



GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ  
*Secretaria da Educação*

ESCOLA ESTADUAL DE  
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP  
ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE

ECOLOGIA GERAL





**GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ**

*Secretaria da Educação*

**Governador**

Cid Ferreira Gomes

**Vice Governador**

Francisco José Pinheiro

**Secretária da Educação**

Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

**Secretário Adjunto**

Maurício Holanda Maia

**Secretário Executivo**

Antônio Idilvan de Lima Alencar

**Assessora Institucional do Gabinete da Seduc**

Cristiane Carvalho Holanda

**Coordenadora de Desenvolvimento da Escola**

Maria da Conceição Ávila de Misquita Vinãs

**Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC**

Thereza Maria de Castro Paes Barreto





GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ  
*Secretaria da Educação*

Escola Estadual de Educação Profissional

**APOSTILA**  
**ECOLOGIA GERAL**

## UNIDADE I – INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DA ECOLOGIA

Quando se discute a questão do meio ambiente, é comum invocar-se a extrema fragilidade de nosso planeta como argumento contra a intervenção humana. Entretanto, por incrível que pareça, seria mais verdadeiro dizer que projetamos na Terra nossa própria fragilidade e limitação.

Estudos geológicos revelam que nosso planeta já passou por inúmeras vicissitudes: violentíssimos terremotos e erupções vulcânicas, rompimento da crosta terrestre e impactos de grandes meteoros. A todas elas, sobreviveu. Mesmo a vida vem resistindo às drásticas mudanças no ambiente terrestre. Se hoje assistimos apreensivos à crescente extinção de espécies, em decorrência da atividade humana, vale lembrar que, em eras geológicas passadas, muito antes de começarmos a fazer fogueiras, houve períodos críticos de extinções maciças. Um deles ocorreu há cerca de 250 milhões de anos, quando 90% das espécies desapareceram. Esta assustadora cifra é muito, muito superior à observada atualmente.

Uma nova abordagem do estudo do ambiente vê nosso planeta como um grande ser vivo, um superorganismo que sempre se adapta a perturbações, buscando manter mínimas condições de vida, sem privilegiar nenhuma forma viva em especial.

De acordo com essa visão — denominada Hipótese Gaia —, se uma espécie tenta modificar profundamente as condições de equilíbrio ideais para a manutenção da vida, Gaia pode reagir e procurar eliminar a parte incômoda de seu corpo, alterando drasticamente as condições ambientais. Isso deve servir de alerta para nós, que nos caracterizamos, como espécie, pela capacidade de ação transformadora sobre o ambiente. Nossa história fornece eloqüentes exemplos das conseqüências desastrosas do manejo irresponsável do ambiente, lição de que a crise ecológica não é um fenômeno recente, nem uma "conquista" da sociedade moderna.

Há 11 mil anos as temperaturas mais amenas e a vegetação mais abundante da Mesopotâmia facilitaram a fixação do homem à terra e o início da agricultura. Em 2500 a.C. o rei Gilgamesh resolveu homenagear-se com a construção de uma cidade. À beira do Eufrates, na região de Uruk, uma densa mata forneceu generosa madeira aos sonhos do rei. O episódio assinala, também, a intensificação da devastação da Mesopotâmia. A perda constante das matas daquela região trouxe atrás de si a erosão e o empobrecimento do solo, acelerando a decadência das civilizações mesopotâmicas. Hoje, a região entre os dois rios é praticamente um deserto.

Destino parecido tiveram os maias, que fundaram uma florescente civilização, cujo apogeu ocorreu no século VII d.C., em plena floresta tropical, na América Central. Subitamente desapareceram, nos meados do século XV d.C., não deixando outros vestígios além de suas grandiosas cidades e monumentos. As incessantes buscas de madeira para as construções e o emprego de métodos primitivos de arar o solo trouxeram a erosão. O solo tornou-se estéril e os diques armazenadores de água para a população sofreram assoreamento. Para não morrer de fome e de sede, os maias foram obrigados a abandonar tudo. Séculos depois, como irônica vingança, suas cidades foram tragadas pela floresta.

A partir da Segunda Grande Guerra, o impacto da presença humana sobre a Terra tornou-se mais agudo, em conseqüência do vertiginoso aumento da população e das novas técnicas de produção industrial. Simultaneamente, mais e mais pessoas começaram a tomar consciência da ameaça que pesa sobre nós, ao perceberem que o uso descontrolado dos recursos ambientais pode gerar graves problemas, como efeito estufa, diminuição da camada de ozônio, escassez de recursos hídricos. Um ponto importante nesta nova consciência é o de que cada um de nós — e não apenas governos e indústrias — têm um importante papel na preservação da vida no planeta e pode assumir pequenas, mas eficazes atitudes em prol dessa causa.

O fundamental é que conheçamos muito bem não só nossos limites, mas também o mundo em que vivemos e a natureza da qual dependemos. Assim, aprenderemos como agir e até onde podemos chegar na exploração dos recursos naturais, para que Gaia não nos rejeite e não passemos para a História apenas como um fóssil a mais.

Diante dessa perspectiva apresentada, desde muito cedo na história humana, a Ecologia já se mostrava de interesse prático. Para sobreviver na sociedade primitiva, todos os indivíduos precisavam conhecer o seu ambiente, ou seja, as forças da natureza e os vegetais e animais a sua volta.

Estudos antigos, ligados à História Natural, já apresentavam cunho ecológico:

Os Egípcios e os Babilônicos aplicaram métodos ecológicos para combater pragas que assolavam suas culturas de cereais.

Os gregos, Hipócrates e Aristóteles, produziram textos claramente ecológicos. A visão aristotélica de que a Natureza sempre esteve em “equilíbrio perfeito” perdurou até o final da Idade Média.

Gaunt (séc. XVI) - trabalhou em censos da população humana na cidade de Londres e reconheceu a importância da determinação quantitativa das taxas de nascimento e mortalidade, razão sexual e estrutura de idade das populações.

Buffon (1756) - assinalou que existem “forças” capazes de contrabalançar o crescimento

populacional, ou seja, visualizou os princípios básicos da regulação ecológica das populações.

As contribuições mais importantes para o estabelecimento da Ecologia Moderna (século XVIII e XIX):

Malthus (1798) determinou que a população humana cresce em proporção geométrica, enquanto que a produção de alimentos cresce, apenas, em proporção aritmética, sendo assim, o aumento populacional é sempre mais elevado que o dos meios de subsistência.

Farr (1843) descobriu a relação existente entre taxa de mortalidade e densidade de uma população.

Malthus e Darwin (1859) mudaram a visão aristotélica da Natureza e a base para esta mudança de pensamento está nos seguintes fatos:

- a) muitas espécies foram extintas no decorrer dos tempos;
- b) existe competição causada por pressão populacional; e
- c) a seleção natural e a luta pela sobrevivência são mecanismos evidenciáveis na Natureza

Forbes (1887); Forel (1892 e 1904) e Thienemann (1926) são considerados os pioneiros dos estudos de Ecologia Aquática.

No Brasil, merecem destaque especial os estudos realizados por Warming (1895, 1909) considerados os primeiros trabalhos sobre Ecologia Terrestre de que se tem notícia mundialmente.

Finalmente, Tansley (1935) propôs o ecossistema como unidade básica de estudo da Ecologia.

Após apresentar alguns fatos importantes da Ecologia e suas aplicações, podemos agora definir o que vem a ser essa ciência.

Ernst Haeckel, em 1869, definiu o termo Ecologia, que deriva do grego oikos, com sentido de “casa”, e logos que significa “estudo”, sendo, portanto, o estudo da casa ou, melhor dizendo, o estudo do lugar onde se vive (Odum, 1988).

Outros autores assim a definem:

- a) Elton, 1927 - Ecologia é História Natural Científica, preocupada com a sociologia e a ecologia dos animais.
- b) Odum, 1963 - Ecologia é o estudo da estrutura e função dos Ecossistemas.

c) Krebs, 1972 - Ecologia é o estudo científico das interações que determinam a distribuição e abundância dos organismos.

e) Ricklefs, 1980 - Ecologia estuda o meio ambiente enfocando as interações entre os organismos e o meio circundante.

### 1.1 Ecologia suas relações com outras ciências

Desde a Antiguidade, buscamos o conhecimento de nossos limites, do mundo em que vivemos e da natureza da qual dependemos. Até que, em 1869, o cientista Ernst Haeckel definiu pela primeira vez a ciência a que se dedicava: a Ecologia, como já dito anteriormente. De lá para cá, muitas outras definições foram dadas a ela. De todas, a mais abrangente e prática é: *Ecologia é a ciência que estuda as interações dos seres vivos entre si e com o meio ambiente.*

A Ecologia é fundamentalmente integração: integração dos seres vivos entre si e com o ambiente; integração dos conhecimentos de várias disciplinas envolvidas no seu estudo. Ela é o resultado da confluência da Biologia com a Física, a Química, a Matemática e a Geografia. Daí existirem várias áreas científicas afins à Ecologia, tais como:

*Engenharia Ambiental:* estuda o impacto, no meio ambiente, das obras de engenharia e como minimizá-lo.

*Bioenergética:* estuda os mecanismos biológicos geradores e transformadores de energia, bem como o fluxo da energia no ecossistema.

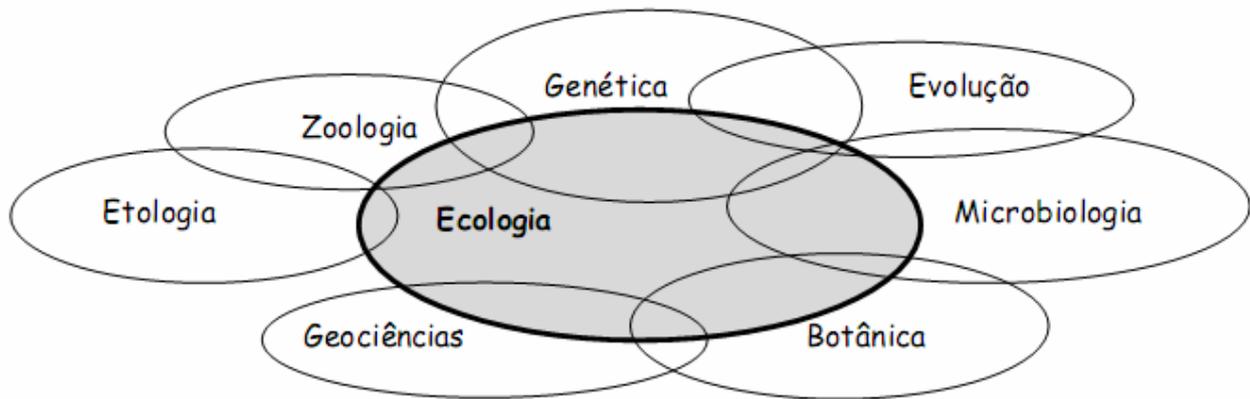
*Biogeoquímica:* estuda principalmente os ciclos dos nutrientes na natureza.

