou numa perda total de seus bosques e capacidade produtiva. De fato, desde o período do calcolítico, o entorno do Mediterrâneo sofre com processos de desmatamento. Mas esse processo teve um impulso considerável durante o Império Romano, com o fornecimento de madeira e lenha, principalmente para atender ao funcionamento das termas e dos sistemas de aquecimento.

A Europa conheceu uma extraordinária expansão dos desmatamentos durante a Idade Média. Hoje, em países como a França, Alemanha e Inglaterra, as paisagens caracterizadas como pastagens naturais de bovinos e ovinos nada mais são do que antigas florestas de faias e carvalhos desmatadas.

No caso da Amazônia, o processo de desmatamento tem início com a construção da rodovia Belém-Brasília e é ampliado com a Transamazônica e a Cuiabá-Porto Velho. A instalação de grandes projetos agropecuários e de colonização agrícola na região na década de 70 acelerou esse processo. Dados obtidos através de imagens de satélite permitiram verificar nesse período uma taxa de desmatamento da ordem de 21.000km² por ano. Hoje essa taxa caiu para cerca de 11.000km² por ano. Em termos de Amazônia Legal, as áreas desmatadas, medidas com bastante precisão nas imagens de satélite, correspondem a cerca de 10% da região.

Os desmatamentos implicam, em primeiro lugar, uma perda de biodiversidade natural. Muitas substâncias de interesse para a própria humanidade e muitas espécies animais e vegetais estão sendo eliminadas antes que sejamos capazes de conhecê-las. A simplificação dos sistemas ecológicos pela prática agrícola favorece a produtividade, mas pode comprometer a sua sustentabilidade. Com o passar dos anos, os solos podem perder seu potencial produtivo. Muitas áreas terminam abandonadas ou dedicadas a atividades muito pouco produtivas, como a pecuária extensiva. Estados como o Pará, o Tocantins, o Maranhão e o Mato Grosso apresentam mais de 200.000km² de terras nessa situação de abandono relativo.

O *desmatamento* leva a um aumento das temperaturas diurnas no nível do solo e a uma diminuição das temperaturas noturnas. Além da alteração do clima local, o desmatamento facilita a erosão dos solos. O escoamento superficial da água das chuvas aumenta, pois é maior a dificuldade de penetração nos solos. Os desmatamentos terminam por liberar na atmosfera uma grande quantidade de gás carbônico, *metano* e *óxidos nítricos* oriundos da

queima e da degradação dos troncos, galhos e folhas das árvores abatidas. Essa liberação contribui para o fenômeno do chamado *efeito estufa*.

DIVERSIDADE

As *biocenoses* e os ecossistemas podem ser caracterizados de várias formas e através de vários parâmetros. Um dos parâmetros mais utilizados em ecologia é o da diversidade biológica. Alguns autores vêem uma equivalência entre a *riqueza específica* (total das espécies que compõem o ecossistema) e a diversidade. Usualmente, o sentido comum das expressões que descrevem uma região ou uma área como importante ecologicamente evoca o fato de esta possuir uma grande riqueza florística ou faunística. Para os ecólogos, ao contrário dos biólogos, tanto uma grande como uma pequena riqueza faunística têm a mesma importância. Em dois ecossistemas diferentes, as riquezas específicas podem ser as mesmas, mas num deles mede-se a diversidade das espécies pode estar à beira da extinção. Como medir essas realidades? A diversidade é um parâmetro importante nesse sentido.

A diversidade específica integra a abundância relativa de cada uma das espécies com relação às outras do povoamento ou da biocenose. Em geral existem várias fórmulas matemáticas, baseadas em probabilidades e na teoria matemática da informação, para quantificar a diversidade específica de uma população e até de um ecossistema. São os chamados *índices de diversidade*. Os mais utilizados ou famosos são o *índice de Shannon* e o *índice alfa de Fisher*. O resultado desses índices pode se expressar em bits.

Um povoamento composto por duas espécies em proporções idênticas se traduz por um bit de diversidade. Nesse tipo de índice, espécies raras acabam contribuindo pouco no cálculo da diversidade. Os povoamentos com as maiores diversidades específicas são os de aves em florestas tropicais (5 a 5,2 bits) e em florestas temperadas (3,5 a 4,1 bits). As árvores da floresta tropical atingem índices de 3 a 5 bits, enquanto nas florestas temperadas esse valor fica entre 1 e 2,5. A título de exemplo, o *fitoplâncton* costeiro tem índices entre 1 e 2,5, enquanto o oceânico, de 3,5 a 4,5.

Um índice de diversidade elevado é sempre um indicador de um ambiente favorável à instalação de muitas espécies, em geral representadas por poucos indivíduos. Ao contrário, um índice de diversidade pequeno quase sempre se traduz a muitas espécies e onde as poucas presentes estão em número de indivíduos bastante elevado.

ECOLOGIA

E

É a ciência que estuda as relações existentes entre os seres vivos e o meio ambiente. Em termos estritos, como ciência, a ecologia não estuda os seres vivos como o faz a biologia, a botânica, a zoologia etc. Tampouco estuda o meio ambiente como o faz a geologia, a climatologia, a pedologia etc., mas sim as suas relações. Esses objetos de estudo, tanto os seres vivos como o meio ambiente, podem ser diretamente medidos, pesados, coletados etc. Já as suas relações não são passíveis de serem colocadas diretamente sob um microscópio, pesadas, medidas ou fotografadas.

Ao contrário do que muitos imaginam, a ecologia como ciência implica o emprego de numerosos instrumentos matemáticos e estatísticos para poder *modelizar* a estrutura e o funcionamento dos *ecossistemas* e, assim, identificar e explicar as relações entre os seres vivos e o meio ambiente. Em termos epistemológicos, a ecologia inspira-se com frequência na fenomenologia e emprega em seus estudos fundamentais a *teoria matemática da informação* e a *termodinâmica* moderna. O ecólogo

deve dar respostas precisas e quantificadas sobre os ecossistemas e sobre as condições de uso dos recursos naturais pelo homem. O que é melhor para a *fauna* de uma região: preservar uma área de floresta de 1.000 hectares ou dez áreas de 100 hectares? Ou 1.000 áreas de um hectare? Seria melhor que essas áreas fossem redondas, quadradas, alongadas, cheias de reentrâncias? Os ecólogos são capazes de dar respostas concretas e exatas a questões como essas e a muitas outras relativas a estoques pesqueiros, à capacidade de uso e suporte dos recursos naturais, às exigências de preservação das diferentes espécies etc.

O termo *eco* deriva do grego *oikos*, que significa lugar onde se vive, casa, habitat.... No sentido literal, a ecologia seria o estudo dos organismos em sua casa, no seu meio, no seu habitat. O termo *ecologia* foi criado por Ernst Haeckel, em 1866, em seu livro *Generelle Morphologie des Organismen*.

No seu início, a ecologia considerou as *espécies* individualmente (ecologia da araucária, ecologia do salmão...). Hoje esse tipo de abordagem é conhecida como *auto-ecologia*. A auto-ecologia estuda as respos-

tas das espécies aos fatores ambientais, em função de suas fisiologias e de suas respectivas adaptações. Rapidamente, os ecólogos deram-se conta da importância das outras espécies sobre a repartição de determinada espécie e das relações interespecíficas existentes (predador-presa, *competição*, parasitismo etc). Aos poucos nasceu uma ecologia das interações, a ecologia do conjunto das espécies, chamada de *sinecologia*.

Nos últimos anos, o termo ecologia foi apropriado pela sociedade, que passou a usá-lo de forma ampla e errônea para designar o meio ambiente e muitos dos problemas afligindo o planeta. Nesse sentido, cabe distinguir entre *ecólogos* e *ecologistas*. Os primeiros são profissionais, pesquisadores e cientistas, tanto quanto os biólogos e geólogos, que estudam e trabalham no campo da ecologia. O Brasil oferece essa carreira em várias universidades, nas quais, após quatro anos de estudo, o aluno forma-se em ecologia e torna-se um ecólogo. Já os ecologistas são os participantes e militantes de organizações em defesa do meio ambiente, dos seres vivos e de todos esses poderosos movimentos organizados da sociedade civil surgidos nos

últimos anos, sem ter obrigatoriamente conhecimentos ou compromissos científicos com as realidades que os preocupam.

ECOSSISTEMA

Um ecossistema é um sistema aberto composto por organismos vivos e o meio com o qual e no qual interagem, trocando matéria e energia. Um ecossistema contém componentes bióticos, como plantas, animais e microorganismos, e componentes físicos ou abióticos, como água, solos e outros. Esses componentes interagem para formar uma estrutura com várias funções vinculadas aos vários processos físicos e bióticos (transpiração, produção, acidificação...). Assim, os ecossistemas estão sempre estruturados no tempo e no espaço.

Para a ecologia, os ecossistemas sempre envolvem vários níveis hierárquicos. Num primeiro nível, estão os componentes abióticos e bióticos de um ecossistema. Os componentes bióticos são frequentemente chamados de *comunidades* (vegetais e animais). Essas comunidades resultam de um conjunto de povoamentos que interagem entre si e formam

uma unidade muito similar a uma comunidade humana, com a diferença de que nos ecossistemas as comunidades incluem populações de diferentes espécies, tanto de plantas como de animais. Num nível hierárquico ainda inferior, cada população de uma espécie é composta por um número determinado de indivíduos.

Uma das tarefas mais difíceis para os ecólogos é a de delimitar as fronteiras de um ecossistema. Elas podem ser claras no caso de um lago, de uma mata de restinga, mas difíceis de estabelecer em grandes extensões de florestas heterogêneas, por exemplo.

O conceito de ecossistema foi utilizado pela primeira vez por Transley, em 1935. Até hoje tem sido a unidade de pesquisa de muitos cientistas, como Lindeman, Odum, Margalef etc.

A ponto de muitos considerarem que a ecologia, como ciência, tem como meta analisar os ecossistemas, descrever seus componentes (bióticos e abióticos) e entender as relações entre suas estruturas e suas funções. Dadas as dificuldades em delimitar no tempo e no espaço os diversos ecossistemas e as relações existentes entre eles, o termo sistemas ecológicos tem sido bastante utilizado

como um equivalente, menos rígido, do termo ecossistema.

ECÓTONO

Vários estudos ecológicos e a simples observação da natureza indicam que as zonas de transição entre dois ecossistemas, suas áreas de contato ou fronteiras (ecótonos) são caracterizadas por uma grande diversidade biológica.

A passagem de uma comunidade vegetal ou animal para outra pode ocorrer de forma gradual ou brusca. As transições das savanas para as áreas florestais são em geral bruscas, mas em alguns casos podem estender-se sobre dezenas de quilômetros. A *fauna* e a *flora* são mais ricas em espécies e indivíduos nessas áreas de transição do que nas biocenoses vizinhas.

Uma série de fatores ligados ao oportunismo das espécies, a diversidade de ofertas de *hábitats* e nichos funcionais permitem a existência e coexistência de *comunidades* bióticas mais complexas nos ecótonos do que nas biocenoses vizinhas. As bordas de uma floresta, as bordas de um lago, as zonas de beira-mar e as entradas das cavernas são exemplos de ecótonos.

A existência de ecótonos naturais é sempre um bom indicador de biodiversidade e ser-

nos importantes e diversificados, capazes de assegurar as transferências de energia, matéria e informação entre os dois ambientes diferentes. Um rio cheio de meandros oferecerá mais ecótonos do que um rio retilíneo. Quando ocorre uma clareira natural numa floresta como consequência da queda de árvores ou de uma evolução morfológica, surge um novo ecótono. As áreas abertas serão colonizadas por novas espécies que frequentarão a floresta, assim como determinadas espécies da floresta frequentarão as clareiras para caçar, para acasalamento etc. Paisagens homogêneas, como as criadas pelo homem, em geral nas áreas rurais, oferecem poucos ecótonos ou efeitos de borda. Paisagens heterogêneas oferecem ecótonos e geram diversidade ambiental. O tema dá lugar a polêmica quando se trata de qualificar o processo de *fragmentação* de ecossistemas, como no caso dos desmatamentos em floresta tropical úmida. O tamanho, a forma e a repartição espacial dos fragmentos influem na biodiversidade existente, mas os efeitos de borda são sempre observados.

ve de auxílio na delimitação das biocenoses e em estudos de avaliação de impacto ambiental.

EFEITO ESTUFA

Todo o calor que a Terra recebe do sol é devolvido para o espaço sideral. Em termos diários, a Terra se aquece durante o dia e perde calor à noite. Em termos anuais, o mesmo ocorre entre o verão e o inverno. Ao final de um ano, o balanço é próximo de zero. Se a Terra não perdesse para o espaço sideral o calor que recebe do Sol, ela se aqueceria indefinidamente.

A atmosfera cumpre um papel importante nesse sistema termodinâmico. A temperatura média da atmosfera corresponde a um equilíbrio vinculado à capacidade da atmosfera e das superfícies terrestres de refletir, transmitir e absorver a radiação solar. A expressão efeito estufa tem origem na capacidade de alguns gases — sobretudo gás carbônico e metano — de reter calor na atmosfera terrestre, exatamente como faz a cobertura de vidro de uma estufa. É graças ao efeito estufa que existe vida na Terra.

A questão é quanto calor a "estufa" atmosférica retém, o que é determinado pela quan-

tidade de gases formadores do efeito estufa na atmosfera. Em épocas passadas, durante o Carbonífero, a atmosfera era mais rica em gás carbônico e a temperatura média do planeta, mais elevada. Hoje, com o uso de combustíveis fósseis (petróleo e carvão), está aumentando a concentração na atmosfera dos gases responsáveis pelo efeito estufa. Isso leva a uma retenção crescente do calor irradiado. Os desmatamentos e queimadas também contribuem para a emissão desses gases.

Meteorologistas, climatólogos e ecólogos tentam monitorar esses fenômenos e prever (modelização) suas consequências. Um aquecimento da temperatura média da Terra levaria a mudanças no tamanho das calotas polares e das neves existentes nos maciços montanhosos, com consequente elevação do nível do mar. Outras *mudanças climáticas*, difíceis de prever e modelizar, também ocorreriam, alterando a repar-tição e as condições da vida sobre o planeta (alterações dos regimes de chuva, dos ventos, da insolação...).

Para reduzir o efeito estufa, os países estudam formas de limitar a emissão dos gases implicados, assim como a pro-

mção de grandes programas de reflorestamento, capazes de retirar carbono da atmosfera e fixá-lo sob forma orgânica. Não confundir efeito estufa com destruição da *camada de ozônio*.