*Demografia:* estuda as populações no seu aspecto quantitativo (matemático) e suas variações numéricas.

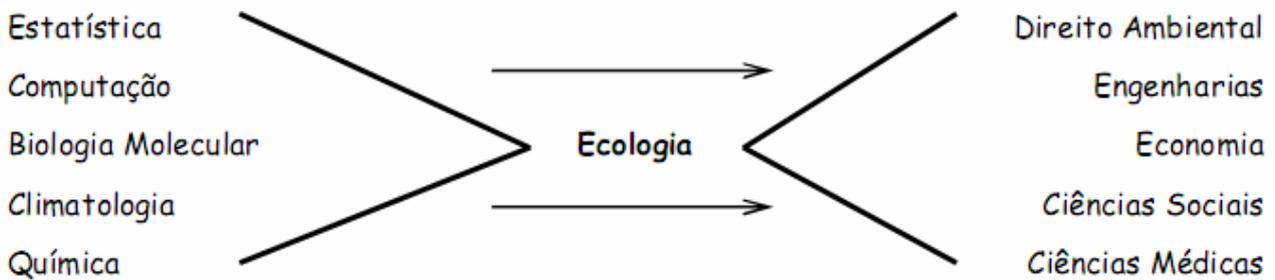
*Biogeografia:* estuda os aspectos geográficos da distribuição e dispersão dos organismos.

No âmbito mais restrito da Biologia, a Ecologia representa o encontro de quatro áreas: Fisiologia, Genética, Evolução e Etologia (que procura compreender os comportamentos dos animais e as leis que os regem).

Nos esquemas abaixo uma amostra de como a Ecologia se relaciona com outras ciências:



### Interações da Ecologia com Ciências Básicas



Ciências que fornecem ferramentas de trabalho para a Ecologia

Ciências onde a teoria ecológica pode ser aplicada

## 1.2 Importância social da ecologia

O estudo da Ecologia é fundamental:

- para a compreensão e equacionamento dos problemas gerais das sociedades humanas, dependentes que são da Biosfera; e
- para a compreensão dos problemas de saúde humana, dependentes da relação entre o homem e o meio que o cerca.

## 1.3 Conceitos básicos de auto-ecologia

### Habitat

Referindo-se ao local (floresta, lago, rio, ilha, tipo de árvore, camada de solo) onde se encontram

os indivíduos de uma espécie, os ecólogos costumam usar o termo *habitat*. Cada habitat é caracterizado pelas condições ambientais que lhe são próprias. Assim, um terreno em declive pode possuir dois habitats: um situado na parte alta do terreno, onde o solo é mais seco, e outro — de solo úmido — na parte baixa. A ação do homem sobre o meio ambiente pode criar novos habitats, que favorecerão a sobrevivência de algumas espécies. E o caso do meio urbano (cidades), ao qual nós, os pardais e os ratos estamos bem adaptados.

### **Valência Ecológica**

As espécies podem ser classificadas tomando-se em conta a possibilidade de ocuparem habitats diferentes. Para isso, os ecólogos usam o critério da *valência ecológica*, que é a capacidade que a espécie possui de povoar habitats variados, suportando grandes variações ambientais. A valência ecológica é uma característica da espécie que regula a amplitude de sua distribuição sobre a Terra. Em função desse critério, as espécies podem ser divididas em:

*Euriécias*: aquelas com grande valência ecológica, podendo ocupar habitats variados. Correspondem, em geral, a espécies cosmopolitas, isto é, às que estão espalhadas pelo mundo, como a mosca doméstica e os líquens.

*Estenoécias*: aquelas com pequena valência ecológica e com distribuição restrita a poucos habitats bem determinados. Geralmente, essas são chamadas de espécies endêmicas. São exemplos o piqui, o pau-terra e o lobo-guará, encontrados somente no cerrado brasileiro.

### **Lei da Tolerância e Lei do Mínimo**

O estudo do efeito dos fatores ecológicos sobre os seres vivos levou os ecólogos a enunciarem a Lei da Tolerância, estabelecendo que *toda espécie apresenta, para cada fator ecológico, um valor máximo e mínimo entre os quais consegue sobreviver*, chamados de limites de tolerância. Assim, por exemplo, a carpa, peixe nativo dos lagos do leste asiático, tem para a temperatura um mínimo tolerado de 5°C e um máximo de 24°C. Outros peixes de aquário e tanque de água doce têm limites mais restritivos, como o acará-bandeira — originário dos rios da região amazônica —, cujo mínimo de tolerância é 28°C e o máximo, 30°C.

O fisiologista e químico Liebig propôs, em 1890, outra lei que rege a ação dos fatores ecológicos sobre os seres vivos. É a chamada Lei do Mínimo, segundo a qual *a distribuição de uma espécie é regida pelo fator ecológico para o qual o organismo possui menos controle e menores limites de tolerância*. Esse fator ecológico é denominado fator limitante, pois restringe a ocupação de outros habitats pela espécie e é diferente para cada espécie.

O fator limitante torna-se crucial quando os indivíduos da espécie estão mais frágeis e sensíveis e, portanto, com seus limites de tolerância mais estreitos. É o que ocorre no período da reprodução: os filhotes são muito indefesos e menos capazes de se adaptar a mudanças bruscas no ambiente. Mesmo os adultos são afetados, já que o cuidado com a prole é muito desgastante. Pássaros adultos empregam 80% do seu tempo cuidando da alimentação da ninhada. Em compensação, passam eles próprios a se alimentar menos, prejudicando sua resistência e diminuindo seus limites de tolerância.

### **Formas de adaptação**

A espécie deve ter ajustadas as suas características corporais e comportamentais aos fatores ecológicos de seu habitat, principalmente aos fatores limitantes. Esse ajustamento é chamado adaptação. Os ecólogos evolutivos têm especial interesse por conhecer a ação dos fatores ecológicos e os mecanismos de adaptação, para entenderem um pouco mais sobre o processo da evolução, pois esta nada mais é do que a constante adaptação da espécie ao ambiente onde vive. Essa adaptação contínua acumula modificações na estrutura genética, até produzir uma espécie totalmente nova.

Além de modificações corporais, que tornam os seres vivos adaptados ao ambiente e que são moldadas ao longo de milhares de anos, há outra forma de adaptação muito mais dinâmica e eficiente: o comportamento, entendido como qualquer alteração na conduta animal provocada por um estímulo. Por exemplo, quando a temperatura diminui e o alimento começa a faltar (estímulo), muitos pássaros migram (comportamento), fugindo, assim, de uma condição ambiental que ameaça sua sobrevivência.

O comportamento tem duas fontes básicas: a herança genética e a aprendizagem. O comportamento que passa geneticamente de geração a geração é chamado inato. Costuma ser mais simples, não se modifica durante a vida do indivíduo e restringe-se a atividades básicas de sobrevivência (alimentação, defesa e reprodução).

O comportamento inato programa o indivíduo para respostas fixas a situações ambientais e de vida, que não se alteram ao longo de muitas gerações e que devem ser iguais para todos os indivíduos da espécie. Um exemplo típico é o canto de acasalamento dos pássaros, que deve ser sempre igual para permitir o fácil reconhecimento pela fêmea. O comportamento aprendido, por outro lado, é adquirido durante a vida do indivíduo, é próprio de cada ser e não é transmitido geneticamente. Depende do condicionamento e da memória do animal, sendo mais comum entre aves e mamíferos. A capacidade de aprendizagem permite uma adaptação mais rápida e maleável às mudanças no ambiente, como a procura de locais adequados para alimentação ou abrigo, ou técnicas mais apuradas e eficientes de caça. Um exemplo é o de abelhas, que aprendem onde estão as melhores flores da região e em qual época elas produzem mais néctar.

#### **1.4 Fatores ecológicos**

Ao estudar a distribuição das espécies pelos diversos habitats da Terra, os ecólogos evolutivos têm-se perguntado por que determinada espécie existe em certos locais e não em outros, ou o que faz uma espécie ter distribuição mais ampla do que outra. Procurando responder a essas questões, eles concluíram que não só a distribuição da espécie pelos diversos habitats mas também a própria sobrevivência do indivíduo são determinadas pela existência de certos eventos e elementos do meio ambiente, que podem agir diretamente sobre o funcionamento do organismo e sobre o seu ciclo de vida. Esses eventos, chamados fatores ecológicos, foram didaticamente divididos em:

*Abióticos*: compreendem os elementos não-vivos do meio, como os físicos, químicos e edáficos (relativos ao solo).

*Bióticos*: envolvem a ação de outros seres vivos, através das relações ecológicas.

É preciso ter-se em conta que, embora clara e prática, essa classificação não considera que os fatores se sobrepõem na natureza. Por exemplo, na Amazônia o clima, fator abiótico importante para a sobrevivência de muitas espécies, é influenciado pela vegetação (fator biótico).

## UNIDADE II – COMPONENTES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DOS ECOSISTEMAS

### 2.1 fatores abióticos (I): fatores físicos

No estudo dos fatores abióticos, isoladamente, é importante entender seu efeito sobre os seres vivos, como fator limitante, e de que modo os seres vivos a eles se adaptam. Daí podemos tirar lições não só para nossa própria sobrevivência, mas também para aumentar a produção dos animais e vegetais domesticados, porque o crescimento é máximo quando o organismo vive em ambiente com fatores ecológicos no seu valor ótimo.

#### Efeitos da temperatura e adaptações a sua variação

A temperatura atua diretamente sobre os organismos, pois regula a velocidade do metabolismo, seguindo a regra de que a cada aumento de 10°C a velocidade do metabolismo dobra. O aumento dessa velocidade, consequência da maior atividade das enzimas estimuladas pelo calor, significa um aumento proporcional nas necessidades energéticas do organismo e, por conseguinte, na quantidade de alimento necessária para mantê-lo vivo.

Os extremos de temperatura são desfavoráveis aos organismos. Quando acima de 40°C, provoca a desnaturação (deformação) das proteínas e enzimas, paralisando todas as reações químicas que mantêm a vida. Quando muito baixa, inibe a ação das enzimas e, chegando ao ponto de congelamento, destrói as células, pois a água que existe nelas aumenta seu volume e rompe a membrana plasmática.

Quando a temperatura ambiente está muito abaixo dos valores ótimos, aumentam as necessidades energéticas dos animais de sangue quente, supridas pelo maior consumo de carboidratos e lipídios. Com isso, os homeotérmicos conseguem manter constante a temperatura interna do corpo, apesar do frio externo.

Em ambientes de altas temperaturas, como nos desertos, há três opções básicas para sobreviver: uma é tolerá-las, como fazem as cobras; outra é evitá-las, como fazem vários insetos e roedores, que passam o dia em tocas, de onde só saem à noite, quando a temperatura é mais amena. A terceira opção de sobrevivência é diminuir a temperatura corporal por meio da evaporação da água, como fazemos nós, que em dias quentes podemos perder até um litro de água por hora. A ausência de pelagem também ajuda a diminuir a retenção de calor.

Os animais de climas frios adaptam-se a baixas temperaturas graças a vários recursos corporais. Pêlos e penas retêm uma camada isolante de ar quente sobre a pele. Outra barreira de proteção é formada

por grossa camada de tecido adiposo abaixo da pele. Existem, ainda, mecanismos comportamentais de proteção, como a migração, a hibernação e a interrupção do crescimento (comum em insetos e plantas).

### Luz e ritmos biológicos

A luz é um fator importante para todos os organismos por duas razões: por ser essencial para o processo da fotossíntese e por induzir e controlar os ritmos biológicos.

Pela grande dependência apresentada com relação à intensidade luminosa, que regula a taxa fotossintética, as plantas geralmente estão adaptadas a um determinado regime de luminosidade, em função do qual podem ser classificadas em:

*Heliófilas:* suportam a exposição direta ao sol e necessitam de alta intensidade luminosa. São as árvores formadoras do dossel das matas, as plantas de mata de restinga, de brejo e as aquáticas flutuantes.

*Umbrófilas:* vivem em baixas intensidades luminosas, nas sombras, entradas de cavernas ou debaixo dos dosséis das matas.

*Tolerantes:* suportam tanto a plena exposição ao sol como a sua ausência. Constituem o segundo estrato arbóreo das matas.

A luz atua, para animais e plantas, como um dos estimuladores que permitem regular seus ritmos de atividade (tanto externas como internas ao corpo), chamados ritmos biológicos. Existem, basicamente, três tipos de ritmos:

*Estacional:* com ciclo de um ano, marca o momento da frutificação e perda de folhas (nos vegetais) e o período de reprodução ou hibernação (nos animais).

*Lunar:* com ciclo de 28 dias, regula o início do período reprodutivo de animais como o verme marinho palolo e das efêmeras, cujos adultos emergem em conjunto a cada lua cheia.

*Circadiano:* com ciclo de aproximadamente 24 horas, regulado pela sucessão de períodos claros e escuros, controla nos mamíferos a variação da temperatura corporal, a produção dos hormônios melatonina e cortisol, bem como o ciclo sono-vigília.

### Adaptações ao fogo

Em alguns ambientes naturais, como os cerrados brasileiros, as savanas africanas e as pradarias norte-americanas, o fogo é um importante fator, responsável pelo estabelecimento e pela reprodução de algumas espécies vegetais, pois facilita a dispersão de suas sementes e a eliminação de plantas invasoras. Além do mais, o fogo permite que os sais minerais retornem ao solo, enriquecendo-o. Nesses ambientes, o incêndio é um evento natural cíclico, provocado por descargas elétricas e pelo grande calor. Estabelece-se

facilmente, por haver sobre o solo muita palha produzida pelo ressecamento das gramíneas. Foram encontrados em alguns pontos do Centro-oeste brasileiro fragmentos de carvão, resultantes de queimadas espontâneas ocorridas há 8.500 anos. Além delas, existem também as queimadas provocadas por nós. As populações indígenas têm-se utilizado delas como meio de proteção, em casos de guerra, ou para abrir clareiras. Atualmente usa-se desse recurso para obter forragem fresca para o gado, graças ao brotamento que ocorre após a primeira chuva depois da queimada.

Mesmo adaptados ao fogo periódico, o abuso da prática da queimada nos cerrados, savanas e pradarias pode ser muito prejudicial e até esterilizar o solo. Com as altas temperaturas, parte dos nutrientes volatiliza-se, e o que é perdido em um incêndio demora três anos para retornar ao solo através das chuvas.

Muitos vegetais estão adaptados ao fogo e dele dependem para viver. Um exemplo brasileiro vive no cerrado: é a planta *Latona montevidensis*, que só floresce quando a parte aérea é queimada ou arrancada mecanicamente. Só então o tubérculo subterrâneo produz uma nova parte aérea, que floresce.

Como adaptação às freqüentes queimadas a que estão submetidas, as árvores podem apresentar folhas com cutícula espessa, muita cortiça no caule — que atua como isolante térmico — ou reprodução vegetativa por meio de caules subterrâneos (que ficam protegidos do fogo), como ocorre com as árvores de cerrado *Andirá humilis* e *Anacardium pumilum* (tipo de caju). As plantas do estrato herbáceo, por sua vez, possuem gemas subterrâneas, capacidade de rápido crescimento e, também, reprodução vegetativa.

Os animais do cerrado também possuem adaptações para sobreviver às queimadas. Os mais rápidos (raposas, onças, lobos-guará) fogem, alertados por ouvidos sensíveis. Os menores ou mais lentos (lagartos, ratos, aranhas, gafanhotos) escondem-se em tocas de tatu. É nessas ocasiões que surgem os oportunistas (falcões, corujas e aves insetívoras), que se alimentam das vítimas em fuga. Algumas espécies de gafanhotos e moscas mantêm seus ovos ou larvas enterrados no solo, apenas durante a estação seca, o que permite que escapem do fogo.

### Ventos e correntes marinhas

Os ventos, considerados aqui como qualquer movimento de massas de ar, são os responsáveis pela distribuição do calor e da água na superfície terrestre, determinando o clima de cada região. Nas cidades, eles garantem a dispersão dos poluentes atmosféricos, e a sua ausência pode provocar a inversão térmica, com graves conseqüências para a saúde. Em regiões montanhosas, é o fator que determina a ausência de árvores acima de certa altitude, formando uma clara faixa que circula as montanhas altas, a que os ingleses chamam de *timberline*.

A influência dos ventos chega a determinar o tamanho de algumas árvores. Um caso bem estudado

é o do pinheiro *Pinus murrayana*, encontrado na Serra Nevada, Califórnia. Considerando-se a face da montanha onde vivem e diferenças de 200 m de altitude, os exemplares podem ser tanto árvores de 30 m de altura quanto arbustos com 2 m de altura.

Outra forma de ação dos ventos é como agente da erosão que molda o relevo e afeta a qualidade do solo. Pesquisas recentes têm mostrado que o solo do Acre — um dos mais férteis da Amazônia — é de origem vulcânica. Ele teria sido formado pelas cinzas de erupções, ocorridas no Equador ou no Peru, que foram transportadas por correntes de vento.

Mas os ventos não afetam só o ambiente terrestre. Nos oceanos, eles são os responsáveis pela força e direção das correntes marítimas superficiais, que espalham os seres vivos pelas costas dos continentes. A corrente marinha é um fator de fundamental relevância para as espécies planctônicas, que não conseguem nadar contra a corrente. Muitos invertebrados marinhos sedentários e costeiros têm a sua fase larvar planctônica e dependem, por isso, das correntes para conquistar novos ambientes. A distribuição dessas espécies é, em grande parte, determinada pela rota das correntes e também pela temperatura.

### Pressão hidrostática

Para a maioria dos organismos terrestres, a pressão não é um fator limitante. No ambiente aquático, no entanto, ela revela-se crucial, determinante da distribuição e adaptação morfológica das espécies.

Os animais que vivem permanentemente submetidos a grandes pressões têm proteínas e enzimas mais compactas e resistentes, adaptadas a essas condições, assim como os que vivem em locais mais quentes têm enzimas com estrutura alterada, de modo que desnaturam com maior dificuldade. A pressão também afeta a morfologia de muitas células. As amebas deixam de emitir pseudópodos e os protozoários ciliados perdem a capacidade de usar os cílios. Outras adaptações são a falta de cavidades ocas no corpo, que seriam esmagadas pela grande pressão externa, bem como uma maior porcentagem de água no corpo.

## **2.2 Fatores abióticos (II): fatores químicos**

### Água e sobrevivência

Ao lado da temperatura, a água é o fator que mais afeta a ecologia de todos os seres vivos, principalmente dos organismos terrestres, para os quais nem sempre ela encontra-se plenamente disponível. Para se entender a importância desse fator ecológico, basta ter em mente que as primeiras formas de vida surgiram no ambiente aquático e, somente lá, viveram durante quase 2 bilhões de anos.

Isso porque, pelas suas características físico-químicas, a água cria um ambiente muito mais estável que o aéreo. Isto facilita a sobrevivência de organismos mais simples e menos dotados de mecanismos de adaptação a mudanças bruscas. Com relação à temperatura, a água conserva mais o calor, mudando mais lentamente sua temperatura do que o ar. Este fato pode ser evidenciado ao se mergulhar numa piscina no final da tarde, quando o ar já começa a esfriar. A água, pelo contrário, conserva ainda o calor das horas mais quentes do dia.

Igualmente valioso é o fato de a água ser um solvente universal. Nela dissolvem-se facilmente muitas substâncias químicas essenciais à vida, como proteínas, sais minerais e nutrientes, que assim dispersam-se mais rapidamente e penetram com maior eficiência nos organismos. Para as células, ela é o meio ideal onde se podem realizar as reações químicas responsáveis pela vida. Por todas essas razões, somente muito tardiamente, em termos da história do nosso planeta, contada em milhões de anos, a vida pôde desenvolver-se no ambiente aéreo.

### Adaptações a ambientes secos

A colonização de ambientes secos, ocorrida apenas nos últimos 350 milhões de anos, é um triunfo evolutivo que exigiu adaptações específicas, tanto morfofisiológicas quanto comportamentais. Os primeiros organismos a ocuparem esse novo ambiente ainda eram muito dependentes da água, conseguindo sobreviver apenas em locais úmidos. São representados pelos anelídeos (minhocas), gastrópodes terrestres (caracóis), anfíbios, musgos e samambaias.

Com o decorrer da evolução, foram surgindo espécies mais equipadas para viver em ambientes secos, com o que novos habitats puderam ser ocupados. Os grupos mais bem-sucedidos foram os vertebrados superiores (aves e mamíferos), os insetos (entre os invertebrados) e os vegetais superiores (angiospermas). Para os animais, a evolução levou à substituição da pele úmida e permeável (como a dos anfíbios) por uma seca e impermeável, graças às placas rígidas (répteis), penas ou ao revestimento de quitina (mamíferos).

### Acidez da água

No ambiente celular o pH regula a atividade das enzimas, que é máxima para valores bem determinados de pH, os quais não podem variar. Alterações bruscas são evitadas em muitas espécies, graças à existência de sistemas de tamponamento, reações químicas que absorvem o excesso de íons  $H^+$  ou suprem a sua falta dentro de certos limites.