ENDEMISMO

É cada vez mais comum o uso do termo endemismo para designar espécies raras ou ameaçadas de extinção. Na realidade, o conceito tem origem etimológica no grego e designa a presença habitual de uma doença numa região determinada, ou de forma constante ou em épocas particulares. O uso do termo em ecologia derivou do conteúdo "doença indígena" para destacar espécies que somente vivem numa determinada região.

O endemismo implica formas de isolamento das espécies em um espaço determinado, capazes de gerar uma evolução genética diferenciada, diferente daquelas que ocorrem em outras regiões não isoladas. No Brasil, a Mata Atlântica vive um relativo isolamento geográfico de outras florestas úmidas, como as da Amazônia. É limitada a leste, ao norte e ao sul pelo mar e a oeste pelas tran-sições para outros tipos de formações (caatingas, cerrados,

pantanal). O caso da Mata Atlântica é particularmente relevante em nível planetário, dado o alto grau de endemismo e diversidade detectados em todos os seus sistemas biológicos. Basta citar que cerca de 70% das espécies de bromélias, palmeiras e epífitas são endêmicas. A composição faunística também foi influenciada pelas alterações climáticas do Quaternário, que causaram extinção, desequilíbrio ecológico, migração, fragmentação das populações, surgimento de novas espécies e subespécies, formação dos centros de endemismo (Câmara, 1993). Dentre os mamíferos, que apresentam 39% de espécies endêmicas, são encontrados representantes dos *primatas*, *marsupiais*, *quirópteros*, *carnívoros*, *xenartros*, *perissodáctilos*, *artiodáctilos*, *roedores* e *lagomorfos*. Répteis e anfíbios ocupam, respectivamente, o quarto e primeiro lugares no mundo em termos de diversidade. Em termos de diversidade de árvores por unidade de superfície, a floresta atlântica apresenta o maior índice mundial, superando locais de alta diversidade da Amazônia peruana.

Endemismo e extinção são fenômenos diferentes e não devem ser confundidos. Assim,

uma espécie endêmica não significa automaticamente estar ameaçada de extinção. Mas o fato de uma espécie se extinguir localmente pode ser realmente grave no caso de um grupo endêmico.

Finalmente, cabe assinalar que o endemismo é comum em ilhas, em função de seu isolamento e das suas superfícies territoriais limitadas. Isso permitiu à ecologia estudar e compreender ecossistemas mais simples, menos diversificados, em condições favoráveis. Esses sistemas ecológicos insulares muito contribuíram na compreensão dos ecossistemas continentais e na formulação de várias teorias ecológicas e de leis que regem os ecossistemas.

ENTROPIA

A vida é regida pelas leis da física? O desenvolvimento da biologia e da bioquímica durante os últimos dois séculos levou inicialmente a um raciocínio segundo o qual a vida seria um fenômeno muito original e particular, escapando às leis da física. Mas a evolução dos estudos termodinâmicos — e em particular os fluxos de energia nos ecossistemas — acabou por demonstrar que a

vida também é regida pelas leis da física. Nessa compreensão de como sistemas vivos são capazes de se manter e evoluir, as noções de *entropia* e *neguentropia* cumprem um papel relevante.

A noção de entropia está ligada ao processo de transformação da energia. Ela pode ser entendida, de forma simples, como a medida da *dissipação* ou da transformação da energia em um sistema. Em geral, quando há trabalho, há "degradação" e dissipação da energia sob a forma de calor. A termodinâmica demonstra que *sistemas isolados* tendem estatisticamente para uma entropia máxima, ou seja, para uma desordem máxima, onde toda a energia é transformada em calor ou em agitação desordenada das moléculas constituintes. Qual a situação da Terra nesta concepção? Em que medida as leis da matéria inanimada se aplicam à matéria viva?

O aparente divórcio entre a física e a biologia começou a ser superado significativamente a partir das pesquisas de Ilya Prigogine. Os conceitos de seres animados e inanimados ou de meio biótico e abiótico perderam muito de seu significado tradicional. Graças a esse físico-químico, as leis da termo-

dinâmica aplicaram-se cada vez mais à compreensão dos fenômenos vitais. Os limites entre a matéria inanimada e a matéria animada são mais permeáveis do que se imaginava. Hoje a ciência demonstra como a matéria inanimada, simples, pode se estruturar em sistemas mais complexos e sobretudo manter estável essa estrutura através da dissipação de energia (entropia) recebida de uma fonte externa (neguentropia). O exemplo mais esquemático e simplista desse processo é o de um sistema constituído por uma panela com água colocada no fogo. As moléculas de água estão se movimentando de forma desorganizada. À medida que o aporte de energia exterior aumenta, a agitação e desorganização das moléculas de água aumenta dentro da panela. A entropia é crescente com a dissipação de energia, seguindo o primeiro princípio da termodinâmica. Até que de repente, com o início da ebulição, formam-se "células" mais ou menos hexagonais na água. No centro de cada uma dessas células está o ponto de origem das bolhas de vapor. Rapidamente aumenta a estruturação do sistema e diminui a entropia.

Se, globalmente, no sistema fogo-panela a entropia está aumentando, localmente, no interior da panela esta diminui. Essa diminuição se estabiliza por um certo tempo, enquanto a água está estruturada em células convectivas. Mas trata-se de um equilíbrio meta-estável. Ao se deixar que o processo prossiga, chegará um momento em que a água irá se evaporar completamente, a panela derreterá, o gás acabará... A *dissipação de energia* (entropia) pela água, recebida de uma fonte externa do fogo (neguentropia), permitiu um crescimento local da informação estruturada. Mesmo que, no final, como sempre, o primeiro princípio da termodinâmica tenha triunfado.

O sistema Terra-Sol vive um processo semelhante, apesar de infinitamente mais complexo. Para os sistemas vivos da Terra, o Sol é o meganeguentropo. A conversão hélio-hidrogênio no Sol libera a energia de radiação, responsável pela manutenção dos meta-estáveis sistemas biológicos terrestres. O Sol em cerca de quinhentos milhões de anos se esfriará. Isso impossibilitará a manutenção dos sistemas biológicos sobre a Terra. Mas, antes mesmo que isso ocorra, haverá uma expansão do Sol, decorrente de sua evolução, que calcinará a superfície do planeta.

Como a Terra, as formas de vida são um sistema termodinâmico aberto, vivendo da conversão da energia dissipada e irradiada. O estudo dos chamados equilíbrios meta-estáveis em nosso planeta permite uma compreensão da produção natural de sistemas termodinâmicos abertos. A termodinâmica permite entender como eles se auto-organizam e mostra a forte permeabilidade existente entre sistemas físicos e biológicos.

Isso vale inclusive para a escala molecular. A síntese biológica gera moléculas frágeis — como os açúcares, as gorduras e as proteínas — mas relativamente estáveis. Para alguns, pelo menos nesse nível, a vida realmente se situaria fora do campo de aplicação da física. Mas, em 1973, E. Schoffeniels mostrou que reações aparentemente pouco prováveis têm, de fato, chances razoáveis de se produzir, quando se levam em consideração as estruturas moleculares num espaço em três dimensões.

Em resumo, a biosfera é um sistema fechado e não isolado. Fechado porque ele não troca praticamente matéria com o cosmos. Mas não isolado, porque recebe em permanência energia solar. Nessas condições, a biosfera pode degradar essa

energia radioativa de alta qualidade para transformá-la em calor. A biosfera exporta entropia e importa neguentropia, e o estudo dos fluxos de energia nos ecossistemas permite uma visão quantificada desse fenômeno. Mas essa diminuição local da entropia não está em contradição com os princípios da termodinâmica. Ao se considerar o sistema Sol-Terra, verifica-se que a entropia segue crescente e positiva.

Essas pesquisas, sobre como os sistemas vivos evoluem e se mantêm, e sobre a importância das noções de entropia e neguentropia, colocam novas escalas de tempo e atingem em cheio muitos dos postulados filosóficos aceitos durante séculos como eternos.

ESPÉCIE

O conceito de espécie designa uma população ou um conjunto de seres vivos que descendem um dos outros e cujo genótipo é muito semelhante. Em condições naturais idênticas, os indivíduos da mesma espécie apresentam uma grande similitude morfológica, fisiológica e até comportamental. Também em condições naturais, eles não se cruzam — por

A palavra espécie é muito adjetivada em ecologia. Os casos mais comuns são: espécie endêmica, espécie nativa e exótica, espécie rara ou cosmopolita, espécie antagonista ou simpátrica, espécie indicadora ou característica e espécie ameaçada de extinção ou extinta.

ESTRATÉGIAS r E K

A taxa de multiplicação das diferentes espécies animais e vegetais se revelou para os ecólogos algo mais complexo do que um simples balanço entre fecundidade e mortalidade. Diante da heterogeneidade espacial e da variabilidade temporal das condições ambientais, a taxa de multiplicação das espécies indica uma verdadeira estratégia de adaptação às condições ambientais.

Ao longo do tempo, o número de indivíduos constitutivos de qualquer população pode crescer, flutuar, estacionar ou ainda declinar até a extinção. A dinâmica das populações é uma parte da ecologia, que se dedica a analisar os mecanismos dessas evoluções demográficas em interação com o meio ambiente. Em particular, os ecólogos se interessam em conhecer as condições e os meca-

razões genéticas, anatômicas, comportamentais ou espaciais — com seres vivos de outra espécie. Quando esses raros cruzamentos ocorrem, sua descendência é, em geral, estéril. Os indivíduos de uma mesma espécie possuem sempre um ancestral comum.

Mas uma espécie não é constituída por indivíduos idênticos, isso só é verdade no caso de clones. Em geral, os indivíduos de uma mesma espécie apresentam pequenas diferenças genéticas entre si, e essas diversas formas individuais (*polimorfismo*) definem, entre outras coisas, a capacidade da população de ocupar ecossistemas e ambientes diferenciados.

Muito se especula em ecologia sobre a realidade e a consistência da aplicação da noção de espécie nos ecossistemas. Os critérios utilizados para subdividir um gênero em várias espécies não são de natureza ecológica. A palavra espécie vem do latim vulgar *species*, significando o aspecto, aparência, e tem sua raiz em *specio*, que significa olhar, observar, perceber. O termo espécie não pode ser confundido com o termo *espécime*, que em ecologia ou biologia designa um indivíduo, uma amostra ou um exemplar de uma determinada espécie, por exemplo.

nismos de *regulação*, que permitem a uma população manter-se num patamar de *estabilidade*.

Dentro desses estudos ecológicos, consagrou-se a distinção entre dois tipos de estratégia ou tática, conforme os autores: a r e a K . Espécies pequenas, de vida curta, reprodução rápida e progeneritura numerosa adotam ou se enquadram na estratégia r . Nesses casos, o crescimento da população é regulado pela sua própria densidade. É o caso de um inseto, que ao encontrar um ambiente favorável, determina a cultura agrícola, por exemplo, irá proliferar de forma exponencial. Seus efetivos consumirão rapidamente todos os recursos alimentares disponíveis e a população declinará rapidamente. Exemplos análogos existem para roedores (lebres, coelhos, ratos...). As plantas de sementes pequenas, leves e abundantes — facilmente dispersadas pelo vento — também entram nessa categoria e, em geral, trata-se de ervas e arbustos.

As árvores ou animais de grande porte utilizam a estratégia K . Os frutos de uma castanheira do Pará, por exemplo, são grandes, pouco numerosos, difíceis de ser transportados

em quantidades a grandes distâncias, mas dão origem a indivíduos que vivem muito tempo. O mesmo ocorre com grande parte dos vertebrados, como os camelos, os macacos, os urubus, os humanos ou os elefantes. De certa forma, sua longevidade está inversamente relacionada com sua progeneritura.

Os termos r e K têm origem na expressão matemática que traduz a curva de evolução demográfica de uma população entre os processos chamados de recrutamento (*natalidade e imigração*) e os de desaparecimento (*mortalidade e emigração*). A taxa de crescimento nessa equação, para intervalos regulares de tempo, é estabelecida pelo r , enquanto K traduz o valor do controle do meio ambiente, quando r se torna igual a zero.

De forma simplista, poder-se-ia dizer que as espécies com estratégias do tipo r revelam-se particularmente adaptadas para conquistar novos ambientes, sobretudo em situação de instabilidade. Seus esforços podem ser multiplicados e pedidos com relativa frequência, e uma fração da população, pequena, é capaz de encontrar condições favoráveis à sua manutenção. As espécies com es-

tratégias do tipo K estão adaptadas para a exploração de ambientes estáveis, limitando gastos e esforços inúteis e de sucesso improvável. São capazes de controlar e de limitar a influência de muitos parâmetros externos através de suas capacidades individuais.

A teoria das estratégias r e K comporta uma série de imprecisões e limitações, dado o caráter não-linear da retroalimentação existente entre crescimento populacional e dependência do meio ambiente. Como essa teoria traduz mal ou insuficientemente os mecanismos de regulação existentes nas populações, os ecólogos usam essas designações com prudência. Mesmo assim, o termo e o conceito ganharam espaço na sociedade em geral e, em determinados círculos, muita coisa passou a ser classificada em termos de r e K .

Até o comportamento sexual da espécie humana entrou, de forma absolutamente absurda, nesse rol. Segundo alguns, os homens, produzindo milhares de frágeis espermatozóides, teriam uma tendência natural em adotar uma estratégia do tipo r , multiplicando encontros, parciais e ocasionais para assegurar sua descendência, num contexto de instabilidade. As mu-

lheres, produzindo apenas um óvulo fértil por mês na idade reprodutiva (menos de 400 ao longo de toda a vida), tenderiam a adotar uma estratégia K : poucos parceiros, relações estáveis e menos freqüentes!

Muitos estudos e observações ecológicas vêm contradizendo o simplismo das teorias dos r e dos K . Foram descobertas espécies animais e vegetais capazes de empregar uma gama variada de estratégias, impossíveis de ser enquadradas em r ou k . Hoje, para a ecologia, as estratégias r e K nada mais são do que um modelo simplista para ajudar na compreensão do crescimento das populações nos ecossistemas ao longo do tempo.

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

O estudo de impacto ambiental é uma exigência da legislação para o licenciamento ambiental de muitos empreendimentos. Existe hoje uma série de modelos de simulação, estocásticos ou não, preditivos e/ou explicativos, envolvendo cenários físicos, biológicos e socioeconômicos passíveis de serem aplicados ao estudo de

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	
<p>assina a avaliação de impacto ambiental está engajada, para que os efeitos desejados sejam realmente obtidos.</p> <p>Muitos empreendedores não querem ter sua conduta ambiental ou seu empreendimento questionados em seus aspectos essenciais. Aceitam o conselho ambiental quando esse aborda pequenas dimensões, mais ligadas a uma verdadeira "jardinagem" ou cuidados com o paisagismo e a imagem externa da atividade. O que lhes interessa é obter a aprovação ambiental do empreendimento, com o menor custo e ruído possível. É óbvio que, nesses casos, o verdadeiro processo de estudo de impacto ambiental não lhes convém. Às vezes esse comportamento tem raiz em determinados antecedentes: alguns empreendedores solicitaram no passado a consultoria de especialistas em meio ambiente para opinar sobre seus projetos. Alguns consultores lhes sugeriram para tudo, aguardar longos e complexos estudos que talvez fossem uma negativa absoluta ao empreendimento. Outros nem chegaram a sugerir algo, pois sequer aceitaram a tarefa por pura suspiçãcia ou incompetência, ou ambos.</p> <p>Quando um empreendedor altera o seu projeto, assume</p>	<p>tos pelos órgãos fiscalizadores e de <i>licenciamento ambiental</i>. Para atender ao empreendimento, em sua lógica interna, esses estudos devem ser capazes de sugerir alterações na proposta inicial, de forma que impactos ambientais previsíveis — e não previstos — sejam evitados. Em outras palavras, busca-se eliminar as consequências negativas previsíveis (frequentemente apresentadas como imprevisíveis, devido a ocorrerem, pelos responsáveis do empreendimento ou da atividade). Essas alterações podem significar um aumento na necessidade de recursos financeiros ou uma dilatação dos prazos de execução. Em que medida elas são aceitáveis ou aceitas pelo tomador de decisão? Qual a solução que minimiza os impactos previsíveis e atende às limitações do empreendedor?</p> <p>A comunidade científica e as equipes técnicas envolvidas com os estudos de impacto ambiental colocam-se nesses casos como conselheiras e não censores ou juizes dos empreendimentos. Se o empreendedor não acata as sugestões de mudanças de itinerário, sua responsabilidade está engajada. Quando ele acata essas sugestões, a responsabilidade da equipe que</p>

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	
<p>realizados no Brasil. Em geral existe uma única alternativa, rigidamente apresentada. Nem sempre a realidade é assim. Os empreendimentos podem ser alterados em sua dimensão espacial, em seu cronograma físico e temporal, em suas medidas mitigadoras e compensatórias etc. Isso sem mencionar as possíveis alterações ou modificações de objetivos, metas e finalidades. A reflexão e a discussão desses aspectos deveria ajudar na opção por uma alternativa mais favorável. A geometria dos empreendimentos comporta sempre alternativas, tanto nos objetivos como na execução. Ao compará-las, com um mínimo de rigor técnico e científico em seus impactos ambientais, o EIA pode destacar diferenças de grande magnitude sobre as quais os tomadores de decisão deverão ou poderão optar.</p> <p>Definida uma alternativa, ela deve ser objeto de um estudo de impacto ambiental mais detalhado na segunda parte do EIA, sobretudo em seus aspectos operacionais. Existe uma grande pirâmide de métodos e procedimentos para os estudos de impacto ambiental. No Brasil eles são, em sua maioria, de paradigma empirista. Existem também os roteiros propo-</p>	<p><i>impacto ambiental</i> (EIA) de um projeto ou empreendimento. Para cada caso, uma equipe multidisciplinar, de geometria variável em função das características de cada empreendimento, deve buscar responder, entre outras, pelo menos às seguintes perguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • qual o impacto ambiental entre fazer e não fazer o projeto? • existem várias alternativas para fazer o projeto? • qual o impacto ambiental de cada uma dessas alternativas? • existiria uma alternativa nitidamente favorável? Qual e por quê? <p>Para a tomada de decisão, o conhecimento das respostas a essas perguntas, através do EIA, ou mesmo a impossibilidade de tê-las, é fundamental. A reflexão sobre esses aspectos ajuda a decidir progressivamente sobre o empreendimento. O primeiro passo é o de saber: fazer o projeto representa um impacto ambiental mais favorável do que não fazê-lo?</p> <p>Supondo-se uma resposta do EIA inicialmente favorável à execução do empreendimento, este deve apresentar e avaliar as alternativas diferentes de execução para o projeto. Isso acontece raramente nos EIA</p>

EXTINÇÃO

novos custos, prazos e metas, para atender às recomendações técnicas dos especialistas, as responsabilidades desses últimos estão realmente engajadas. Nem sempre os quadros técnicos-científicos estão dispostos a assumir tão radicalmente as consequências de suas idéias e conhecimentos. Muitos preferem divergir desse cenário de validação efetiva de suas propostas. Preferem um refúgio mais seguro no oferecimento de descrições do meio físico, na listagem das plantas e animais presentes na área ou na região (mais prudente) do projeto. Esse tipo de conhecimento pode ser agregado sem risco ou maiores polémicas aos processos de obtenção de licenciamento ambiental e rende seguros dividendos. Mesmo se em nada contribuem para detectar, identificar, qualificar, quantificar ou explicar impactos ambientais previsíveis e indesejáveis.

EXTINÇÃO

Quando não há registros de nenhum indivíduo de uma determinada espécie por mais de 50 anos, ela é considerada extinta. Isso serve tanto para vegetais como para animais. Na verdade, são poucos os casos

comprovados de extinção total na *fauna* atual. Dizer que uma espécie se extingue a cada minuto, ou hora, ou ano é errôneo. Muitas vezes existe apenas uma falta de registro científico da espécie e, mesmo depois de 50 anos, alguns grupos são "recontrados". Por isso é preferível usar a expressão "espécie ameaçada de extinção" no lugar de "espécie extinta".

Estima-se que mais de 99% das formas de vida que surgiram na Terra estão extintas. Esse processo histórico natural de mutação e seleção encontrou aspectos inéditos na consolidação e na expansão da espécie humana. O Homem foi e tem sido diretamente responsável pela ameaça de extinção de várias espécies animais, numa escala de tempo curtíssima para os padrões normais de evolução das espécies. Sob sua influência, pela caça sistemática e pela destruição dos *habitats*, há quarenta mil anos desaparecia na África a girafa dos chifres vermelhos; há vinte mil anos eram extintos o *rinoceron-te de Merck* e o rinoceronte lanado, o grande urso e o cervo das turfeiras, entre outros animais. Um pouco mais tarde, há cerca de 10.000 anos, eram extintos os *mamutes*, os bisões chamados antigos, o tigre com

EXTINÇÃO

dentos de sabre, as preguiças e os tatus gigantes. Nos últimos milhares de anos, os homens extinguiram vários lemures em Madagascar, os *moas* — aves gigantes da Nova Zelândia —, os aueros — ancestrais dos bois domésticos — na Europa, entre outras espécies. Foram identificadas cerca de 160 espécies de aves extintas nos últimos três séculos sob a ação do homem. As faunas insulares foram as que mais sofreram com o vandalismo humano. Nas ilhas Mascarenhas, por exemplo, 24 das 28 espécies de aves existentes foram extintas, sendo dentre elas a mais famosa o *dodo*. Os marinheiros do século XVIII extinguiram também o grande *pingüim (Pinguinis impennis)* do Atlântico Norte. Os últimos dois exemplares foram capturados na Islândia em 1844. Hoje muitas espécies seguem ameaçadas de extinção em todos os continentes pela caça clandestina e pela destruição de seus *habitats*.

A ameaça de extinção é determinada pelo número de indivíduos restantes de determinada espécie e varia caso a caso. Pode haver ameaça de extinção mesmo quando existe um grande número de animais, se for alto o grau de consanguinidade entre eles. Pode haver ameaça de extinção mesmo quando a espécie é facilmente reproduzida em zóos, se seu hábitat natural está totalmente destruído.

De acordo com os critérios internacionais estabelecidos, a ameaça de extinção é dividida em três categorias: 1. em perigo — espécies cuja sobrevivência é improvável, se continuarem operando as causas da ameaça; 2. vulneráveis — espécies que possivelmente passarão à categoria de "em perigo" em futuro próximo, se continuarem operando os fatores adversos; e 3. raras — espécies com pequena população mundial, que estão em risco (em geral, são espécies endêmicas, restritas a pequenas áreas geográficas). É muito mais difícil extinguir uma espécie vegetal do que animal, devido à facilidade de reprodução dos vegetais. É quase impossível indicar a extinção de uma espécie vegetal nos últimos séculos.

FAUNA

F

O conceito de fauna é de uso comum e designa o conjunto de animais que habitam uma determinada região, ecossistema, ou mesmo os que viveram num período geológico (a fauna do Mesozóico, por exemplo).

Em ecologia, o conceito de fauna foi recebendo precisões e denominações mais específicas, em função do tamanho dos animais e dos ambientes considerados: *microfauna*, *mesofauna* e *macrofauna* do solo, por exemplo.

O conceito de *povoamento* animal articula à fauna uma série de parâmetros passíveis de serem qualificados e quantificados, como sua estrutura, densidade, demografia, quocientes sexuais, dispersão espacial etc.

Um termo cada vez mais adotado nos estudos faunísticos é o de *guilda*. A palavra tem origem na latinização medieval do termo neerlandês *gilda*, pelo francês *guilde*, usado inicialmente para designar a associação de mutualidade entre corporações de artesãos, operários, artistas ou comerciantes existente na Idade Média. Em ecologia, a guilda designa um grupo faunístico com algum comportamento ou funcionamento

ecológico idêntico. A noção de guilda é freqüentemente empregada no sentido de comportamento alimentar. São conjuntos de animais que, independentemente de sua natureza, tamanho ou número, compartilham um mesmo recurso alimentar. Por exemplo, os comedores de insetos constituem uma guilda, dentro de um ecossistema. Assim, é freqüente referir-se à guilda dos herbívoros, dos nectarívoros etc. Uma guilda pode variar ao longo do tempo, em função da *migração* sazonal de alguns de seus componentes.

FLORA

A *flora* refere-se sempre à lista de plantas existentes numa determinada região: a flora da caatinga, da Mata Atlântica, de um parque nacional etc. Todos os indivíduos que compõem uma população vegetal são designados pelo mesmo nome numa lista florística que, em geral, é composta pela espécie, pelo gênero e pela família. Numa flora, todas as espécies estão no mesmo plano, as raras e as freqüentes, as grandes e as pequenas.

O conceito de flora é usualmente confundido com o de vegetação. A vegetação é a emergência espacial organizada da flora em interação com o meio ambiente. A vegetação compreende o conjunto das plantas que vivem numa determinada região e pode ser descrita por parâmetros estruturais como porte, estratificação, recobrimento do solo etc. Na vegetação, cada espécie cumpre um papel diferenciado, em função de sua importância em termos de tamanho, abundância, repartição espacial etc.

A flora resulta de ações e eventos muito antigos e traz toda uma história botânica. Nas regiões onde, durante o Quaternário, houve flutuações climáticas importantes (períodos secos, desenvolvimento de geleiras etc.), as floras foram muito afetadas e só podem ser entendidas nesse contexto. São essas flutuações climáticas dos últimos 500.000 anos que explicam por que a flora da Europa é muito mais pobre do que a flora da América do Norte, por exemplo. Já a vegetação resulta quase sempre de ações atuais ou recentes e, em particular, da ação do homem. Todo estudo da vegetação e das *comunidades* vegetais implica obrigatoriamente um conhecimento da flora que as compõe.

INVERSÃO TÉRMICA

Em condições normais, a temperatura do ar diminui à medida que se sobe em altitude. Essa idéia geral não dá conta de mudanças muito mais complexas que ocorrem no gradiente vertical das temperaturas atmosféricas. A inversão térmica é um fenômeno que resulta do aumento brusco da temperatura no gradiente vertical da atmosfera. Em geral, ela ocorre no inverno e se caracteriza pelo ar quente aprisionado sob o ar frio, que age como uma espécie de tampa invisível. A inversão térmica aprisiona os poluentes na baixa atmosfera, impedindo sua dispersão.

No caso de áreas urbanas, produtoras dos mais diversos poluentes atmosféricos, as inversões térmicas podem ser agravadas pela posição topográfica das cidades. Em capitais como São Paulo, no Brasil, Santiago, no Chile, Los Angeles, nos Estados Unidos, ou Madri, na Espanha — situadas na parte baixa de vales ou em calhas de rios —, o relevo e o entorno de montanhas ou colinas dificultam a circulação do ar e a dispersão dos poluentes no caso de inversão térmica. A verticalização das megalópoles gera

um muro ou uma selva de edifícios que limitam ainda mais a circulação dos ventos.

As crises de degradação aguda da qualidade do ar durante as inversões térmicas e o período de inverno apenas ilustram e revelam o caráter crônico e permanente da emissão de poluentes pelos veículos, residências e indústrias. Durante o verão, com as chuvas, ventos e condições atmosféricas favoráveis à dispersão dos poluentes, os cidadãos não se dão conta da poluição que geram em permanência. Já nos meses de inverno, essa realidade se revela plenamente.

INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES

Em ecologia a palavra introdução em geral refere-se ao ato de soltar ou plantar, num determinado ecossistema, uma espécie que nunca existiu ali. As introduções costumam causar desequilíbrios ecológicos, temporários ou permanentes, porque o animal ou vegetal introduzido não costuma encontrar predadores e/ou parasitas. Isso lhe dá vantagem sobre os demais habitantes do ecossistema e pode levar a uma proliferação maciça da espécie introduzida, em detrimento das autó-

tones. No caso de ecossistemas simples, como os insulares ou isolados, pobres em espécies, os desequilíbrios são excepcionalmente graves.

Em Fernando de Noronha, arquipélago brasileiro situado no Oceano Atlântico, não existiam predadores terrestres, carnívoros ou onívoros, até a chegada do homem. Os homens, voluntária e involuntariamente, introduziram na ilha principal do arquipélago os cães, os gatos, os ratos e o *lagarto teiú* (*Tupinambis teguim*). O resultado foi catastrófico para as aves que tinham o hábito de nidificar nos solos. Na ilha principal, ao contrário das demais, os ninhos foram reduzidos a quase nada e as populações de aves litorâneas somente subsistem em algumas áreas de difícil acesso aos predadores.

A introdução de abelhas europeias em Fernando de Noronha, num ambiente naturalmente pobre em agentes polinizadores, também tem contribuído para alterar a *fitodiversidade* local. Aumentou a proliferação de determinadas plantas invasoras, principalmente daquelas que dependiam de insetos para sua fecundação, em detrimento das dependentes do vento e de outros agentes polinizadores.

Outras introduções não tiveram sucesso em Fernando de Noronha, como a de canários, coatis, micos etc. Com o aumento do turismo e a falta de controle sanitário, a introdução de plantas, frutas e sementes levou uma série de doenças e pragas até alguns anos inexistentes num arquipélago que, historicamente, tinha servido como quarentenário do Ministério da Agricultura.

Um dos exemplos mais impressionantes de introdução involuntária de espécies, com graves consequências ambientais, foi a das *abelhas africanas*. Libertadas no Brasil, hoje atingem a América Central, levando, em muitos locais, ao declínio de outras populações de polinizadores, além dos acidentes mortais com pessoas e animais.