No mar, os valores de pH variam pouco, não chegando a ser um fator limitante. Ele o é para animais de água doce, como alguns rotíferos (invertebrados planctônicos) que sobrevivem entre valores 6,0 e 7,5. Muitos peixes ornamentais são menos tolerantes a alterações de pH, restritas à ordem de apenas

alguns décimos na escala, vivendo, em geral, em águas levemente ácidas (6,6 a 7,0).

A acidez do solo corresponde ao pH do líquido que banha os espaços entre as partículas minerais que o constituem. Ela afeta não só os vegetais como também os animais que aí vivem, como as minhocas e as lesmas. O principal efeito da acidez excessiva (pH menor que 5) é tornar os nutrientes insolúveis, dificultando sua absorção pelas raízes. Algumas espécies vegetais estão adaptadas a sobreviver em solos ácidos, conseguindo, assim, ocupar habitats em que muitos outros não sobrevivem. Na Califórnia, pinheiros amarelos são encontrados somente em manchas de "solo amarelo", via de vegetação herbácea, em claro contraste com áreas contíguas, cuja vegetação arbórea é mais variada e com abundante estrato herbáceo. O "solo amarelo" é de origem vulcânica e fortemente ácido.

### Sais dissolvidos na água

A salinidade, em mar aberto, não é muito variável, mas torna-se um fator limitante nos estuários, onde as alterações podem ser drásticas.

As espécies aquáticas, em relação à capacidade de suportar grandes variações de salinidade, podem ser consideradas *euri-halinas* se suportam variações. São os organismos estuários (de água salobra) ou os capazes de mudar de água doce para marinha, ou vice-versa, como o salmão. Se não suportam variações, tendo que viver em concentrações salinas aproximadamente constantes, são denominadas espécies *esteno-halinas*.

### Oxigênio, o gás da vida

Todo ser vivo realiza, em suas células, sofisticadas reações químicas, pelas quais consegue retirar dos alimentos a energia necessária para sobreviver. Os primeiros a surgirem nos oceanos primitivos — algas azuis e certas bactérias — utilizavam um processo químico de combustão lenta e incompleta, denominado fermentação ou respiração anaeróbica. Posteriormente, surgiram organismos mais complexos e eficientes, que obtinham maior quantidade de energia com o mesmo alimento, realizando combustão lenta, mas completa. Tal processo bioquímico é chamado de respiração aeróbica, por ocorrer apenas na presença de ar. Mas isso somente foi possível com a presença de um gás comburentes, o oxigênio. Esse gás só passou a integrar a atmosfera primitiva há 1,5 bilhão de anos graças à ação fotossintetizadora das algas azuis. Sua produção atingiu, cerca de 570 milhões de anos atrás, uma quantidade que já tornava possível aos animais gastarem mais energia em funções mais complexas, como andar em vez de se arrastar. Foi o primeiro grande passo da evolução da vida.

Atualmente, o oxigênio encontra-se uniformemente distribuído sobre toda a superfície terrestre. Por isso ele não é fator limitante, a não ser para seres que vivem em grandes altitudes, onde o ar é mais

rarefeito, o que exige algumas pequenas adaptações. O ser humano, por exemplo, ao desembarcar em locais com mais de 3 000 m de altitude sofre, de imediato, do "mal das montanhas", cujos principais sintomas são vertigens, mal-estar, fraqueza e dores de cabeça. A adaptação imediata consiste no aumento do ritmo respiratório (respiração ofegante), para compensar a falta de oxigênio no ar. Depois de alguns dias, desenvolvemos uma adaptação mais eficiente: aumenta a quantidade de glóbulos vermelhos no sangue, para aproveitar melhor a pequena quantidade de oxigênio no ar inspirado.

No ambiente de água doce, a falta de oxigênio pode restringir a distribuição local de várias espécies. Durante o verão, em muitos lagos formam-se camadas de água profundas e frias, que não se misturam com as camadas superficiais ricas em oxigênio. Nessas condições, apenas espécies anaeróbias ou com adaptações especializadas podem sobreviver. Larvas aquáticas de quironomídeos (um tipo de mosquito) que habitam em lagos suportam longos períodos de condições anaeróbicas, mas semelhantes espécies de rios morrem rapidamente sem oxigênio.

Em manguezais e brejos, a disponibilidade de oxigênio para as raízes é precária por causa do encharcamento do solo. Esse fator seletivo determina a existência de uma vegetação altamente especializada, como o mangue-branco *Avicennia tomentosa* (árvore típica de mangues), cujas raízes aéreas realizam trocas gasosas.

### ***Esgoto doméstico causa a morte de rios***

O crescimento da população humana e sua concentração nas cidades produzem grandes quantidades de esgoto doméstico, rico em matéria orgânica. Quando é lançado diretamente nos rios, o esgoto provoca a morte dos peixes e de outros organismos, o mais grave impacto ambiental de nossos dias, tanto pelas suas conseqüências como pela extensão com que ocorre.

O que mata os peixes não é tanto a presença de substâncias químicas tóxicas, quase inexistentes nos esgotos domésticos, mas a falta de oxigênio, consumido pelos microrganismos decompositores (fungos e bactérias), que se alimentam da matéria orgânica biodegradável. Esses microrganismos conseguem sobreviver no rio poluído porque necessitam de menores concentrações de oxigênio (1,0 mg/l) que os peixes (3 a 4 mg/l).

Para quantificar o grau de poluição por matéria orgânica e o risco de extinção da fauna aquática, usam-se três tipos de parâmetros. Um é a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg/l de água. O segundo, chamado ÜBO (demanda bioquímica de oxigênio), mede a quantidade de oxigênio (em mg) necessária para a degradação da matéria orgânica presente em um litro de água, numa dada temperatura. Quanto maior a DBO, menos oxigênio sobra para os peixes respirarem. O terceiro parâmetro é a quantidade, em cada dl de água, de coliformes fecais, bactérias normalmente encontradas no intestino

humano, cuja presença indica que a água está contaminada por fezes e, portanto, pode possuir microrganismos causadores de doenças.

Além do esgoto doméstico, existem outras fontes de matéria orgânica poluidoras dos rios. São os resíduos de usinas açucareiras (vinhoto), matadouros, indústrias de papel e serrarias. Seus efeitos podem ser agravados pelo aquecimento da água ao ser usada por indústrias, termelétricas e usinas atômicas para o resfriamento de seus equipamentos. Um aumento de temperatura de 5°C para 20°C diminui a quantidade de oxigênio de 9 para 6 ml<sup>3</sup>/l, ao mesmo tempo em que o metabolismo dos animais — e, portanto, o seu consumo desse gás — aumenta quatro vezes.

O efeito do lançamento do esgoto doméstico depende do volume do material despejado, do tamanho do rio e do seu grau de oxigenação natural. Quando há muitas quedas de água e corredeiras, a mistura do oxigênio do ar com a água é maior, facilitando a recuperação do rio. Processos artificiais, como injeção de ar por bombas ou agitação mecânica, ajudam a oxigenar a água dos rios, restabelecendo-os.

Pela oxigenação da água, ao longo do curso do rio, é possível eliminar os efeitos nocivos da poluição por matéria orgânica e recuperar — naturalmente — a fauna original. Esse processo, chamado autodepuração, ocorre mesmo em rios pesadamente poluídos, como o Tietê, que de Barra Bonita em diante é relativamente limpo e povoado. A presença de alguns invertebrados é um indicador de águas correntes bem oxigenadas e limpas. Tal é o caso dos pitus e das larvas de borrachudos.

### **2.3 Fatores abióticos (III): fatores edáficos**

À primeira vista, os fatores relacionados ao solo parecem afetar apenas a vegetação. Mas para vários animais o solo é o abrigo, refúgio e o local onde os ovos são chocados. Portanto, as características do solo podem ser fatores limitantes para pequenos animais que vivem nos espaços entre os grãos (interstícios), para os que vivem em tocas cavadas na terra ou na água e para os que enterram os seus ovos.

A extrema compactação do solo pode ser um fator limitante para animais escavadores, como as tartarugas aquáticas da Amazônia. Se elas não encontrarem terra fofa ou areia nos "tabuleiros" das beiras dos rios, não conseguirão desovar e a continuidade da espécie estará ameaçada.

Certas características do solo determinam a distribuição de muitos vegetais e mesmo a sua produtividade. Árvores de grande porte, por exemplo, não conseguem sobreviver em locais onde a camada de solo é muito fina ou de consistência arenosa, porque não há apoio suficiente para sustentar o

peso desses vegetais.

Mas os vegetais não são, simplesmente, elementos passivos. Eles também modificam o solo com a ação de suas raízes e dos ácidos resultantes da decomposição de folhas, flores e frutos. Com isso, contribuem para a formação do húmus, massa coloidal de matéria orgânica, inorgânica e sais minerais. A par e orgânica do húmus é importante fonte nutritiva das plantas, evita mudanças violentas de pH e retém água, mantendo o solo úmido.

### Conservação do solo e desertificação

Nossa agricultura precisa alimentar diariamente um número maior de pessoas. Ora, como a área potencialmente agrícola não aumenta, é necessário aumentar a produtividade agrícola, preservando a qualidade do solo e recuperando as áreas que esgotamos.

O maior inimigo do solo é a erosão pluvial, que consiste no arrasto de material particulado (inclusive nutrientes) pela água superficial, proveniente das chuvas. Ela empobrece inicialmente as camadas superficiais, justamente as mais férteis. Se não for detida, leva à desertificação, etapa em que a falta de nutrientes e a destruição das camadas superiores do solo impedem a sobrevivência de vegetação de grande porte.

Outra consequência desastrosa da erosão — o assoreamento — consiste na formação de depósitos de areia e partículas de terra no fundo dos rios, lagos e oceanos, carregados para lá pelas chuvas que erodem os solos.

Vários fatores condicionam os efeitos da erosão:

*Intensidade da chuva:* quando é alta, o solo não tem tempo de absorver a água, que escoar carregando partículas consigo.

*Permeabilidade do solo:* quanto menor a permeabilidade, maior será a erosão, já que a água terá dificuldade de penetrar nele. Solos argilosos, compactos e com muito calcário são os que apresentam menor permeabilidade, estando, portanto, mais sujeitos à erosão. Solos extremamente arenosos, por outro lado, permitem que toda a água escoar para o lençol freático, levando consigo os nutrientes.

*Declividade do terreno:* quanto maior for a inclinação, maior será a erosão.