MEIO AMBIENTE

M

Para a ciência ecológica, o meio ambiente deve ser entendido como um conjunto de limitações e possibilidades para uma determinada espécie. Sempre heterogêneo, variando de um local para outro, o termo meio ambiente, quando empregado de forma genérica, para o ecólogo não quer dizer absolutamente nada.

Em ecologia, não se pode falar em meio ambiente sem referência obrigatória a um *ambientado*. Uma espécie ou uma população (entendida como o ambientado) também representa um conjunto de aptidões e recursos que lhe permitirão resistir ou conquistar determinado ambiente. As transformações do meio ambiente podem ter consequências muito diferentes conforme o ambientado considerado.

Quando um lago, por exemplo, é contaminado progressivamente por adubos oriundos da agricultura vizinha, o que ocorre com o meio ambiente? As algas são imediatamente beneficiadas. Com a chegada de nutrientes suplementares, principalmente fósforo e nitrogênio, as algas proliferam e encontram possibilidades de desenvolvimento novas e mais favo-

ráveis. O meio ambiente "melhorou" para as algas. Para os peixes, pode ser uma verdadeira tragédia. A proliferação das algas vai diminuir o oxigênio dissolvido na água e limitar as possibilidades de seu desenvolvimento. Os peixes morrem asfixiados. Suas populações declinam. O meio ambiente "piorou" para os peixes.

Com este exemplo simplista quer-se indicar como a evolução das condições ambientais não pode ser objeto de um juízo absoluto. O meio ambiente é sempre um conjunto de possibilidades físicas, químicas e biológicas para cada indivíduo de uma determinada comunidade. O desmatamento de uma floresta pode ter significados completamente diferentes para as diversas populações vegetais e animais existentes no local e em sua vizinhança.

Freqüentemente, ao usar o termo meio ambiente, a mídia e os ecologistas estão preocupados com uma espécie em particular, o *Homo sapiens sapiens*. Esse ambientado — uma população entre milhões de outras populações existentes no planeta, para os ecólogos — merece mesmo uma atenção especial, dada sua capacidade de transformação das condições ambientais.

Na tentativa de limitar, fiscalizar e regulamentar determinadas atividades humanas, a definição de meio ambiente passou a assumir para alguns dimensões jurídicas e legais. A visão antropocêntrica e etnocêntrica marca essas preocupações sociais, mediada por princípios éticos relativos e relativizáveis de uma cultura a outra, de uma sociedade a outra, distantes das preocupações diretas da ciência ecológica.

A Constituição do Brasil é um exemplo típico dessa visão reducionista e antropocêntrica, logo no enunciado de seu capítulo sobre o meio ambiente. O artigo 228 dispõe: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia *qualidade de vida*, impondo-se ao Poder Público o dever de defendê-lo e à coletividade o de preservá-lo para as presentes e futuras gerações". Grande parte dos maiores crimes contra a natureza foram, têm sido e possivelmente ainda serão perpetrados em nome do povo e de sua qualidade de vida, provavelmente com argumentos cada vez mais sutis e sofisticados, numa linha de ação bem própria a alguns representantes do *Homo sapiens sapiens*.

NICHOS ECOLÓGICOS

A noção de nicho ecológico está relacionada ao lugar e ao papel que determinadas espécies ocupam nos ecossistemas. Esses papéis foram reconhecidos logo cedo pelos exploradores. Em todos os continentes, eles encontraram espécies que cumpriam o papel do rato, o de um gato pequeno, o de um gato grande, o de um urubu etc. Em ecossistemas diferentes ou paralelos é possível identificar esses papéis e reconhecer espécies idênticas ou diferentes que os desempenham. Esses papéis correspondem à noção de nicho ecológico. Num ecossistema dado, um nicho ecológico pode estar ocupado por uma ou outra espécie e mesmo permanecer vazio durante um certo tempo.

O termo nicho foi criado por Grinnel, em 1917, e difundido por Elton, em 1927. Ambos designam por nicho ecológico o papel e o lugar do organismo no funcionamento da biocenose. A noção de nicho tem causado muita discussão entre os ecólogos, dada a dinâmica permanente dos ecossistemas, a complexidade dos processos de *competição* e evolução.

Alguns autores propuseram uma distinção entre *nicho fun-*

cional e nicho espacial. Assim, o aspecto principal seria o funcional. Uma espécie ocupa um nicho funcional dado, mas ele pode ser ocupado — em outro espaço, em outra estação ou de um ano para outro — por outras espécies. Outros autores preferem definir vários nichos: o alimentar, o espacial, o comportamental, o reprodutivo... Num sentido divergente, Hutchinson (1957) definiu o nicho como o conjunto das condições nas quais vive e se mantém uma população. Esse *nicho potencial*, ou ótimo, restringiria-se, com base nas interações interespecíficas, para dar lugar ao nicho real da população, consideradas as outras existentes no mesmo ecossistema. O volume do nicho ecológico de cada espécie é função inversa do número de espécies existentes num ecossistema. Quanto maior o número, menor seria esse volume.

Estudos ecológicos têm mostrado como o nicho de uma espécie pode "escorregar" na pre-

sença de uma outra, competidora. Os casos mais conhecidos são os de *exclusão espacial*. Um pássaro capaz de viver em vários tipos de floresta deixa de estar presente em determinadas florestas quando nestas existe um determinado competidor. A *introdução* de novas espécies, acidental ou experimental, é também um processo cheio de exemplos dessa natureza. No caso da luta biológica, contra pragas e doenças, busca-se voluntariamente essa exclusão de determinadas espécies de um nicho ecológico, cultivando os desempenhos demográficos, alimentares ou comportamentais.

Apesar de abandonado por muitos ecólogos, dado o seu caráter quase platônico, o conceito de nicho ecológico ainda é usado por aqueles que o vêem como uma palavra capaz de reunir, de forma coerente, fenômenos aparentemente muito diferentes nos ecossistemas, mas que podem traduzir um funcionamento similar.

PAISAGEM

O conceito de paisagem é de uso comum, antropológico, e evoca uma porção de território abarcada por um lance de vista. Como objeto de pesquisa, as paisagens foram inicialmente estudadas, estrutural e funcionalmente, pelos geógrafos. Recentemente, a ecologia também descobriu a importância e a validade desse conceito para uma melhor compreensão da repartição e da interação espacial dos ecossistemas.

Voltada para a ecologia terrestre, a ecologia das paisagens (*landscape ecology*) visa descrever, explicar e entender o espaço heterogêneo e multifuncional. Esse tipo de abordagem vai desde o estudo da gênese das paisagens até a sua dinâmica ambiental. Tal dinâmica está vinculada, em primeiro lugar, ao balanço existente entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos, onde a vegetação cumpre um papel fundamental.

O recobrimento vegetal disipa a energia cinética das chuvas e dos ventos, entre outros agentes físicos. Ao invés de alimentar a morfogênese (erosão, movimento de materiais...), esses agentes climáticos terminam por favorecer a pedogênese

R

em ambientes estáveis. Nos ambientes instáveis tem-se o contrário: uma perda e um transporte de material edáfico mais intenso, a dificuldade da vegetação em fixar-se e se desenvolver no substrato físico etc.

Na medida em que a dinâmica das paisagens está bastante vinculada à vegetação nos ambientes naturais, as mudanças introduzidas pelo homem no uso das terras também podem influenciar na estabilidade ou instabilidade ambiental de uma área. A ação do homem, ao erradicar a vegetação nativa e substituí-la por outra de seu interesse, altera a rugosidade das paisagens, levando à fragmentação e simplificação das formas e das comunidades vegetais.

Por essas razões, a caracterização ecológica das paisagens considera simultaneamente fatores relativamente estáticos, como a geologia, a pedologia, a topografia etc. — quase sempre vinculados ao meio abiótico —, e fatores dinâmicos, como as precipitações, a vegetação, as populações animais...

A ecologia das paisagens encontra-se em pleno desenvolvimento. Dada a dinâmica espaço-temporal do uso das terras na maioria das regiões do planeta, ela utiliza com frequência instrumentos como o

sensoriamento remoto: os satélites voltados para a obtenção de imagens dos recursos naturais terrestres. Na interpretação de imagens orbitais e na cartografia de ecossistemas, a ecologia das paisagens trabalha com noções de *padrões espaciais, vizinhança, diversidade de espacial, fragmentação, heterogeneidade, rugosidade, textura, gradientes, gradções* etc. Essas noções permitem uma compreensão mais detalhada das transferências de energia e matéria entre os ecossistemas, de suas interdependências e condicionamentos dentro de um marco espacial concreto, como uma bacia hidrográfica, uma encosta voltada para o norte ou exposta a um vento dominante.

POLUIÇÃO

A poluição representa, sem dúvida alguma, um dos mais preocupantes efeitos da degradação do meio ambiente pela civilização moderna. Não existe tema tão estudado e debatido em ecologia como o problema da poluição. Para muitos, falar de ecologia é quase sinônimo de falar de poluição.

O termo poluição foi definido por Ramade em 1977 como

uma alteração ou modificação desfavorável do meio natural, que aparece em parte ou em totalidade como subproduto da atividade humana. Através de efeitos diretos ou indiretos, a poluição altera os critérios de repartição dos fluxos de energia, dos níveis de radiação, da constituição físico-química do meio natural e da abundância das espécies. Essas modificações podem afetar o homem diretamente ou através de recuos consuetudinários: os gerados pela agricultura, a água, o ar ou outros produtos biológicos. Esses produtos também podem afetá-lo ao alterar os objetos físicos que este possui ou consuntiu, reduzindo as possibilidades recreativas do meio ambiente ou ainda empobrecendo e enfeando a natureza.

A poluição abarca um campo vastíssimo de estudos e trabalhos científicos inter-relacionados, mas não confundíveis. Em primeiro lugar estão os trabalhos consagrados à poluição do ar, seguidos pelos estudos de poluição das águas e dos solos. Hoje avalia-se inclusive a poluição satelitizada e em órbita, graças aos programas espaciais dos diferentes países.

A natureza dos poluentes varia muito e se diversificou com a própria evolução dos

meios de produção e consumo. Existem os poluentes sólidos, líquidos, gasosos, radiativos, sonoros, biológicos... Muitos produtos naturais também são considerados como poluentes quando sua concentração ou presença excede os níveis normais ou aceitáveis em determinado ambiente. Enquanto isso, produtos tóxicos, mesmo em pequenas quantidades no meio ambiente, já podem ser considerados como uma ameaça para os seres vivos.

Em síntese, os principais tipos de poluição podem ser classificados em três grupos, como propõe Barbault: as poluições de natureza física (poluição térmica, radiações, ruídos, infra-sons...), as poluições químicas (produtos naturais, minerais ou orgânicos, substâncias de síntese antes inexistentes na natureza...) e as biológicas (contaminações microbiológicas, introdução de espécies exóticas, proliferação de determinadas espécies...).

POLUIÇÃO DO AR

Os principais poluentes atmosféricos podem ser classificados em dois tipos: os *poluentes gasosos* e os *aerossois*.

Os poluentes gasosos resultam diretamente das atividades

industriais, urbanas e agrícolas. Em primeiro lugar estão os derivados do carbono, como o dióxido de carbono, ou gás carbônico (CO_2), o óxido de carbono ou monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos e os aldeídos. Os carros a gasolina estão entre os principais responsáveis pelo lançamento de CO_2 e CO na atmosfera. Somente nos Estados Unidos, os automóveis emitem mais de 150 milhões de toneladas de carbono por ano. Mais grave é o consumo de carvão pela indústria e pelo aquecimento residencial durante o inverno nos países temperados, responsáveis pelo aumento do carbono na atmosfera: são mais de 3 bilhões de toneladas de carbono por ano. A incineração de lixo, por um lado, o consumo de lenha e os incêndios florestais, por outro, também contribuem em termos equivalentes na emissão de carbono, cerca de meio bilhão de toneladas/ano. Quanto aos hidrocarbonetos, além das fontes naturais — emissão pela vegetação de hidrocarbonetos terpênicos —, eles resultam principalmente da combustão incompleta do óleo diesel e da gasolina.

O anidrido sulfuroso ou gás sulfuroso (SO_2) resulta, sobretudo, da riqueza em enxofre

existente nos combustíveis derivados do petróleo. Estima-se que dois terços desse poluente sejam emitidos em ambiente urbano. Ele é responsável pela alteração do pH ou pelo aumento da acidez das chuvas. Nuvens de ácido sulfúrico se formam no contato do gás sulfuroso com o vapor de água atmosférico e dão origem à chamada *chuva ácida*.

A introdução de partículas sólidas, aerossóis, representa também uma importante fonte de poluição atmosférica gerada pelo homem, além do caráter natural desse fenômeno (erosão eólica, atividade vulcânica etc.). As diversas partículas ou "poeiras" lançadas na atmosfera podem ser classificadas em função de seu tamanho: as de grande tamanho (sedimentáveis), as semifinais ou pouco sedimentáveis e as inframicroscópicas (insedimentáveis). As primeiras, em grandes aglomerações industriais urbanas, podem representar uma deposição de várias centenas de toneladas por quilômetro quadrado a cada ano! Em termos qualitativos, as indústrias siderúrgicas e as metalúrgicas lançam grandes quantidades de óxidos de ferro, bem como aerossóis de zinco, chumbo, cobre e alumínio, extremamente poluentes. A des-

truição de baterias de automóveis, sobretudo em incineradores, também leva muito *chumbo* à atmosfera. Basta lembrar que as baterias consomem cerca de um terço da produção mundial de chumbo. Outro problema importante de aumento da turbidez atmosférica está ligado à prática generalizada de *queimadas* agrícolas em países tropicais e à ocorrência de incêndios em florestas temperadas e vegetações muito suscetíveis, como as do entorno mediterrânico.

Cabe agregar ainda a poluição sonora, uma das poluições atmosféricas mais difíceis de serem eliminadas. Ela representa hoje uma das principais preocupações ambientais de países como o Japão, já que cresce a cada dia nos ambientes urbanos e industriais, apesar dos avanços obtidos nos processos de transformação e transporte, bem como nos isolantes sonoros. Os problemas de poluição sonora afetam tanto a sociedade humana como as populações animais. Estudos ecológicos mostram, por exemplo, como a ruptura da barreira do som por aviões militares, seguida por um estrondo característico, é capaz de inviabilizar os ovos de várias espécies de aves ainda no

POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Os processos de poluição de águas continentais (reservatórios, lagos, rios, lençóis freáticos, poços...) são de natureza muito diferente dos que ocorrem em águas oceânicas ou dos mares, tanto nos mecanismos em jogo como nas consequências ambientais. Mas ambas, as águas doces e as oceânicas, são receptáculo de uma enorme gama de poluentes químicos, radioativos, microbiológicos, sonoros, orgânicos.

Os principais responsáveis pela poluição das águas doces são os sais solúveis (nitratos, cloretos...), os detergentes, os adubos e os metais pesados, o fenol, os pesticidas e a poluição biológica, todos produzidos pelas atividades humanas, industriais, urbanas e agrícolas. Cada um desses grupos de poluentes mereceria um capítulo, dadas

POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

suas especificidades. Sua dinâmica no meio hídrico é bastante conhecida, ao contrário do que acontece com os poluentes atmosféricos. A alteração da temperatura das águas após seu uso industrial, assim como de suas características e propriedades físicas, em função da presença de matérias em suspensão, também são formas de poluição da *hidrosfera*.

A poluição biológica das águas se caracteriza sempre por uma forte contaminação bacteriológica, gerando problemas de saúde pública permanentes, agudos e crônicos. O caso do *cólera* no Brasil, sua expansão e manutenção sob forma endêmica é um exemplo do terreno fértil que vírus e bactérias nocivas ao homem (hepatite, colibaciloses...) encontram hoje nos recursos hídricos poluídos. As matérias orgânicas lançadas nos cursos d'água, de origem industrial ou doméstica, também são putrescíveis. A fermentação desses resíduos leva a uma diminuição do oxigênio dissolvido na água, cuja medida é conhecida como *DBO* (*demandada biológica do oxigênio*).

Enquanto na atmosfera a taxa de oxigênio se mantém constante mesmo em ambientes poluídos, o mesmo não acontece nos ambientes aquáticos.

A quantidade de oxigênio dissolvido na água é função de sua temperatura. De cerca de 15mg por litro a 0°, ela cai para 7,5 a 30°. Nos mares, a taxa de oxigênio dissolvido é menor que nas águas continentais, e as propriedades físicas da água — e grande estabilidade — contribuem para manter essa taxa de oxigênio bastante constante em ambientes naturais. O oxigênio é indispensável à vida, e sua taxa nas águas regula a existência e a dinâmica dos povoaamentos animais e vegetais.

A presença de poluição biológica se traduz pela proliferação de bactérias e microorganismos que se nutrem e degradam as matérias orgânicas putrescíveis. Para isso, eles consomem oxigênio, tanto utilizado na respiração desses organismos, como na oxidação dos produtos degradados. Isso se traduz por uma redução do oxigênio dissolvido na água, que vai ocasionar a morte por asfixia de organismos superiores como os peixes. Esse é um dos aspectos da eutrofização dos lagos e reservatórios, extremamente freqüente em regiões tropicais, para não dizer inevitável.

A poluição dos mares, desatinatório final de quase toda a

POLUIÇÃO DOS SOLOS

poluição hídrica, é agravada pelo caso dos hidrocarbonetos resultantes da lavagem dos tanques de navios e, sobretudo, dos acidentes com petroleiros, cuja magnitude tem sido crescente dado o aumento da capacidade de transporte desses navios. Os mares acumulam também grandes quantidades de metais pesados, pesticidas, detergentes, matérias orgânicas e matérias em suspensão, sobretudo na proximidade da faixa costeira ou em mares semifechados, como o Mediterrâneo, o Mar de Aral ou o Mar Negro.

As centrais nucleares implantadas à beira-mar (ou nas margens dos rios) também são um fator de poluição térmica e eventualmente radiativa. Os países desenvolvidos continuam destinando boa parte de seu lixo radiativo para o fundo dos mares, em contêineres especialmente concebidos para esse fim!

POLUIÇÃO DOS SOLOS

Resultado da degradação de um determinado material rochoso, sob a ação do clima, os solos evoluem também em função da posição topográfica que ocupam e da vegetação que os recobre.

A formação dos solos, conhecida como *pedogênese*, é contínua. Os solos evoluem em função de processos diferentes, como a *liviviação*, a *migração* de argilas, a *ferralitização*, a *ferruginização*, a *podzolização* etc. Hoje, um dos maiores fatores de mudanças na evolução dos solos é a ação humana. Grande parte dos solos são impermeabilizados nas cidades, recobertos por cimento, concreto e asfalto, uma das principais causas das enchentes: os rios têm de dar vazão em pouco tempo a uma grande quantidade de água que antes se infiltrava nos solos.

Mas o pior problema para os solos é a sua poluição através de resíduos sólidos e líquidos. Já na Antiguidade o homem degradou muitos solos de forma lenta e crônica, pelo pastoreio excessivo. Os primórdios da irrigação no Oriente (Babilônia, Egito) levaram a graves problemas de *salinização* dos solos. Um fenômeno insidioso e invisível. Assim pereceram os jardins da Babilônia, apesar de todos os sacrifícios aos deuses para que as plantas voltassem a crescer.

Hoje, a principal fonte de poluição dos solos é a agricultura. Em primeiro lugar, pelo uso inadequado de adubos, herbicidas, fungicidas e inseticidas.

Em segundo lugar, pelo desmatamento, pelo uso do fogo e de tecnologias agrícolas inadequadas. Com o tempo, os solos perdem suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Empobrecem e diminuem sua capacidade produtiva. Acabam abandonados ou destinados a atividades extensivas, como a pecuária. Nesse estado, existem hoje na Amazônia brasileira mais de 200.000km².

POPULAÇÃO

Para a ecologia, uma população é um conjunto de indivíduos da mesma *espécie* ocupando um espaço determinado. Nem sempre é fácil estabelecer do que se trata "um espaço determinado". Os ecólogos são obrigados a delimitar as populações: os macacos de uma floresta, os peixes de um lago, os répteis de uma colina... Mas as populações, como os ecossistemas, são *sistemas abertos*, e essa visão é que permite uma delimitação, sem maiores problemas, das populações.

Para a ecologia, as populações animais e vegetais se apresentam como um todo coerente e que possui propriedades intrínsecas, bem além das características dos indivíduos que as

compõem (R. Barbault). Em outras palavras, as populações possuem uma organização própria, caracterizada por uma rede de inter-relações genéticas, tróficas, sexuais, etológicas e até fisiológicas. Mas, para a ecologia, o conjunto funcional a ser estudado é o sistema constituído pela população e seu ambiente.

As populações podem ser descritas a partir de uma série de critérios qualitativos e quantitativos. A primeira característica quantitativa das populações é o seu *efetivo*, ou o número de indivíduos que a compõem. Em geral os ecólogos trabalham com um dado mais cômodo, a *densidade*, ou o número de indivíduos por unidade de superfície ou de volume. Dentro de um espaço ou volume dado, a ecologia é capaz — graças a procedimentos estatísticos e matemáticos — de estabelecer como é a repartição espacial dos indivíduos. Ela pode ser regular, aleatória ou agrupada. Essa repartição, e os valores que ela assume, representam importantes indicadores sobre o comportamento dos indivíduos (gregarismo, *migração*, nomadismo, territorialismo, dominâncias...) e sobre sua relação com elementos do espaço (recifes, árvores, rochedos, formigueiros...).

As estruturas das populações também são estudadas pelos ecólogos em termos de suas idades ou pirâmides etárias e de suas proporções sexuais (*sex-ratio*). Esses valores variam durante o tempo, em função das condições ambientais (verão/inverno, período seco/chuvoso...) e em função da própria evolução demográfica da população. O crescimento das populações tende a ser exponencial, já que são verdadeiros sistemas cinéticos. Os ecólogos desenvolveram modelos matemáticos que permitem conhecer a cada instante o efetivo real e não somente teórico de uma população, em evolução constante. Esses modelos trabalham com as taxas de natalidade e mortalidade das populações, de um lado, e, por outro, com as taxas de *imigração* e *emigração*. Eles podem integrar, ainda, aspectos de *competição*, intra-específica e interespecífica.

Outra série de instrumentos matemáticos foram desenvolvidos pela ciência ecológica para estabelecer tabelas de sobrevivência e de fecundidade para diferentes populações, considerando a idade dos indivíduos. Tais tabelas de sobrevivência são chamadas longitudinais ou dinâmicas, quando tratam de toda a vida da espécie, entre seu nascimento e sua extinção. E são chamadas transversais ou estáticas quando se aplicam a um período dado na vida da população. As tabelas de fecundidade são importantes para determinar as mudanças demográficas das populações através do estabelecimento de taxas de natalidade.

Os estudos quantitativos das populações também permitem conhecer melhor as relações predador-presa e o controle exercido de forma passiva e ativa entre ambos. Tanto as estratégias de exploração do predador como o comportamento da presa podem ser mais bem entendidos através de estudos ecológicos das dinâmicas de suas populações. Enfim, os estudos de *nicho ecológico* são bastante dependentes de parâmetros e métodos estabelecidos nos estudos ecológicos das dinâmicas das populações animais e vegetais.

Para realizar esses estudos e estabelecer noções de *limitação*, *regulação* e *estabilização* entre as populações e o meio ambiente, os ecólogos desenvolveram teorias e *estratégias de amostragem* extremamente sofisticadas e complexas. As estratégias de amostragem e as técnicas de coleta associadas

POVOAMENTO	POVOAMENTO
<p>são fundamentais para que esses dados possam ser conhecidos em ambientes de difícil acesso, como as profundezas do mar, o cimo das árvores, o subsolo etc., ou no caso de animais de difícil observação, dados os seus hábitos, tamanho ou ambiente em que vivem. As <i>estratégias de amostragem</i> e as técnicas de coleta não destrutivas ajudam também na obtenção de dados sem perturbação, ou com uma perturbação mínima, no ambiente e nas populações.</p> <p>Nenhum manejo racional de populações, com o objetivo de restaurar um equilíbrio ambiental, reintroduzir uma espécie, favorecer seu desenvolvimento ou proceder a uma utilização dos recursos faunísticos sem comprometê-los — como no caso da pesca de determinados animais (sardinhas, atuns, lagostas, camarões...) — pode ser realizado com sucesso sem o conhecimento científico dos parâmetros que regem a ecologia da população de interesse.</p>	<p>taxonômico (povoamento de aves, povoamento de macacos, povoamento de árvores...) ou funcional (povoamento de carnívoros, povoamento de herbívoros...). Num ecossistema, um povoamento não pode ser confundido com a biocenose que reúne todos os seres vivos ali existentes. Trata-se de um conceito, usado pelos ecólogos para definir um nível de organização das formas de vida nos ecossistemas, intermediário entre a população e a biocenose. A história da ciência ecológica tem demonstrado a importância do estudo dos povoamentos como uma etapa necessária a compreensão do funcionamento de biocenoses, de suas estratégias demográficas e de seu papel nos ecossistemas.</p> <p>Os povoamentos podem ser caracterizados de várias formas. O primeiro ponto é o de determinar as espécies das populações que os compõem ou a sua <i>riqueza específica</i>. Trata-se do sentido comum das expressões que descrevem uma região ou uma área como importante ecologicamente por possuir uma grande riqueza florística ou faunística. Para os ecólogos, tanto uma grande como uma pequena riqueza faunística têm a mesma importância. Até porque em dois ecossistemas dife-</p>
<p>rentes as riquezas específicas podem ser as mesmas (a mesma riqueza de pássaros, por exemplo), mas num deles mede a taxa de extinção. Como medir essas realidades?</p> <p>O segundo parâmetro global de caracterização de um povoamento, usado em ecologia, é a sua <i>diversidade específica</i>. Graças aos estudos ecológicos dessa natureza, hoje em dia se atribui uma grande importância à diversidade biológica, a biodiversidade, objeto inclusive de uma convenção internacional firmada durante a RIO-92.</p> <p>Mas, para defender ou preservar a biodiversidade, é necessário conhecê-la e quantificá-la. Não é simples medir a diversidade, que não pode ser confundida com riqueza específica, relativamente fácil de ser quantificada. A <i>diversidade específica</i> integra a abundância relativa de cada uma das espécies com relação às outras do povoamento. Em geral, existem várias fórmulas matemáticas, baseadas em probabilidades e na teoria matemática da informação, para quantificar a diversidade específica de uma população e até de um ecossistema. São os chamados índices de diversidade. O resultado desses índices se expressa em</p>	<p>bits. Um povoamento composto por duas espécies em proporções idênticas se traduz por um bit de diversidade. Nesse tipo de índice, espécies raras acabam contribuindo pouco no cálculo da diversidade. Os povoa-mentos que apresentam as maiores diversidades específicas são os de aves em florestas tropicais (5 a 5,2 bits) e em florestas temperadas (3,5 a 4,1 bits). As árvores da floresta tropical atingem índices de 3 a 5 bits, enquanto nas florestas temperadas esse valor fica entre 1 e 2,5. A título de exemplo, o <i>fitoplâncton</i> costeiro tem índices entre 1 e 2,5, enquanto o oceânico, de 3,5 a 4,5.</p> <p>No estudo dos povoaamentos, a <i>densidade</i>, entendida como o número de indivíduos por unidade de superfície ou volume, é um outro parâmetro complementar de medida.</p> <p>Com ajuda desses parâmetros é possível considerar o povoamento como um sistema organizado e estudar seus principais tipos de <i>interações inter-específicas</i>. Essas interações ocorrem na busca de exploração dos recursos naturais e terminam por estabelecer estratégias de compartilhamento de recursos no âmbito de um ecossistema dado. É o mecanismo que leva a uma separação eco-</p>

PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA	PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA
Nesse sentido, os termos conservação, proteção, preservação, restauração e recuperação são empregados em ecologia com um significado próprio, apesar de não existir um rigor de definição estabelecido para cada uma dessas palavras. Seus significados principais e distintos são:	<p><i>Conservação</i> — Implica a interferência do homem para que os ecossistemas ou as espécies sobrevivam. A conservação vai além da criação de parques ou reservas, pressupondo algum manejo da área. É diferente de preservação e proteção.</p> <p><i>Proteção</i> — Implica a regulamentação das atividades do homem, para que os ecossistemas e espécies não sofram grandes impactos. É diferente de conservação e preservação.</p> <p><i>Preservação</i> — Implica o afastamento total do homem e atividades humanas, mesmo que esporádicas. Numa área de preservação estão seres em equilíbrio, que podem viver sozinhos, desde que o homem não atrapalhe. É diferente de conservação e proteção.</p> <p><i>Recuperação</i> — Implica ações que ajudem um ecossistema ou uma espécie a restabelecer seu equilíbrio. Uma mata pode se recuperar sozinha, se passa a ser protegida</p>
contra novas agressões e se o grau de destruição não compromete a capacidade de regeneração. É diferente de restauração. <i>Restauração</i> — Nesse caso, a intervenção humana é ainda maior. Trata-se de reconstituir, às vezes a partir de quase nada, os ecossistemas existentes. Isso implica muitos investimentos, a reintrodução de germoplasmas vegetais e animais, a reconstituição de <i>hábitats</i> , populações e povoaamentos, um longo tempo de manejo etc. As vezes isso é fundamental após desastres ecológicos, como graves derramamentos de petróleo, incêndios, desmatamentos e outros processos que, além de erradicarem as espécies, alteram profundamente seu <i>hábitat</i> .	<p>PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA</p> <p>Há mais de dois bilhões de anos, relativamente no início da evolução, a vida "optou" por mediar toda a captação de energia solar — e por consequência o próprio funcionamento de toda a biosfera — a partir de um pequeno número de moléculas: a <i>clorofila</i> e alguns outros pigmentos assemelhados. A clorofila é uma molécula relativamente simples (um átomo</p>