*Cobertura vegetal:* protege o solo do impacto direto das gotas de chuva, que compactam o solo. Há uma notável diferença no tempo de erosão do solo, dependendo do tipo de cobertura. Para um terreno com 10° de declive, a perda de uma camada de 18 cm demora:

Cobertura	Floresta	Gramado	Pomar	Cultura de algodão	Solo nu
Tempo (anos)	575 000	82 150	110	46	18

O conhecimento desses fatores permite-nos tomar as medidas acertadas para evitar ou, pelo menos, minimizar os efeitos nocivos da erosão. Uma dessas medidas é a criação de "terraços" nas plantações em áreas com declive, como as encostas de morros. Outra consiste em plantar vegetais que possuam raízes fasciculadas, capazes de reter o solo, acompanhando as curvas de nível, com pequena distância entre um pé e outro.

Para evitar a erosão convém abolir os desmatamentos que deixem o solo nu por muito tempo. No caso da Amazônia, o desmatamento traz a seca, com a diminuição das chuvas e o aquecimento do solo de 1 a 3°C. As árvores transpiram, tornam o ar úmido e favorecem a ocorrência de chuvas. Sem a vegetação, o solo sofre o aquecimento direto dos raios solares e resseca. À medida que a água das camadas superficiais evapora, os sais de ferro e outros minerais se depositam e tornam o solo impermeável, com crostas duras como ladrilhos. São os lateritos. Esse processo de destruição do solo de florestas tropicais denomina-se *laterização*.

#### 2.4 Fatores bióticos: organismos autótrofos e heterótrofos

Denomina-se nível trófico cada um dos níveis alimentares ou de nutrição que representa o conjunto biótico (animais e vegetais) que através dos quais ocorrem processos que permitem o transporte de energia e matéria num ecossistema. Existem 3 níveis que são eles: produtores consumidores e decompositores.

Produtores - Estes organismos são capazes de produzir seu próprio alimento e, por isso, são chamados de **autótrofos**. Todas as plantas clorofiladas, algumas algas (cianofíceas) e algumas bactérias são capazes de produzir seu alimento através d

Consumidores – Estes organismos precisam obter energia através da ingestão de matéria orgânica, por isso são chamados de **heterotróficos**, e incluem todos os grupos de herbívoros, carnívoros e decompositores. Podendo ser:

- Consumidores de primeira ordem: alimentam-se de produtores.
- Consumidores de segunda ordem: alimentam-se de consumidores de primeira ordem.
- Consumidores de terceira ordem: alimentam-se de consumidores de segunda ordem.

Decompositores ou detritívoros - São organismos, como certas bactérias e fungos, que atacam os cadáveres, excrementos, restos de vegetais e, em geral, matéria orgânica dispersa no substrato, constituem um último nível na cadeia alimentar. Eles fecham o ciclo trófico, pois através deles a matéria é novamente decomposta e retorna ao meio ambiente para novamente ser usada pelos organismos autotróficos na síntese de matéria orgânica.

## 2.5 O equilíbrio ecológico e o controle homeostático do ecossistema

Além dos fluxos de energia e ciclos de materiais, descritos brevemente na Unidade IV, os ecossistemas são ricos em redes de informação, que compreendem fluxos de comunicação físicos e químicos que interligam todas as partes e governam ou regulam o sistema como um todo. Conseqüentemente, os ecossistemas podem ser considerados cibernéticos (de *kybernetes*, piloto ou governador) na natureza, mas as funções de controle são internas ou difusas, ao contrário das funções externas e especificadas dos mecanismos cibernéticos elaborados pelo homem. A redundância – mais de uma espécie ou componente tendo a capacidade de realizar uma dada função - também aumenta a estabilidade. O grau de estabilidade atingido varia muito, dependendo do rigor do ambiente externo além da eficiência dos controles internos. Existem duas formas de estabilidade: a estabilidade de resistência (a capacidade de se manter "estável" diante do estresse) e a estabilidade de elasticidade (a capacidade de se recuperar rapidamente). As duas formas podem estar inversamente relacionadas.

A ciência da cibernética, conforme foi fundada por Norbert Wiener (1948), abrange os controles tanto inanimados como animados. Mecanismos mecânicos de retroalimentação muitas vezes são denominados servomecanismos pelos engenheiros, enquanto que os biólogos empregam a expressão mecanismos homeostáticos em relação aos sistemas *organísmicos*. A homeostase (de *homeo*, igual; *stasis*, estado) no nível do organismo é um conceito bem conhecido na fisiologia, como foi delineado no livro clássico de Walter B. Cannon, *The Wisdom of the Body (A Sabedoria do Corpo)* (1932). Nos servomecanismos e nos organismos, um "controlador" distinto, mecânico ou anatômico, possui um "ponto de ajuste" especificado. Num sistema de aquecimento residencial, o termostato controla o aquecedor; num animal de sangue quente, um centro cerebral específico controla a temperatura corporal. Em contraste, as inter-relações dos ciclos de materiais e dos fluxos de energia, junto com as retroalimentações dos subsistemas em grandes ecossistemas, geram uma homeostase autocorretiva que não precisa de controle e ponto de ajuste externos. Os mecanismos de controle que operam no nível de ecossistema incluem os subsistemas microbianos que regulam o armazenamento e a liberação de nutrientes, os mecanismos de comportamento e os subsistemas de predador e presa que regulam a densidade populacional, para mencionar apenas poucos exemplos.

A **estabilidade de resistência** indica a capacidade de um ecossistema de resistir a perturbações e de manter intatos sua estrutura e seu funcionamento. A **estabilidade de elasticidade** indica a capacidade de se recuperar quando o sistema é desequilibrado por uma perturbação. A evidência crescente mostra que estes dois tipos de estabilidade podem ser mutuamente exclusivos, isto é, em outras palavras, é difícil os dois desenvolverem-se ao mesmo tempo. Assim, uma floresta de pinheiros da Califórnia é bastante resistente ao fogo (com cortiça grossa e outras adaptações), mas, se queimar, recuperar-se-á muito lentamente, ou talvez nunca. Por outro lado, a vegetação de chaparral da Califórnia pega fogo com facilidade (pouca estabilidade de resistência) mas se recupera rapidamente, em poucos anos (excelente estabilidade de elasticidade). Em geral, os ecossistemas em ambientes físicos benignos tendem a exibir uma estabilidade mais de resistência e menos de elasticidade, ocorrendo o contrário em ambientes físicos incertos.

## UNIDADE III – ECOLOGIA DE COMUNIDADES

As populações de indivíduos de uma mesma espécie mantêm relações entre si e compartilham seu habitat com indivíduos de outras espécies. Essa situação configura um novo nível de organização no mundo vivo: a **comunidade**. Toda comunidade deve ter três atributos para ser considerada como tal. Primeiro, a ocorrência simultânea de espécies diferentes. Segundo, que haja uma constância no grupo de espécies que forma a comunidade. Terceiro, a capacidade de auto-regulação dinâmica (também chamada de **homeostase**), isto é, a comunidade deve conseguir manter suas próprias características num estado de equilíbrio e recuperá-lo logo, se houver alguma perturbação no habitat.

Como a comunidade é definida pelo habitat das populações que a constituem, o seu tamanho físico nem sempre é claramente determinado, a não ser em casos limitados e extremos, como um aquário ou uma pequena ilha. Mesmo assim, pode haver mais de uma comunidade, isoladas entre si. Por exemplo, no aquário pode existir uma comunidade de animais que vivem enterrados na areia, isolados dos demais habitantes aquáticos. O mais freqüente é que as áreas ocupadas por duas comunidades adjacentes se sobreponham na fronteira comum. Nessas áreas, chamadas **ecótonos** ou **zonas de tensão**, convivem espécies das duas comunidades vizinhas, o que as torna mais ricas em espécies. Com isso, é maior o nível de competição, o que costuma produzir um estreitamento no nicho alimentar das espécies ali presentes.

Toda comunidade deve possuir vegetais, fonte básica de alimentos para os demais componentes. E são eles, justamente, os primeiros elementos percebidos numa observação inicial e rápida de uma comunidade. Por essa razão, as comunidades podem ser descritas pelo tipo de vegetação que as compõe e como esta se organiza no espaço. A isso se denomina **estrutura** de comunidade, que pode ser horizontal ou vertical.

Algumas poucas espécies vegetais, em muitos casos apenas uma, têm papel mais predominante na comunidade, pelo seu tamanho, número de indivíduos ou por suas atividades. Elas são chamadas **espécies dominantes**, consideradas ecologicamente mais bem-sucedidas, e dão o tom ao ambiente. Na comunidade da Mata de Araucárias, típica do Paraná e de Santa Catarina, a espécie dominante é o pinheiro-do-paraná. Nos manguezais, é a árvore mangue-vermelho.

Uma espécie pode deixar de ser dominante se for introduzida outra espécie que lhe seja forte competidora. A mudança de espécie dominante altera completamente a comunidade, podendo até destruí-la. É o que ocorre quando o gafanhoto torna-se a espécie dominante em campos cultivados, produzindo nuvens que arrasam a vegetação por onde passa. Outro exemplo é a maré vermelha, em que a espécie dominante da comunidade marinha passa a ser a alga flagelada **Gonyaulax**.

### 3.1 Importância da diversidade

A *diversidade* é o principal parâmetro utilizado para distinguir e caracterizar as comunidades. Ela indica o número e o tipo de espécies presentes, sendo de maior diversidade a comunidade que tenha um maior número de espécies diferentes. Quando se comparam comunidades com a mesma quantidade de espécies, a mais diversa é aquela na qual todas as espécies estão igualmente representadas pelo mesmo número de indivíduos. A análise da diversidade de uma comunidade envolve a montagem de uma lista de espécies presentes, e a sua medida mais simples é pelo número absoluto de espécies diferentes, denominada *riqueza de espécies*.

A diversidade varia gradativamente, em escala mundial, segundo alguns padrões, sendo o mais notável e estudado deles o gradiente latitudinal. À medida que se caminha do equador para os pólos, a diversidade de várias comunidades também diminui. Isso está relacionado com a tendência de que nos habitats tropicais haja uma maior disponibilidade de alimentos, favorecendo o aparecimento de mais nichos alimentares, cada qual abrigando uma espécie distinta. Essa tendência é observada nas comunidades de formigas: nosso país abriga 222 espécies; Trinidad e Tobago, 134; Cuba, 101; Utah (EUA), 63; Alasca, 7 e Ártico, 3.

Outros gradientes observados são o topográfico (diversidade maior nas regiões montanhosas) e o peninsular (diversidade menor na península do que na região continental adjacente).

As comunidades, principalmente as de maior diversidade, representam um *patrimônio* nacional de grande valor científico e econômico. Do ponto de vista econômico, a preservação da diversidade — principalmente em ambientes ricos em espécies e pouco conhecidos, como as florestas tropicais — significa a manutenção de um "arquivo químico" riquíssimo.

Cada espécie produz substâncias químicas próprias que podem ter usos variados, como fármacos, resinas, pigmentos, inseticidas e aromatizantes. Sua produção em laboratório geralmente é complicada e cara. E o que não se conhece não pode ser sintetizado artificialmente. Grande parte das espécies existentes (estima-se em um milhão de espécies — apenas de animais! — no mundo) foram pouco estudadas ou nem classificadas e descritas. O estudo dessas espécies poderá fornecer dados fundamentais para uma melhor compreensão do funcionamento do mundo natural, bem como dos processos ecológicos e da evolução. Para se ter uma idéia da complexidade química dos vegetais, tomemos o exemplo do morango. Ele tem cerca de 300 micro-moléculas diferentes, e nenhuma delas, isoladamente, tem o gosto ou o aroma da fruta.

A diversidade é também um patrimônio do ponto de vista genético, pois cada espécie tem um material genético diferenciado, formando um banco de dados de valor inestimável, a ser empregado pela

Engenharia Genética e pela Biotecnologia. Espécies ainda desconhecidas poderão fornecer genes que tornem plantas cultivadas mais resistentes às pragas e intempéries ou que aumentem a população de animais de interesse econômico. Somente a Amazônia possui 30% de todo o estoque genético do planeta. A extinção de uma única espécie, que pode armazenar de mil a 400 mil genes diferentes, significa a perda irreparável de um precioso patrimônio genético e químico, o "roubo" de um recurso natural da nação que a possui.

Por estar em grande parte situado na faixa tropical, o Brasil possui uma das maiores diversidades biológicas do mundo. Estima-se que a Amazônia possua 80 mil espécies animais, insetos em sua grande maioria, e 55 mil espécies de vegetais superiores. Isso representaria a metade da diversidade mundial, uma riqueza que deve ser protegida. No entanto, segundo dados da Sociedade Brasileira de Zoologia, de 1973 a 1989, o número de espécies animais brasileiros ameaçados de extinção aumentou de 60 para 250.

### 3.2 Como funcionam as comunidades

Estudos paleontológicos e paleopalinológicos revelam que as comunidades — c, especificamente, a vegetação — não foram as mesmas ao longo dos milhões de anos de história da vida na Terra. As mudanças climáticas teriam atuado como fator responsável pela dinâmica das comunidades, pela alteração contínua na sua estrutura e organização.

A própria Floresta Amazônica não teria sido sempre a mesma. Segundo a *Teoria dos Refúgios Florestais* — proposta, no Brasil, pelo biólogo e compositor popular Paulo Vanzolini e pelo geógrafo Aziz Ab'Sáber —, ela teria reduzido de tamanho em quatro ocasiões nos últimos 60 mil anos, sempre durante o auge das várias eras glaciais que ocorreram no planeta. Durante a última glaciação, ocorrida entre 18 mil e 10 mil anos atrás, enquanto a Terra se tornava mais fria e o gelo avançava desde o sul, o clima na região amazônica teria sofrido um forte impacto, tornando-se mais fresco (com temperatura 4°C abaixo da média atual) e seco; o mar estava 100 metros abaixo do seu nível atual, o declive dos rios amazônicos era maior, bem como a sua correnteza, capaz de escavar profundos vales. Com essas condições, boa parte da floresta tropical teria cedido lugar a uma vegetação mais adaptada, semelhante ao atual cerrado, ficando restrita a pequenas "ilhas" fragmentadas: os refúgios tropicais.

O isolamento das espécies típicas da floresta, nos refúgios tropicais, teria propiciado a diferenciação das populações e a formação de novas espécies, tornando-se um dos principais responsáveis pela grande diversidade observada em florestas tropicais.

Mudanças climáticas a longo prazo e ação humana sobre a vegetação mostram que as comunidades não são entidades estáticas, fixas no tempo. Ao contrário, elas parecem estar em constante

desenvolvimento, passando por estágios sucessivos até atingir um estado de equilíbrio. Chama-se *sucessão ecológica* esse processo de desenvolvimento da comunidade, que envolve mudanças gradativas nos seus atributos e o estabelecimento de novas espécies. Esse processo torna-se mais claro e tangível pela substituição do tipo de vegetação dominante do habitat onde vive a comunidade.

Como em todo processo biológico, as mudanças na sucessão são gradativas, com sobreposição de suas etapas. Apenas para fins didáticos e de pesquisa, considera-se que, durante a sucessão, várias comunidades distintas sucedem-se numa mesma área, podendo ser classificadas em três tipos: *ecese*, *séries* e *clímax*.

Formada basicamente por espécies colonizadoras ou pioneiras, a *ecese* cria condições no ambiente para o estabelecimento de novas espécies e para o aparecimento das comunidades. Em várias regiões do Brasil é comum, após uma queimada, a área ser ocupada por samambaias e, eventualmente, por bambus, que dão início ao processo de sucessão. O tipo de espécie colonizadora pode ter um grande valor prático, como indicador das condições do solo. Capim-gordura, por exemplo, é um colonizador típico de solos muito ácidos.

*Séries* ou *seres* são as comunidades temporárias que surgem no decorrer de uma sucessão. A ação de cada uma delas sobre o ambiente cria as condições necessárias para o aparecimento da comunidade seguinte. A *comunidade clímax* surge no final do processo da sucessão. Ela está em equilíbrio com fatores bióticos e abióticos, clima e, principalmente, tipo de solo. Isso lhe confere alta estabilidade (homeostase), sendo uma comunidade capaz de pronta resposta a flutuações nos fatores abióticos, o que impede substituição freqüente de espécies.

O tipo de sucessão pode ser classificado em função do tipo de ambiente e circunstâncias em que ela se inicia. Quando ocorre numa região estéril, com fatores abióticos iniciais adversos, ou num ambiente novo e nunca antes habitado, como uma ilha vulcânica cheia de rochas ou uma lagoa recém-formada pelas chuvas, fala-se numa *sucessão primária*. A *sucessão secundária* ocorre em áreas onde, anteriormente, havia uma comunidade estabelecida, como um campo de cultivo abandonado ou uma floresta incendiada. A sucessão secundária dá-se geralmente em ambientes que foram modificados pela ação humana e tem estágios mais curtos, atingindo antes a estabilidade.

Algumas comunidades podem parecer estáveis, mas ainda não atingiram o equilíbrio característico da comunidade clímax. Um exemplo extremo aconteceu na Inglaterra, em 1954. Naquele ano, uma epidemia de mixomatose, doença causada por um fungo, devastou a população de coelhos, até então a espécie animal dominante em muitas áreas de pastagem daquele país. A ausência da pressão exercida pelos coelhos sobre a vegetação trouxe mudanças drásticas para a comunidade: aumentou o número de

árvores, cujos brotos eram antes comidos pelos coelhos, e espécies vegetais, que há muitos anos não eram vistas, subitamente apareceram em grande número. Nesse caso, a ação de um único fator biótico, o parasitismo pelo fungo, rompeu o precário equilíbrio que havia na comunidade.

### 3.3 Sucessão ecológica

Ao longo do processo de amadurecimento da comunidade até atingir o seu clímax, algumas tendências, orientadas para uma máxima organização e estabilidade, são fortemente marcantes, tais como:

*Aumento da diversidade*, até atingir o seu máximo com a comunidade clímax, quando permanece em equilíbrio.

*Aumento da competição e estreitamento dos nichos ecológicos*, em consequência do aumento da diversidade, num ritmo maior do que a disponibilidade de recursos. O estreitamento do nicho exige maior especialização no tipo de alimento e recursos utilizados. É uma forma de adaptação que reduz a competição que surge com o estabelecimento de novas espécies na comunidade.

*Diminuição da valência ecológica* das espécies, que, ao serem mais especializadas em tipo de ambiente e recursos alimentares, tornam-se menos flexíveis a variações bruscas nos fatores ecológicos. É uma consequência do aumento da diversidade e da competição. Conforme a comunidade vai atingindo um maior grau de estabilidade, ela atua sobre o meio, criando condições — o microclima da floresta é um exemplo — que permitem a sobrevivência das espécies de pequena valência ecológica.

*Aumento na longevidade dos dominantes*, pois um dos fatores que garantem a estabilidade de uma comunidade é a permanência da mesma espécie dominante. Contribui para isso o fato de os indivíduos dominantes terem vida mais longa, como ocorre numa floresta, cujas árvores vivem muito mais tempo do que as gramíneas, que as precederam.

*Aumento na biomassa*, como resultado do aumento da longevidade das espécies dominantes. Tendo mais tempo de vida, os vegetais investem mais energia e material na parte permanente e não reprodutora do corpo (folhas, raízes, caule) que lhes garante maior proteção. Os vegetais dominantes nos primeiros estágios da sucessão, por outro lado, investem mais em estruturas reprodutivas (flores e sementes), em detrimento do resto do corpo. Isso aumenta a quantidade de matéria orgânica viva na comunidade. Essa tendência é, também, um reflexo de que a comunidade está aproveitando ao máximo os recursos do ambiente. Assim, os nutrientes tendem a ser cada vez mais reciclados e reaproveitados de uma forma mais eficiente durante a sucessão.

### Sucessão em vários ambientes

Uma lagoa recém-formada é, inicialmente, habitada por algas microscópicas, que constituem a comunidade chamada *fitoplâncton*. Com ela aparecem depois pequenos animais (microcrustáceos, rotíferos) que se alimentam do fitoplâncton e constituem-se na comunidade denominada *zooplâncton*. O aumento em diversidade e biomassa dessas comunidades cria condições de existência para os peixes. Quando morrem, os corpos desses organismos afundam e são decompostos, criando uma camada de detritos rica em nutrientes que, por sua vez, favorecem o estabelecimento de plantas no fundo da lagoa. Simultaneamente, as bordas da lagoa são ocupadas por plantas aquáticas que vivem na superfície da água.

Com o acúmulo de detritos orgânicos e de partículas de terra arrastadas com a chuva, a lagoa vai ficando rasa. Surge, então, em suas beiradas, uma vegetação mais complexa, constituída por plantas aquáticas com raízes submersas e grande parte do corpo emersa. São os juncos e taboas, típicas de pântanos. Com o passar do tempo, o pântano vai secando e acumulando material sólido no seu fundo, formando um solo limoso.

Essas condições promovem a invasão de plantas terrestres pioneiras, como as gramíneas, que — quando a área ficar bem drenada — darão lugar a uma vegetação mais estruturada, constituída por arbustos. Por fim, surgem as árvores que formarão a floresta, comunidade clímax desse local.

Há ambientes cujas condições abióticas são extremas, a ponto de tornar o processo de sucessão mais lento que numa lagoa.

A rocha nua é um ambiente bastante árido, porque a água da chuva logo se evapora ou dela escorre. A única espécie pioneira capaz de viver nesse habitat é o líquen. Ao contrário da maioria das outras espécies pioneiras, os líquens têm crescimento lento (1 mm/ano) e tempo de vida muito mais longo (chegando a centenas de anos). Têm grande capacidade de retenção de água, o que lhes permite viver em ambientes secos, com necessidade de iluminação direta e abundante. Produzem algumas formas de ácidos orgânicos que decompõem a superfície das rochas formando o solo.