PRESERVAÇÃO	PRESERVAÇÃO
lógica das espécies potencialmente concorrentes e permite a sua coexistência no mesmo ecossistema. <i>A separação ecológica</i> das populações acontece segundo quatro principais eixos: o espacial, o temporal, o morfológico e o etológico. <i>A segregação espacial</i> separa os animais em função da altitude, de microambientes ou de regiões geográficas diferentes. <i>A segregação temporal</i> os separa de forma cronológica e, assim, podem ocupar o mesmo lugar ou recorre em momentos diferentes e exclusivos. <i>A segregação morfológica</i> , ao aumentar o tamanho dos corpos, dos bicos, das mandíbulas..., faz com que os regimes alimentares se diversifiquem, da mesma forma que a <i>segregação etológica</i> (comportamental), tenha ela uma base morfológica ou não. Assim, o estudo ecológico dos povoaamentos passa pela análise dos mecanismos de separação ecológica das espécies e se apóia nas teorias de <i>nicho ecológico</i> e de <i>competição</i> (R. Barbault).	<p>exigência ética das sociedades. Superando progressivamente sua visão utilitarista dos recursos naturais, as sociedades passaram a considerar os bens da natureza não somente como possível matéria-prima para a produção de mercadorias, acúmulo de bens e riqueza.</p> <p>Várias palavras vieram se juntar a essa noção para definir as diversas formas de preservação ou proteção dos ecossistemas terrestres. Para cada necessidade e vontade preservacionista foram criadas figuras jurídicas, como os parques nacionais ou estaduais, as estações ecológicas, as reservas biológicas, as áreas de preservação permanente, as áreas de proteção ambiental, as reservas extrativistas etc.</p> <p>Os desafios preservacionistas ainda são muitos: manter para o futuro parcelas representativas dos ecossistemas primitivos, cada vez mais raros e ameaçados de desaparecimento; preservar <i>in situ</i> a diversidade de <i>germoplasmas</i>, em face da expansão genética originada pela exploração dos sistemas industriais, urbanos e agrícolas; manter algumas características fundamentais das paisagens, através de uma regulamentação do uso das terras; preservar recursos hídricos para consumo humano.</p>
PRESERVAÇÃO	<p>PRESERVAÇÃO</p> <p>A noção de preservação da natureza emerge como uma</p>

mo de magnésio com um anel de quatro grupos pirólicos) e pequena (peso molecular em torno de 900). Para sustentar toda a biosfera, a clorofila e as moléculas assemelhadas (ficobilinas, carotenóides...) parecem um repertório muito limitado. Como ironiza R. Margalef, é como se a imaginação tivesse deserdado o processo evolutivo num aspecto tão importante ou como se a frase mais aprovadora do Gênesis tivesse sido aplicada a este caso: "E viu Deus que o que tinha feito era bom".

O fato é que a clorofila é capaz de utilizar apenas uma pequena fração da luz solar, e raramente ela funciona em pleno rendimento, devido à própria organização do sistema de fotossíntese. Estudos realizados por ecólogos sobre o *fluxo de energia* nos ecossistemas mostram que em um dia de sol somente 10 minutos de luz são utilizados efetivamente no processo fotossintético. Em geral, essa fração aproveitada é menos de 1/40 da luz total. Assim, uma superfície de 1m² de vegetação, com um dia de 10 horas de luz, seria capaz de assimilar um máximo de 14g de carbono, valor na prática nunca alcançado.

A natureza biológica do processo de produção primária leva

a que boa parte dos produtos fotossintetizados sejam oxidados imediatamente. Eles são utilizados pela própria planta como consequência de sua respiração. Para viver, a planta também consome açúcares! Por essa razão pode-se distinguir a *produção bruta* ou total da *produção líquida*, que é o que resta depois de deduzida a respiração.

Parte dessa produção primária líquida irá alimentar os animais pelos mais diversos caminhos, dando origem aos mais diversos tipos de *produção secundária*. Os ecólogos estimam, de forma aproximada, que somente uma fração de 10% da produção líquida ou da energia de um determinado nível trófico flui para um outro. Nos animais, a relação entre alimento assimilado e alimento ingerido é extremamente variada. Em geral, essa eficiência alimentar aumenta na medida em que se sobe pela cadeia alimentar. Os peixes que filtram água, as minhocas que ingerem terra e mesmo determinados herbívoros e roedores têm uma eficiência alimentar muito baixa, pois pouco do que ingerem é efetivamente nutritivo. Já os carnívoros e detritívoros, já os carnívoros e detritívoros podem chegar a 80%.

QUEIMADAS

A dimensão atingida pela prática das queimadas na região intertropical tem sido objeto de preocupação e polémica em nível nacional e internacional. O fenômeno é generalizado na agricultura brasileira. Está presente desde os sistemas de produção menos intensificados — como os dos indígenas, que usam o fogo para preparar roças e caçar — até as agriculturas mais intensificadas, como a cana-de-açúcar, o algodão e os cereais — que queimam palhas e restos dos cultivos para controlar pragas ou facilitar a colheita.

No Brasil, basta um ligeiro aquecimento da economia agrícola para aumentar o fenômeno. Além dos restos de cultura, as queimadas estão presentes em vastas áreas de cerrados e acompanham os desmatamentos na Amazônia. O fogo entra também na colheita da cana, na limpeza e renovação de pastos em todo o Centro-Oeste e Sudeste, na preparação de terras de plantio no Nordeste e em outras regiões. A todas essas queimadas agrícolas somam-se os infinitos fogos em beira de estrada, lixões, fundos de quintais e terrenos baldios, ateados por gente fascinada por chamas e labaredas.



QUEIMADAS	
<p>tem ficado em cerca de 200.000 focos anuais.</p> <p>As queimadas não devem ser confundidas com os <i>incêndios</i> florestais ou de qualquer outra natureza. Em princípio, uma queimada tem local, hora e vegetação queimada decididos e controlados por alguém, em geral agricultores. O incêndio, ao contrário das queimadas, resulta de um ato involuntário ou criminoso. Alguns incêndios podem ter origem em queimadas que, por diversas razões, escaparam do controle dos agricultores.</p>	<p>rar uma informação sistemática e adequada para a opinião pública nacional e internacional, um esforço multiinstitucional de entidades de pesquisa e informação públicas e privadas, liderado por ecólogos, estruturou um sistema de monitoramento, mapeamento e divulgação semanal das queimadas ocorridas no país durante os meses secos do inverno, com base no uso de imagens orbitais dos <i>satélites NOAA</i> e seu sensor <i>AVHRR</i>. O sistema está operando desde 1991. O total anual das queimadas detectadas no Brasil</p>

QUEIMADAS	
<p>As queimadas ocorrem principalmente durante os meses de inverno, no período seco do ano. Somadas à poeira deste tempo seco e à poluição de fábricas e veículos, elas liberam calor e lançam no ar grandes quantidades de gases e poluentes. Acumulados na baixa atmosfera, eles agravam o complexo fenômeno do aumento das doenças respiratórias no inverno, ligado às mudanças de temperatura e umidade. A fumaça aumenta o risco dos vôos aéreos e do tráfego nas rodovias, reduz a visibilidade e causa acidentes. O fogo fora de controle destrói matas, redes elétricas e telefônicas, além de outros patrimônios públicos e privados.</p> <p>Alguns gases das queimadas sobem acima da chamada "camada de mistura" da atmosfera (entre 1 e 3 quilômetros de altitude), interferindo no complexo equilíbrio da química atmosférica. Os gases de carbono (CO e CO_2) são os principais responsáveis pelo efeito estufa, e as queimadas de áreas recém-desmatadas contribuem para agravar o problema, porque o carbono liberado estava "estocado" nos troncos e galhos das árvores derrubadas durante muitos anos. Mas as queimadas em áreas agrícolas tradi-</p>	<p>cionais pouco ou nada contribuem para o chamado <i>efeito estufa</i>. Com as chuvas, as pasturas voltam a crescer, os pastos se tornam verdes e folhas novas surgem nas árvores e arbustos. Toda essa vegetação renovando-se e crescendo retira da atmosfera o carbono emitido pela maioria das queimadas e pelo álcool usado nos automóveis. Fecha-se o ciclo do carbono. Infelizmente tem gente alarmada que ainda não entendeu — no Brasil e no exterior — a diferença entre desmatamento e queimada. Esse tipo de queimada agrícola, não resultante de desmatamento, é característica de grande parte do território nacional, sobretudo onde a agricultura não avança mais sobre a mata nativa.</p> <p>A agricultura brasileira ainda usa amplamente essa técnica agrícola do neolítico. E isso, apesar de meio século de luta dos técnicos, educadores e cientistas contra essa prática e de existirem alternativas tecnológicas para substituir o fogo em praticamente qualquer sistema de produção agrícola. Razões econômicas e sociais podem explicar o uso do fogo, mas nunca justificá-lo em tal escala.</p> <p>Visando obter dados científicos sobre as queimadas e ge-</p>

R

RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

Esse conceito, usado habitualmente pela ecologia, ficou muito em moda depois da crise do petróleo, um recurso natural não-renovável. Os estoques planetários de petróleo e de minerais (incluindo solo e água) são finitos e não podem ser aumentados a curto prazo. Não vão aumentar, em milhares de anos. Por isso não são renováveis.

Os estoques de madeira, pescado e produtos florestais, por exemplo, podem se renovar num espaço de tempo compatível com as atividades humanas, desde que o consumo não seja maior do que a recomposição natural. Por isso são chamados recursos naturais renováveis. O mesmo ocorre com o combustível produzido a partir da cana-de-açúcar, o álcool hidratado, usado hoje por cerca de 4 milhões de veículos no Brasil e incorporado na gasolina para contribuir na melhoria da qualidade do ar das grandes metrópoles.

Por extensão, o conceito de recursos renováveis tem sido aplicado à fauna e à flora. A validade dessa aplicação é parcial, pois as espécies podem ser

extintas. Nesse sentido, por paradoxal que possa parecer, a flora e a fauna representam de fato recursos não renováveis em termos absolutos. A *extinção* é mesmo para sempre. Para evitar a exaustão ou a extinção dos recursos naturais renováveis são fundamentais os estudos ecológicos, que, com bases científicas, podem estabelecer as condições e os limites de uso e exploração desses recursos, bem como planos de manejo adequados à sua capacidade de suporte.

REINTRODUÇÃO DE ESPÉCIES

Refere-se ao ato de devolver a um determinado ecossistema uma espécie vegetal ou animal que dele desapareceu. As reintroduções de animais são difíceis porque a espécie que volta normalmente não encontra o mesmo hábitat em que vivia. As reintroduções de vegetais são, em geral, mais fáceis. Hoje, por exemplo, realiza-se com sucesso a reintrodução e a substituição de matas de galeria ou ciliares ao longo dos rios e riachos. Alguns esforços de reintrodução de árvores, como o pau-brasil e a araucária, também têm obtido bons resultados.

O caso de reintrodução de animais criados ou reproduzidos em cativeiro é bastante complexo, pois os indivíduos já não têm os mesmos hábitos de quando ocupavam aquele ecossistema. Ou seja, reintroduções implicam readaptações. O caso mais conhecido no Brasil é o dos micos-leões-dourados, cuja reintrodução em determinados locais da Mata Atlântica implicou um lento e progressivo aprendizado dos indivíduos de uma série de comportamentos para garantir a busca de alimentos e a proteção contra predadores. Os micos-leões de cativeiro mais bem-sucedidos nas reintroduções foram aqueles que conseguiram inserir-se em grupos selvagens e reaprender com seus pares a viver na mata, como o caso de um macho jovem, nascido em zôo, que iniciou uma família com uma fêmea selvagem, apreendida numa feira clandestina e depois devolvida à mata.

RIQUEZA

A riqueza específica de um ecossistema ou biocenose mede o número de espécies existentes num momento dado. Ela é uma medida numérica simples, a totalização de uma lista de

espécies diferentes detectadas. O cálculo da riqueza específica implica o inventário sistemático de todas as espécies de um determinado grupo: aves, mamíferos, vegetais superiores... Um determinado ecossistema pode ser mais pobre em aves do que outro mas mais rico em mamíferos, por exemplo. A riqueza também pode variar ao longo do tempo em função de fenômenos como a *migração*.

A comparação da riqueza específica de dois ecossistemas implica também um esforço de amostragem análogo, para que os dados sejam equivalentes. Esforços, épocas ou métodos de amostragem ou coleta diferentes podem levar a conclusões distorcidas sobre a verdadeira riqueza específica de um ecossistema. Comparar duas regiões ou ecossistemas, em função de sua riqueza específica, requer prudência e rigor, apesar da facilidade com que determinados textos exaltam a riqueza específica de um local.

Para os ecólogos, uma riqueza específica pequena ou grande tem a mesma importância, mesmo se seus significados diferem. Todavia, dois ecossis-

temas com riqueza específica análoga podem estar em situação ecológica completamente diferente. Num deles as espécies poderiam estar todas à beira da extinção e nada seria indicado no valor da riqueza específica.

O estado de São Paulo, por exemplo, onde o desmatamento e a ocupação urbana reduziram as formações vegetais naturais a menos de 13% de seu território, apresenta hoje uma riqueza específica maior do que a existente no momento da descoberta do Brasil. Pode-se afirmar que restam representantes de toda a flora existente na época do descobrimento, mas a ocupação humana enriqueceu o estado com um número enorme de espécies exóticas, muitas das quais se tornaram subspontâneas. Enquanto existir um pequeno número de representantes de uma espécie, mesmo sob a ameaça de extinção, ele conta na riqueza específica. Por isso, para completar essa análise, os ecólogos usam outros indicadores, como a frequência e a *diversidade* específica, capazes de traduzir esses outros aspectos.

SISTEMAS

Muito usado em ecologia, o conceito de sistemas é bastante antigo, pois está vinculado à necessidade do homem de compreender fenômenos complexos. O desenvolvimento das ciências e das sociedades, neste século, levou ao estudo de fenômenos cada vez mais complexos, desde o nível microcômico até o macrocômico.