As mudanças bruscas de temperatura, juntamente com essa ação erosiva dos ácidos liquênicos, produzem rachaduras e fendas nas rochas, onde se acumula uma camada incipiente de solo, que passa a abrigar uma vegetação de pequeno porte: musgos, samambaias e gramíneas pequenas. Essas plantas mais complexas possuem raízes que ajudam a aumentar — conforme crescem — as fraturas das rochas e a segurar o solo. Quando morrem e são decompostas, enriquecem o solo com matéria orgânica.

Quando a camada de solo já exhibe uma espessura maior que 10 cm, começam a surgir os arbustos, que passam a ser as espécies dominantes. Depois, eles cedem lugar às árvores que formam a floresta, caso as condições de clima e solo sejam favoráveis. Noutras condições (clima mais seco ou solo arenoso), a

comunidade clímax pode ser a do cerrado ou mesmo a de deserto (cactus e pequenos arbustos).

Esses dois exemplos ilustram casos de sucessão primária. Observemos, agora, uma floresta destruída para retirada de madeira e cujo solo fica limpo de vegetação. É um caso típico e comum de sucessão secundária. As comunidades intermediárias, a velocidade do processo, bem como a comunidade clímax resultante, dependem do tipo de floresta que ali existia: se era tropical ou temperada. A tendência é ressurgir o tipo de floresta que originalmente existia, porém com menor diversidade e composição de espécies alterada.

Em seus traços gerais, a sucessão inicia-se com a ocupação do terreno limpo por gramíneas oportunistas, cujas sementes estavam em estado de dormência no solo, à espera de condições propícias para germinarem (maior iluminação, por exemplo). Como formam uma comunidade de estrutura herbácea, com ciclo de vida anual, a cada ano uma espécie diferente torna-se a dominante.

Nessas primeiras etapas, o fator que rege a sucessão é a competição. A espécie dominante de um ano produz muitas substâncias alelopáticas, que inibem a germinação de uma nova geração no ano seguinte. Outra espécie passa, então, a ocupar a área, porque é capaz de competir com maior eficiência. É o que acontece com a embaúba, que suporta muito bem a exposição direta ao sol e produz sombras que prejudicam o desenvolvimento das gramíneas.

Em poucos anos, aumenta a população de arbustos, como a carqueja e a vassoura, que crescem mais lentamente que as gramíneas — cujas sementes foram transportadas por aves ou mamíferos. As gramíneas acabam sendo eliminadas da comunidade, porque os arbustos competem mais eficientemente pela luz do que elas. Em seguida as sementes das árvores germinam, inicialmente nas bordas da floresta que restou, e posteriormente espalham-se por toda a área, estabelecendo a comunidade clímax.

### **3.4 Principais biomas brasileiros**

Três razões principais justificam a preocupação com a conservação da diversidade biológica: primeiro porque se acredita que a diversidade biológica seja uma das propriedades fundamentais da natureza, responsável pelo equilíbrio e estabilidade dos ecossistemas; segundo por que se acredita que a diversidade biológica apresenta um imenso potencial econômico ainda pouquíssimo explorado, em especial, pela biotecnologia; terceiro porque a diversidade biológica está se deteriorando, antes mesmo de ser conhecida pela ciência, devido aos impactos das atividades antrópicas. Portanto é de todo importante que se localize e estude os oito seguintes biomas (ecossistemas) brasileiros, classificados de acordo com suas características de vegetação, clima e relevo, quais sejam: zona costeira, floresta amazônica, mata atlântica, pantanal mato-grossense, pinheirais de araucária, os campos, a caatinga e o cerrado.

### Zonas costeiras

O Brasil possui uma linha contínua de costa atlântica de 8.000km de extensão (Fig. 23), uma das maiores do mundo. Ao longo dessa faixa litorânea é possível identificar uma grande diversidade de paisagens como dunas, ilhas, recifes, baías, estuários, brejos e falésias. Mesmo os ecossistemas que se repetem ao longo do litoral (praias, restingas, lagunas e manguezais) apresentam diferentes espécies animais e vegetais. Isso se deve, basicamente, às diferenças climáticas e geológicas. Grande parte da zona costeira, entretanto, está ameaçada pela superpopulação e por atividades agrícolas e industriais. É aí, seguindo essa imensa faixa litorânea, que vive mais da metade da população brasileira.

Para uma melhor compreensão da grande zona costeira brasileira, a mesma será a seguir seccionada em quatro partes menores, estabelecendo-se os seus limites e se fazendo uma breve descrição.

#### ● Litoral amazônico

O litoral amazônico, que vai da foz do Rio Oiapoque ao delta do Rio Parnaíba, é lamacento e tem, em alguns trechos, mais de 100 km de largura. Apresenta grande extensão de manguezais, assim como matas de várzeas de marés. Jacarés, guarás e muitas espécies de aves e crustáceos são alguns dos animais que vivem nesse trecho da costa.

#### ● Litoral nordestino

O litoral nordestino começa na foz do Rio Parnaíba e vai até o Recôncavo Baiano. É marcado por recifes calcáreos e arenitos, além de dunas que, quando perdem a cobertura vegetal que as fixa, movem-se com a ação do vento. Há ainda nessa área manguezais, vegetação pioneira e matas. Nas águas do litoral nordestino vivem o peixe-boi marinho (ameaçado de extinção) e tartarugas.

#### ● Litoral sudeste

O litoral sudeste segue do Recôncavo Baiano até São Paulo. É a área mais densamente povoada e industrializada do país. Suas áreas características são as falésias, recifes, arenitos e praias de areias monazíticas (mineral de cor marrom escura). É dominado pela Serra do Mar e tem a costa muito recortada com várias baías e pequenas enseadas. O ecossistema mais importante dessa área são as matas de restingas. Essa parte do litoral é habitada pela preguiça-de-coleira e pelo mico-sauá (espécies ameaçadas de extinção).

## ● Litoral sul

O litoral sul começa no Paraná e termina no Arroio Chuí, no Rio Grande do Sul. Cheio de banhados e manguezais, o ecossistema da região é riquíssimo em aves, mas há também outras espécies: ratão-do-banhado, lontras (também ameaçados de extinção), capivaras etc.

## Floresta amazônica

Aclamado como o país de maior diversidade biológica do mundo, o Brasil tem sua riqueza natural constantemente ameaçada. Um exemplo dessa situação é o desmatamento anual da Amazônia, que cresceu 34% de 1992 a 1994. A taxa anual, que era de pouco mais de 11.000 km<sup>2</sup> em 1991, já ultrapassou 14.800 km<sup>2</sup> conforme dados do próprio Governo. Na região, a atividade agrícola de forma não-sustentável continua e a extração madeireira tende a aumentar na medida em que os estoques da Ásia se esgotam. Relatório elaborado pela Secretaria de Assuntos Estratégicos, ligada à Presidência da República, indica que 80% da produção madeireira da Amazônia provêm da exploração ilegal. Existem mais de 20 madeireiras estrangeiras conhecidas em operação na região e há pouca fiscalização sobre sua produção e área de exploração. Esses dados refletem o descontrole da região por parte das autoridades. O pior é que o desperdício da madeira gira entre 60% e 70%.

Embora o Brasil tenha uma das mais modernas legislações ambientais do mundo, ela não tem sido suficiente para bloquear a devastação da floresta. Os problemas mais graves são a insuficiência de pessoal dedicado à fiscalização, as dificuldades em monitorar extensas áreas de difícil acesso, a fraca administração das áreas protegidas e a falta de envolvimento das populações locais. Solucionar essa situação depende da forma pela qual os fatores político, econômico, social e ambiental serão articulados.

## Mata atlântica

A mata atlântica é uma das florestas tropicais mais ameaçadas do mundo. Para se ter uma idéia da situação de risco em que a mesma se encontra, basta saber que à época do descobrimento do Brasil ela tinha uma área de aproximadamente 1 milhão de km<sup>2</sup>, ou 12% do território nacional, estendendo-se do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, Fig. 29. Hoje, está reduzida a apenas 7% de sua área original. Apesar da devastação sofrida, a riqueza das espécies animais e vegetais que ainda se abrigam na mata atlântica é espantosa. Em alguns trechos remanescentes de floresta os níveis de biodiversidade são considerados os maiores do planeta. Em contraste com essa exuberância, as estatísticas indicam que mais de 70% da população brasileira vive na região da mata atlântica. Além de abrigar a maioria das cidades e regiões metropolitanas do país, a área original da floresta cedia além disso os grandes pólos industriais, petroquímicos e portuários do País.

### Pantanal mato-grossense

O pantanal é um patrimônio natural dos mais valiosos do Brasil, pois apresenta 140 mil km<sup>2</sup> em território brasileiro (Fig. 31), e se destaca pela riqueza da fauna, que consta de 650 espécies de aves, 80 de mamíferos, 260 de peixes e 50 de répteis.

As chuvas são fortes no pantanal, e os terrenos sendo, quase sempre planos são alagados periodicamente por inúmeros córregos e vazantes entremeados de lagoas e leques aluviais (Fig. 33). Na época das cheias estes corpos líquidos comunicam-se e mesclam-se com as águas do Rio Paraguai, renovando e fertilizando a região. Contudo, assim como nos demais ecossistemas brasileiros onde a ocupação predatória vem provocando destruição, a sua interferência no Pantanal também é sentida. Embora boa parte da região continue inexplorada, muitas ameaças surgem em decorrência do interesse econômico que existe sobre essa área. A situação começou a se agravar nos últimos 20 anos, sobretudo pela introdução de pastagens artificiais (para a pecuária de corte) e a exploração das áreas de mata.

### Pinheirais de araucária

O pinheiro-brasileiro, *Araucaria angustifolia*, ocorre como formação típica nas partes altas da região montanhosa do Brasil meridional, geralmente acima de 1.200 m, nas serras da Mantiqueira e do Mar.

Para a região da *Araucaria* nos cinco estados de sua ocorrência, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, considerou-se as bacias hidrográficas dos rios Paraná - Uruguai e as bacias isoladas. No primeiro caso, tem-se o Rio Uruguai e o Rio Paraná com seus afluentes. Nas cabeceiras desses rios, os numerosos rios que os formam nascem em zonas de pinheirais. Estas desaparecem à medida que descem para o seu curso inferior. Por exemplo, os rios Pelotas e Canoas, seus numerosos afluentes, até a barra dos dois primeiros, estão dentro da área dos pinheirais. Daí para baixo, passando a formar o Rio Uruguai, desaparecem os pinheiros. O mesmo pode-se dizer do Rio Paraná e seus afluentes do lado leste.