O conceito de sistemas surgiu nas ciências físicas, estendeu-se às biológicas e socioeconômicas, e hoje é uma ferramenta usada em quase todos os campos do conhecimento e de atividades. Entre os anos de 1930 e 1970 houve uma consolidação da Teoria Geral dos Sistemas que terminou por influenciar outras teorias, como a da Cibernética e a da Informática.

São muitas as definições de sistema, e Becht (1974), após revisar 24 delas, propôs a seguinte: "Sistema é um arranjo de componentes físicos, um conjunto ou coleção de coisas, unidade ou relacionadas de tal maneira que formam e atuam como uma unidade, como uma entidade ou um todo".

Nessa definição, as palavras *arranjo* e *atuam* levam às noções de estrutura (*componentes*

S

SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA	
<p>eficiência, a variabilidade ou a <i>estabilidade</i>. A aplicação de medidas quantitativas permitiu estabelecer ou corroborar a existência de relações entre a estrutura e as funções de um ecossistema, válidas para qualquer lugar. Por exemplo, a variabilidade ou a instabilidade de um ecossistema é inversamente proporcional à existência de mecanismos de retroalimentação ou autocontrole em seus fluxos. Por outro lado, a estabilidade de um ecossistema é relacionada à sua complexidade. Os ecossistemas completos são sempre os mais estáveis. Enfim, os ecossistemas cujas funções de auto-organização são mais eficientes são também os mais capazes de evoluir e de permanecer em face de mudanças externas.</p>	<p>mos. Essa capacidade deveria gerar excedentes suficientes para atender às necessidades socioeconômicas dos agricultores. Bastante relacionada com a questão dos impactos ambientais, a sustentabilidade é hoje uma das dimensões mais atuais e polêmicas das políticas agrícolas.</p> <p>A sustentabilidade agrícola não pode ser confundida com a <i>avaliação do impacto ambiental</i> das atividades agrícolas, apesar das importantes ligações existentes entre os dois temas. A simples avaliação dos impactos ambientais, por mais completa que seja, não equivale a uma medida da sustentabilidade. Com que critérios ou indicadores comparar o grau de sustentabilidade de dois projetos agrícolas ou de duas tecnologias diferentes? Essas considerações sobre a viabilidade econômica da agricultura e a necessária preservação dos recursos produtivos, evitando sua exaustão ou extinção, concentram cada vez mais a atenção dos agricultores, pesquisadores e responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento rural.</p> <p>Avaliar a sustentabilidade agrícola exige conceitos, instrumentos, métodos e experimentos ainda insuficientemente</p>

SISTEMAS	
<p>organizados) e função (<i>interação entre os componentes</i>), próprias a qualquer sistema. Num sistema, os elementos ou componentes dependem, em graus variados, uns dos outros, tanto nos seus funcionamentos como nas suas evoluções. Desse fato resultam propriedades globais do sistema, independentes das propriedades dos componentes, através das quais frequentemente o todo age sobre as partes.</p> <p>Um sistema funcionando sem nenhuma interação com o ambiente que o rodeia é um sistema fechado, um caso mais teórico do que real. Nos fenômenos naturais, os sistemas são sempre <i>sistemas abertos</i>, pois existem entradas e saídas de energia, matéria e/ou informação. Essas <i>entradas e saídas</i> levam também à noção de <i>limites</i> do sistema.</p> <p>A ecologia como ciência desenvolveu muitas ferramentas de análise de sistemas. Ao analisar as relações entre os componentes bióticos de um ecossistema, por exemplo, os ecólogos elaboraram as noções de <i>fluxo de energia</i>, <i>cadeias tróficas</i> ou alimentares e <i>ciclos biogeoquímicos</i>. As plantas, produtores primários, são consumidas pelos herbívoros, que por sua vez são consumidos</p>	<p>pelos carnívoros. As chamadas cadeias diretas ou, ainda, <i>malhas</i>, redes ou teias que se estabelecem entre os seres vivos de um ecossistema ilustram bem esse tipo de relação entre componentes.</p> <p>Exemplos de cadeias cíclicas entre componentes podem ser encontrados na ciclagem dos nutrientes dentro do ecossistema: os nutrientes vão do solo para as plantas, destas para os animais e voltam para o solo. Os chamados ciclos biogeoquímicos (ciclo do carbono, ciclo do nitrogênio etc) estão baseados nesse tipo de análise sistêmica.</p> <p>A ecologia como ciência aplicada detectou rapidamente a <i>competição</i> entre determinados componentes de um ecossistema, por exemplo as árvores e as ervas, na utilização do <i>fluxo de energia</i>. Isso levou ao desenvolvimento de vários conceitos ligados às regulações ou relações existentes entre componentes e suas formas de controle (autocontrole positivo ou negativo, o chamado <i>feed-back</i>).</p> <p>O processo de receber "entradas" e produzir "saídas" nos ecossistemas levou a ciência ecológica a definir uma série de critérios para avaliar as funções de um ecossistema. Entre eles se destaca a <i>produtividade</i>, a</p>

SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA

Define-se por sustentabilidade agrícola a capacidade dos agroecossistemas de manterem sua produção, produtividade e características associadas ao longo do tempo, mesmo em presença de perturbações, sem a necessidade de ampliar o consumo de recursos naturais ou incorporar novos insu-

desenvolvidos. Além do mais, cada combinação de tipos de ecossistema e tipos de agricultura possui especificidades irreduzíveis às quais os conceitos, instrumentos e métodos também devem se adaptar. Historicamente, os agroecossistemas têm sido definidos como o produto da interação entre sistemas ecológicos e socioeconômicos, compostos por animais e plantas domesticados e pelas pessoas que os exploram. Eles têm por objetivo a produção de alimentos, fibras ou outros produtos agrícolas com um crescente "valor social". Vários componentes dos agroecossistemas são indicadores desse "valor social": a produção atual do agroecossistema, sua provável produção no futuro, o retorno gerado para os agricultores, os recursos naturais consumidos, a atual distribuição para a população e sua interação com o mercado. Estes componentes podem ser objeto de medidas de desempenho através de algumas propriedades clássicas dos agroecossistemas, como a produtividade, a estabilidade e a equitatividade.

Recentemente, a sustentabilidade surgiu como um novo parâmetro para a análise do

desempenho dos agroecossistemas, além dos três já utilizados anteriormente. Através do conceito de sustentabilidade, passou-se a valorizar a capacidade de se manter a produtividade e outras características do sistema ao longo do tempo. Nesse sentido mais estrito o conceito de sustentabilidade é muito próximo ao de resiliência, muito usado em ecologia. Rapidamente, no caso da agricultura, houve uma tendência a substituir o paradigma da produtividade pelo paradigma da sustentabilidade ou pela perspectiva de uma avaliação positiva da produtividade total dos sistemas agrícolas.

Ganhando abrangência, de então, diversos têm sido os conceitos e as definições de sustentabilidade ou uso sustentável das terras. Empregado em distintos níveis hierárquicos, o conceito chega também a abranger o desenvolvimento sustentável, entendido como a necessidade de se reduzir ao mínimo os danos aos ecossistemas e aos recursos naturais, atendendo simultaneamente às demandas atuais em produtos agrícolas e à possível utilização desses recursos pelas gerações futuras.

TIPOS BIOLÓGICOS

Os tipos biológicos ou biomorfológicos correspondem a um conceito ecológico que busca traduzir os diferentes dispositivos morfológicos e estruturais das plantas ou animais para manifestar sua adaptação ao meio ambiente, principalmente no tocante a sua sobrevivência diante de uma estação desfavorável (inverno rigoroso, seca prolongada, *competição* interespecífica em ambiente de floresta equatorial...).

Foi o botânico sueco Raunkiaer quem estabeleceu pela primeira vez o conceito e descreveu, com relação às formas de adaptação das plantas para sobreviver ao período frio, os tipos biológicos dos vegetais. Esses tipos foram sendo refinados com o tempo, e hoje existem quinze principais.

Dentre eles destacam-se os vegetais *fanerófitos* (vegetais visíveis) ou macrofanerófitos, cujos brotos atravessam o período desfavorável situados a mais de 50cm ou 2m do nível do solo. Ai se enquadram grande parte das árvores e arbustos conhecidos.

Outro grupo importante é o dos *caméfitos* (vegetais anões), cujos brotos terminais se situam a menos de 30cm de al-

T

TIPOS BIOLÓGICOS

tura. Nos climas frios de inverno rigoroso, isso lhes permite serem protegidos pela camada de neve das temperaturas abaixo de zero. Nas florestas tropicais úmidas, esse estatuto lhes permite valorizar ambientes particulares: pequenas clareiras, discontinuidades do dossel etc. Existe uma grande variedade de subtipos de caméfitos: frutescentes, subfrutescentes, rasteiros, suculentos...

Os *hemimicriptófitos* (vegetais semi-escondidos) possuem brotos terminais ao nível do solo. Ai situam-se parte das gramineas, das ciperáceas e de várias ervas em roseta ou rastejantes.

As *geófitas* são outro grupo importante de tipo biológico, pois trata-se de plantas que atravessam a estação desfavore-

rável na forma de bulbos, rizomas ou raízes tuberculadas.

As *epífitas*, as *hidrófitas*, as *terófitas* (plantas anuais de vida breve que atravessam a estação desfavorável sob a forma de grãos e sementes) e as *heliófitas* são alguns dos outros principais tipos biológicos existentes.

A comparação de uma floresta temperada com uma tropical em geral indica uma grande riqueza na primeira de *hemimicriptófitas*, *geófitas* e *terófitas*, enquanto a floresta tropical é rica em *epífitas*, *fanerófitas* e *caméfitas*.

Os tipos biológicos também se aplicam aos animais e, em geral, são caracterizados em função de macroambientes: fauna do solo, fauna aquática, fauna intersticial etc.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO

ZONEAMENTO ECOLÓGICO

Em regiões pioneiras, como a Amazônia, condenar uma determinada atividade econômica — a pecuária ou a mineração, por exemplo — é tão absurdo quanto defendê-la em qualquer parte. A *ordenação territorial* estabelece os melhor locais para cada atividade e as condições de seu exercício, sem que isso comprometa o equilíbrio ecológico regional. Por isso seu primeiro passo tem sido o zoneamento ecológico ou *ecológico-econômico* da área. Depois vêm as políticas setoriais, a regulamentação, a fiscalização e os critérios de manejo adequados a cada porção territorial.

O zoneamento é um instrumento técnico-científico para políticas de *gestão territorial*. No passado, os zoneamentos realizados pelos pesquisadores buscavam revelar o potencial de uso e exploração de uma região. Nos anos 70, o Projeto *RADAM* mapeou e revelou, com base em imagens de radar, informações em grande quantidade sobre os recursos naturais da Amazônia e de outras áreas do Brasil. A partir dos anos 80, os zoneamentos ecológicos passaram a integrar de forma mais marcante

te as preocupações preservacionistas. Tratava-se não somente de revelar o potencial de uma região, mas também as restrições e limitações (fragilidades) para o uso e a exploração de seus recursos naturais. Os zoneamentos se sofisticaram, os ecólogos integraram a dinâmica do meio físico e biológico e passaram a utilizar instrumentos mais sofisticados de aquisição e integração de dados, como o *sensu lato* *sortimento remoto* e os *sistemas geográficos de informação*.

Com a atual dinâmica econômico-social do Brasil, as possibilidades de zoneamentos ecológicos são tantas e tão dinâmicas que um único mapa seria incapaz de responder a todos esses interrogantes em escala operacional! É nisso que reside a vantagem dos sistemas de informações geográficas e dos satélites espaciais disponíveis no Brasil e em todo o planeta. Eles podem gerar

um grande número de zoneamentos, conforme a preocupação de quem planeja, as prioridades do momento ou os objetivos da ordenação territorial, em função de uma base de dados constituída de várias informações cartográficas. Os sistemas de informações geográficas também permitem a realização de zoneamentos em várias escalas e de forma sempre atualizada. Imaginar e propor um zoneamento ecológico único e genérico para a região amazônica, ou para qualquer outra região do país, é sonhar com um instrumento inócuo e inoperante. Mas é melhor algum zoneamento do que nenhum. O zoneamento sempre será o primeiro passo da política de ordenamento territorial em áreas pioneiras ou cuja ocupação necessita ser disciplinada por mecanismos suplementares aos oferecidos pela economia de mercado.

BIBLIOGRAFIA

- Barbaut, R. *Écologie des populations et des peuplements*. Paris, Ed. Masson, 1991. 200 pp.
- Becht, G. Systems theory, the key to holism and reductionism. *Bioscience* 24 (10): 579-596. 1974.
- Brower, J. E. & Zar, J. H. B. *Field and laboratory methods for General Ecology*. Brown Company Publishers. 1977. Iowa. 194 pp.
- Consórcio Mata Atlântica. Universidade Estadual de Campinas. *Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: Plano de Ação*. Campinas: UNICAMP, 1992. v. 1. 101 pp.
- Conway, G. B. & Barbier, E. B. After the Green Revolution. Sustainable and Equitable Agricultural Development. In: *Future*, 20 (6): 651-70, 1988.
- Dajoz, R. *Précis d'écologie*. Paris, Gauthier-Villars, 1978. 549 pp.
- Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. *Vocabulário Básico de Meio Ambiente*. Rio de Janeiro. Ed. Petrobrás. 1990. 243 pp.
- Fundação SOS - Mata Atlântica. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). *Evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados do domínio da Mata Atlântica no período 1985-1990: Relatório*. São Paulo, INPE, 1993. 46 pp.
- Godron, M. *Écologie de la végétation terrestre*. Paris, Masson, 1984. 192 pp.
- Hart, R. D. *Agroecossistemas, conceitos básicos*. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1985. 160 pp.
- Jewell W. J. *Energy, agriculture and waste management*. New York, Ed. Ann Arbor Science. 1975. 527 pp.
- Margalef, R. *Ecología*. Espanha, Editorial Planeta, 1981. 253pp. 3 ed.
- National Science Foundation. *Toward an Understanding of Global Change*. Washington. 1988. National Academy Press. 213 pp.
- Ramade, F. *Éléments d'écologie appliquée*. Paris, Ed. McGraw-Hill, 1982. 452 pp. il.
- Sauvage, C. *Étude des communautés végétales*. Montpellier, Université de Montpellier/CNRS/INRA, 1978.

BIBLIOGRAFIA

- Svirezhev, Yu. M. & Logofet, D. O. *Stability of biological communities*. Moscou. Ed. Mir. 1983. 316 pp.
 The Earth Works Group. *50 simple things kids can do to save the earth*. New York. 1990. Universal Press Syndicate Company. 156 pp.

GLOSSÁRIO

GLOSSÁRIO

A

- Abelhas africanas 50
 Abiótico 16, 32, 36, 56
 Abundância 6, 7, 29, 47, 57, 65
 Acomodação 7
 Adaptação 7, 8, 39, 79, 90
 Aerossóis 57, 58
 Agricultura 22, 24, 26, 50, 51, 57, 61, 69, 70, 77, 78, 90
 Agroecossistema 8, 9, 77, 78, 83
 Alcool hidratado 72
 Algas 14, 18, 51, 52
 Alumínio 58
 Ambientado 51, 52
 Anidrido sulfuroso 58
 Áreas de preservação permanente 66
 Áreas de proteção ambiental 66
 Arranjo 75
 Artificialização 8, 9
 Artiodáctilos 35
 Atmosfera 15, 18, 21, 23, 24, 28, 34, 35, 48, 58, 59, 60, 70
 Auto-ecologia 31
 Autóctones 49
 Avaliação de impacto ambiental 9, 10, 34, 43
 AVHRR 71

B

- Bem de uso comum 52
 Bioacumulação 11, 12, 19
 Biocenoze 6, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 28, 29, 33, 34, 53, 64, 73
 Biodiversidade 28, 33, 34, 65
 Biogeografia 14
 Bioma 13, 14, 15, 16
 Biomassa 19

- Biosfera 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 38, 67, 68, 83
 Biota 14, 15, 16
 Biótico 32, 36, 76
 Biótopo 13, 14, 15, 16, 17
 Botos 12

C

- Caatinga 9, 14, 20, 25, 35, 47
 Cadeia alimentar 11, 12, 18, 19, 68
 Cadeia trófica 18, 19
 Caducifolia 14
 Camada de ozônio 5, 20, 21, 35, 59
 Caméfito 79, 80
 Capacidade de suporte 73
 Carnívoros 19, 35, 49, 64, 68, 76
 Centrais nucleares 61
 CFCs 20
 Chumbo 11, 58, 59
 Chuva ácida 21, 58
 Ciclos biogeoquímicos 22, 23, 24, 76
 Clímax 14, 24, 25
 Clones 39
 Clorofila 18, 67, 68
 Clorofluorcarbonos 20
 Cobre 58
 Combustíveis fósseis 24, 34
 Competição 19, 31, 53, 63, 66, 76, 79
 Competição interespecífica 79
 Composição taxonômica 16
 Comunidades 6, 13, 16, 17, 24, 25, 32, 33, 47, 56
 Cronossequências 24

GLOSSÁRIO	
Fecundidade 39, 63	Heterogeneidade 15, 39, 56
Fenótipo 7	Hidrocarbonetos 58, 59, 61
Ferralização 61	Hidrófitas 80
Ferruginização 61	Hidrosfera 15, 60
Fitodinâmica 49	Holístico 17
Fitoplâncton 29, 65	Homo sapiens sapiens 52
Flora 33, 47, 72, 73, 74	I
Florestas boreais de coníferas 14	Imagens orbitais 56, 71
Florestas temperadas 14, 29, 59, 65	Imigração 40, 63
Florestas temperadas caducifólias 14	Impactos ambientais previsíveis 43, 44
Florestas tropicais sempervirentes 14	Incêndios 58, 59, 67, 71
Flutuações climáticas 47	Incineradores 59
Fluxos de energia 23, 36, 38, 57	Índice alfa de Fisher 29
Fogo 37, 62, 69, 70	Índice de diversidade 29
Fósseis 14, 24, 34	Índice de Shannon 29
Fotossíntese 18, 68	Índices de similaridade 13, 16
Fragmentação 33, 35, 56	Interações interespecíficas 54, 65
Freons 20	Introdução de espécies 49, 57
G	Inversão térmica 48
Garimpos 12	Isótopos 23
Gás carbônico (CO2) 18, 24, 28, 34, 58	L
Gás sulfuroso (SO2) 58	Lagarto teiú 49
Gênero 39, 47	Lagomorfos 35
Genótipo 7, 8, 38	Licenciamento ambiental 41, 43, 44
Geófitas 80	Limitação 63
Geosfera 15	Lixiviação 23, 61
Gestão territorial 81	Lixo radiativo 24, 61
Gradações 56	Luz 18, 68
Gradientes 56	M
Gregarismo 62	Macrofauna 46
Guilda 46, 47	Mamutes 44
H	Manejo 64, 67, 73, 81
Habitat 31, 33, 44, 45, 67, 73	Manguezal 24
Hemicriptófitos 80	Marsupiais 35
Herbívoros 19, 47, 64, 68, 76	

GLOSSÁRIO	
Endemismo 35, 36	Energia 9, 18, 19, 23, 32, 33, 36, 37, 38, 55, 56, 57, 67, 68, 76
Entropia 36, 37, 38	Enxofre 21, 22, 23, 58
EPIA 10	Epífitas 35, 80
Equilíbrio ambiental 64	Equilíbrio metaestável 13
Erosão 25, 28, 55, 58, 66	Espécie 7, 15, 31, 32, 36, 38, 39, 41, 44, 45, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54
Espécie 7, 15, 31, 32, 36, 38, 39, 41, 44, 45, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54	Espécie ameaçada 39, 44
Espécie antagonista 39	Espécie endêmica 36, 39
Espécie extinta 44	Espécie indicadora 39
Espécie nativa 39	Espécie rara 39
Espécie rara 39	Espécime 39
Estabilidade 40, 56, 60, 77, 78	Estabilização 63
Estabilização 63	Estações ecológicas 66
Estepes 14	Estratégias de amostragem 63, 64
Estratégias de amostragem 63, 64	Estratégias r e K 39, 41
Estrutura 15, 30, 32, 37, 46, 75, 77	Estudo de impacto ambiental 10, 41, 42, 43
Evolução 8, 19, 25, 26, 33, 35, 36, 37, 40, 44, 52, 53, 57, 61, 63, 67, 83	Exclusão 54
Extinção 5, 12, 19, 28, 35, 36, 39, 44, 45, 63, 65, 73, 74, 77	F
Falcão peregrino 12	Fanerófitos 79
D	
DDT 12	Densidade 40, 46, 62, 65
Degradação 22, 25, 28, 36, 49, 56, 61	Descendência 7, 39, 41
Densidade 40, 46, 62, 65	Descritores 17
Descendência 7, 39, 41	Desertos 14
Descritores 17	Desmatamento 25, 26, 27, 28, 33, 34, 52, 62, 67, 69, 70, 74
Desertos 14	Detergentes 59, 61
Desmatamento 25, 26, 27, 28, 33, 34, 52, 62, 67, 69, 70, 74	Dissipação 36, 37
Detergentes 59, 61	Diversidade 19, 28, 29, 33, 35, 56, 65, 66, 74
Dissipação 36, 37	Diversidade espacial 56
Diversidade 19, 28, 29, 33, 35, 56, 65, 66, 74	Diversidade específica 29, 65, 74
Diversidade espacial 56	Dodo 45
Diversidade específica 29, 65, 74	Dominância 62
Dodo 45	E
Dominância 62	Ecologia 5, 6, 9, 15, 16, 17, 19, 24, 25, 28, 30, 31, 32, 35, 36, 39, 41, 46, 49, 51, 55, 56, 62, 64, 65, 67, 72, 75, 78, 90
E	Ecologistas 31, 52
Ecologia 5, 6, 9, 15, 16, 17, 19, 24, 25, 28, 30, 31, 32, 35, 36, 39, 41, 46, 49, 51, 55, 56, 62, 64, 65, 67, 72, 75, 78, 90	Ecólogos 5, 7, 15, 16, 17, 23, 25, 28, 31, 32, 34, 39, 41, 52, 53, 54, 62, 63, 64, 68, 71, 74, 76, 82
Ecologistas 31, 52	Ecosfera 15
Ecólogos 5, 7, 15, 16, 17, 23, 25, 28, 31, 32, 34, 39, 41, 52, 53, 54, 62, 63, 64, 68, 71, 74, 76, 82	Ecosistema 12, 16, 19, 20, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 46, 47, 49, 53, 54, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 76, 77, 78
Ecosfera 15	Eecótono 33
Ecosistema 12, 16, 19, 20, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 46, 47, 49, 53, 54, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 76, 77, 78	Efeito estufa 5, 21, 28, 34, 35, 70
Eecótono 33	Efetivo 62, 63
Efeito estufa 5, 21, 28, 34, 35, 70	EIA 10, 41, 42
Efetivo 62, 63	Emigração 40, 63
EIA 10, 41, 42	
Emigração 40, 63	

GLOSSÁRIO	
Mata Atlântica 14, 25, 27, 35, 47, 73, 83	Paisagem 9, 13, 16, 55
Matéria 18, 19, 23, 32, 33, 36, 37, 38, 56, 66, 76	Pedogênese 55, 61
Meio ambiente 7, 10, 13, 24, 30, 31, 39, 40, 41, 43, 47, 51, 52, 56, 57, 63, 79, 83, 90	Perissodáctilos 35
Mercurio 11, 12	Pingüim 45
Mesofauna 21, 46	Pirâmides etárias 63
Metais pesados 11, 19, 59, 61	Podzolização 61
Metano 24, 28, 34	Polimorfismo 39
Microfauna 46	Poluente atmosférico 48, 57, 60
Migração 7, 16, 20, 35, 47, 61, 62, 74	Poluente gasoso 57
Moas 45	Poluição 5, 21, 22, 49, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 70
Monóxido de carbono (CO) 58	Poluição atmosférica 58
Mortalidade 39, 40, 63	Poluição das águas 57, 59
Mudanças climáticas 13, 34	Poluição dos solos 61
	Poluição sonora 59
	População 7, 8, 29, 32, 38, 39, 40, 45, 47, 51, 52, 54, 62, 63, 64, 65, 78
	Povoamento 29, 46, 64, 65
	Pradarias 6, 14, 25
	Predador 11, 31, 63
	Presença 11, 31, 63
	Preservação 31, 66, 67, 77
	Primates 35
	Produção bruta 68
	Produção líquida 68
	Produção secundária 68
	Produtividade 8, 9, 18, 24, 28, 67, 76, 77, 78
	Produto tensorial 16
	Proliferação 49, 52, 57, 60
	Q
	Qualidade de vida 8, 52
	Queimadas 34, 59, 69, 70, 71
	Quirópteros 35
	R
	Recursos naturais renováveis 72, 73
	O
	Ordenamento territorial 82
	Oxido de carbono 58
	Oxidos nítricos 23, 28
	Ozônio 5, 20, 21, 23, 35, 59
	P
	Padrões espaciais 56

GLOSSÁRIO	
	Regressão 25
	Regulação 40, 41, 63
	Reintrodução de Espécies 73
	Relações 16, 30, 31, 32, 41, 62, 63, 76, 77
	Reservas biológicas 66
	Reservas extrativistas 66
	Resiliência 25, 78
	RIMA 10
	Rinoceronte de Merck 44
	RIO-92 65
	Riqueza 28, 58, 64, 65, 66, 73, 74, 80
	Riqueza específica 28, 64, 65, 73, 74
	Rizomas 6, 80
	Roedores 35, 40, 68
	Rugosidade 56
	S
	Salinização 61
	Satélites NOAA 71
	Savanas 14, 33
	Segregação espacial 66
	Segregação etológica 66
	Segregação morfológica 66
	Segregação temporal 66
	Seleção 20, 44
	Sensoriamento remoto 56, 82
	Separação ecológica 65, 66
	Sex-ratio 63
	Similaridade 13, 16
	Sinecologia 31
	Sistema aberto 32
	Sistema fechado 38, 76
	V
	Vida 5, 7, 8, 12, 14, 15, 16, 20, 22, 34, 36, 38, 40, 41, 44, 52, 60, 63, 64, 67, 80
	Vizinhança 15, 52, 56
	X
	Xenartros 35
	Z
	Zinco 58
	Zonas de transição 33
	Zoneamento ecológico 81, 82
	T
	Técnicas de coleta 63, 64
	Teoria matemática da informação 29, 30, 65
	Termodinâmica 30, 36, 37, 38
	Terófitas 80
	Territorialismo 62
	Textura 56
	Tipos biológicos 79, 80
	Transgressão 25
	Turbidez atmosférica 59

SOBRE O AUTOR

Evaristo Eduardo de Miranda é formado em agronomia, com mestrado e doutorado em ecologia geral e aplicada pela Universidade de Montpellier (França). Trabalhou como pesquisador na África e América Latina sobre temas de agricultura e meio ambiente. Atualmente é professor da Universidade de São Paulo, na área de ecologia, trabalha como pesquisador científico do Núcleo de Monitoramento Ambiental — NMA da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA e preside a organização não governamental ECOFORÇA. Tem mais de cem trabalhos científicos e de divulgação publicados no Brasil e no exterior. É membro de sociedades científicas como a Ecological Society of America e a Société d'Ecologie de France. É o *chair* do International Forum for Sustainable Land Use Systems — INFORUM. Tem sido consultor científico de instituições como Banco Mundial, FAPESP, OEA, ONU e UNESCO, quase sempre na área de impacto ambiental.

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	5	EXTINÇÃO	44
ABUNDÂNCIA	6	FAUNA	46
ADAPTAÇÃO	7	FLORA	47
AGROECOSSISTEMAS	8	INVERSÃO TÉRMICA	48
AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL	9	INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES	49
BIOACUMULAÇÃO	11	MEIO AMBIENTE	51
BIOCENOSE	12	NICHO ECOLÓGICO	53
BIOMA	13	PAISAGEM	55
BIOSFERA	14	POLUIÇÃO	56
BIOTA	16	POLUIÇÃO DO AR	57
BIÓTOPO	16	POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	59
CADEIA ALIMENTAR	18	POLUIÇÃO DOS SOLOS	61
CAMADA DE OZÔNIO	20	POPULAÇÃO	62
CHUVA ÁCIDA	21	POVOAMENTO	64
CICLOS BIOGEOQUÍMICOS	22	PRESERVAÇÃO	66
CLÍMAX	24	PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA	67
DESMATAMENTO	26	QUEIMADAS	69
DIVERSIDADE	28	RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS	72
ECOLOGIA	30	REINTRODUÇÃO DE ESPÉCIES	73
ECOSSISTEMA	32	RIQUEZA	73
ECÓTONO	33	SISTEMAS	75
EFEITO ESTUFA	34	SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA	77
ENDEMISMO	35	TIPOS BIOLÓGICOS	79
ENTROPIA	36	ZONEAMENTO ECOLÓGICO	81
ESPÉCIE	38	BIBLIOGRAFIA	83
ESTRATÉGIAS R E K	39	GLOSSÁRIO	85
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	41	SOBRE O AUTOR	90