### Zona de campos

Entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os campos formados por gramíneas e leguminosas nativas se estendem por aproximadamente 200 mil km<sup>2</sup>, tornando-se mais densas e ricas nas encostas. Nessa região, com muita mata entremeada, as chuvas distribuem-se regularmente pelo ano todo e as baixas temperaturas reduzem os níveis de evaporação. Tais condições climáticas acabam favorecendo o crescimento de árvores. Bem diferentes, entretanto, são os campos que dominam áreas do norte do País. Aí, bem ao norte da floresta amazônica, existem áreas de campos naturais, porém com vegetação de porte

mais raquítico, ocorrendo como manchas.

Os campos do sul representam o “pampa”, uma região plana com ondulações, de vegetação aberta e de pequeno porte que se estende do Rio Grande do Sul para além das fronteiras com a Argentina e o Uruguai.

Devido à riqueza do solo, as áreas cultivadas do Sul se expandiram rapidamente sem um sistema adequado de preparo, resultando em erosão e outros problemas que se agravam progressivamente. Os campos são amplamente utilizados para a produção de arroz, milho, trigo e soja, às vezes em associação com a criação de gado. A desatenção com o solo, entretanto, leva à desertificação, registrada em diferentes áreas do Rio Grande do Sul.

### A caatinga

A Caatinga, que na língua indígena quer dizer “mata branca” se estende pelos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia, sul-leste do Piauí e norte de Minas Gerais, Fig. 39. Nesse ambiente o sol forte acelera a evaporação da água das lagoas, dos açudes e rios que, na maioria dos casos secam e/ou param de correr. Todavia, quando chega o inverno (período chuvoso) o solo fica encharcado e o verde toma conta das paisagens.

O grande contingente de brasileiros que vive nos 800 mil km<sup>2</sup> de caatinga nem sempre podem contar com as chuvas (o que chamam de inverno). Quando não chove, o homem do sertão e sua família sofrem muito. Precisam caminhar quilômetros em busca da água dos açudes. A irregularidade climática é um dos fatores que mais interferem na vida do sertanejo. Mesmo quando chove, o solo raso e pedregoso não consegue armazenar a água que cai e a temperatura elevada (médias entre 25°C e 29°C) provoca intensa evaporação.

Na longa estiagem os sertões são, muitas vezes, semi-desertos nublados mas sem chuva. O vento seco e quente não refresca, incomoda. A vegetação adaptou-se ao clima para se proteger. As folhas, por exemplo, são finas, ou inexistentes. Algumas plantas armazenam água, como os cactos, outras se caracterizam por terem raízes praticamente na superfície do solo para absorver o máximo da chuva.

### **3.5 Humanidade e ambiente.**

Um dos valores que se opõem à preservação do ambiente é o *consumismo*, um impulso incontrolável de possuir bens dispensáveis, pelo simples prazer de ter, mesmo que já tenhamos algo parecido ou equivalente. A vítima da febre consumista torna-se um indivíduo massificado, porque busca produtos oferecidos por habilidosos sistemas de propaganda, que manipulam a vontade das multidões, hipnotizando-as e estimulando-as com fúteis necessidades.

A malícia do consumismo não se restringe apenas à pessoa, mas estende-se ao ambiente, que sofre

grave impacto decorrente da ávida necessidade de energia e matéria-prima. Ele é a verdadeira raiz de todos os problemas de poluição e destruição da natureza, e não a superpopulação ou o subdesenvolvimento econômico, como querem alguns países do Primeiro Mundo.

Uma consequência imediata disso é o esgotamento de recursos não-renováveis, como o petróleo e o carvão mineral. Outra é o desperdício. Nosso país, por exemplo, joga no lixo anualmente US\$ 11 bilhões, equivalentes a cerca de 10% de nossa dívida externa! Só da safra de milho e arroz, 15% são perdidos. Sem contar os alimentos que seguem diretamente para o lixo. Nossa própria indústria incentiva o desperdício, ao produzir bens de péssima qualidade e pouco duráveis. Naturalmente, uma conduta consumista, voltada ao desperdício, também produz muito lixo, cujos componentes nem sempre são biodegradáveis, permanecendo no ambiente por longos períodos.

O caminho para a solução de todos esses problemas passa, sem dúvida, por uma revolução moral, pela qual aprenderemos a desprender-nos de bens supérfluos, para redescobrir o nosso autêntico valor, dignidade e papel na natureza: não o de dominador tirânico e despótico, mas o de fiel administrador que zela por algo que não é obra sua, mas que deve estar a seu serviço. Trata-se, fundamentalmente, de uma tarefa educativa. Esse é o contexto e o objetivo final de todos os verdadeiros programas de educação ambiental.

### Recursos renováveis e reciclagem

Uma maneira concreta de preservar a natureza e conter o consumo de matéria-prima é incentivar o uso de **recursos renováveis** em substituição aos não-renováveis. Recursos renováveis são aqueles que, uma vez usados, podem ser reaproveitados (como a celulose, o ferro e alguns outros metais) ou formados em curto espaço de tempo (madeira e alimentos, por exemplo). Em geral, são de origem biológica e, portanto, biodegradáveis, fazendo parte de algum ciclo biogeoquímico. Outra vantagem do seu uso é a de serem facilmente reciclados, permitindo seu melhor aproveitamento e produzindo menos lixo permanente.

## UNIDADE IV - FLUXO DE ENERGIA

A comunidade está integrada aos fatores abióticos, sofrendo sua influência, mas agindo também sobre eles. Isso estabelece uma complexa rede de interações, de modo a atuar como um sistema, uma unidade funcional, caracterizando um novo nível de organização: o *ecossistema*.

De maneira simplista, mas esclarecedora, o ecossistema pode ser definido pelas duas partes que o compõem: a comunidade (também chamada de *biocenose*) e o conjunto de fatores abióticos que atuam sobre a comunidade (denominado *biótopo*). Entretanto, o ecossistema não é simplesmente a "soma" de duas partes justapostas. É, mais do que isso, um novo nível de organização da vida que possui a capacidade de manter em equilíbrio suas características e seus componentes essenciais, ajustando-se às pequenas perturbações que sofre, operando conjuntamente para obter uma espécie de estabilidade funcional, denominada *homeostase*.

O tamanho físico de um ecossistema nem sempre é claramente determinado. Na verdade, ele depende da abrangência da comunidade que o compõe. Pode ser considerado ecossistema uma floresta inteira ou uma simples bromélia que nela habita, e em cujo interior acumula-se água, o que permite o desenvolvimento de uma comunidade isolada composta por algas unicelulares, pequenos crustáceos, larvas de insetos e pererecas.

Outra propriedade do ecossistema, consequência da sua homeostase, é a capacidade de autorregulação, pela qual se controlam os padrões de circulação de energia e matéria, a estrutura da biocenose e o tamanho das populações, o que se manifesta pelo estado de *equilíbrio ecológico*.

### 4.1 Os caminhos da matéria e da energia

Circulação de energia e transformações de materiais são dois fenômenos básicos responsáveis pela vida. O fluxo de energia é possível graças à presença de uma fonte primária, que é o Sol; a matéria (sais minerais e elementos químicos) é sempre reaproveitada, circulando entre todos os seres vivos que pertencem ao ecossistema, através das relações de alimentação. Ao servir de alimento para outro membro da biocenose, um ser vivo fornece energia e matéria. Desse modo, as espécies que formam uma biocenose podem ser classificadas em função de sua posição na seqüência de alimentação, denominada *nível trófico*.

Em todo ecossistema existem três níveis tróficos básicos:

*Produtores*: inclui os organismos autótrofos; são os vegetais capazes de realizar a fotossíntese e as

bactérias quimiossintetizantes.

*Consumidores:* são os heterótrofos; os animais que obtêm energia e matéria de outro ser vivo.

*Decompositores:* são os organismos que se alimentam de cadáveres e excrementos, reciclando os materiais para os produtores. São, principalmente, as bactérias e os fungos, mas incluem, também, os insetos detritívoros (formiga, larva de mosca), aves (urubus, abutres) e mamíferos (hiena).

Os ecossistemas jovens, com biocenose no início do processo da sucessão, costumam ter menos níveis tróficos do que a comunidade clímax. Isso acontece porque, durante a sucessão, aumenta o número de espécies, surgindo algumas que ocupam novos níveis tróficos, vagos nos ecossistemas jovens.

É interessante notar que a população de uma espécie é controlada pela que ocupa o nível trófico superior, que é sua predadora. Assim, se a população de sabiás crescer muito, a de jararacas também crescerá e caçará mais sabiás, fazendo sua população retornar aos níveis normais. A eliminação de uma espécie terá efeitos negativos para os níveis tróficos superiores e para a espécie que está dois níveis tróficos abaixo. Sem jararacas, a população de sabiás crescerá muito e poderá afetar gravemente o capim, eliminando todas as suas sementes.

Na realidade, o decompositor não se alimenta apenas de restos do último dos consumidores, mas de todos os membros da biocenose, inclusive das partes mortas do produtor. Além disso, nos ecossistemas há muitos animais onívoros. E esse hábito alimentar generalista é uma boa estratégia de adaptação ao ambiente, pois, quando falta o recurso alimentar preferido, outros podem ser consumidos.

Desse modo, um animal pode ocupar, num mesmo ecossistema, vários níveis tróficos simultaneamente, rompendo a linearidade da cadeia alimentar, que passa a ser uma representação parcial das reais relações alimentares, ao mostrar apenas um dos caminhos por onde energia e matéria podem seguir. Em ecossistemas mais complexos, esses caminhos formam verdadeiras redes de cadeias alimentares entrelaçadas, denominadas *teias alimentares*.

## **4.2 Equilíbrio ecológico**

A pirambeba é um peixe carnívoro e voraz, da família da piranha, e costuma viver nas lagoas marginais dos rios do Pantanal e na Bacia do Tietê. Quando se construíram as represas no Tietê (Urubupungá, Nova Avanlwndava e Promissão), criaram-se condições para uma maior reprodução desses peixes. Simultaneamente, a caça ao jacaré eliminou um predador natural da pirambeba.

Com isso, a população desse peixe aumentou muito e passou a ocupar as represas. O seu número excessivo fez escassear a alimentação (peixes menores e filhotes) disponível. A introdução da corvina

(outro peixe muito voraz) pela Cesp, em 1976, para testar espécies para repovoamento das lagoas e represas, trouxe surpresas desagradáveis. Ao contrário das previsões dos cientistas, a corvina adaptou-se bem e sua população cresceu muito, passando a competir com a pirambeba pelo alimento.

Não tendo o seu alimento tradicional disponível em quantidade suficiente, as piram-bebas ficaram mais agressivas e passaram a atacar os banhistas, causando-lhes graves ferimentos.

A lampreia é um animal marinho que normalmente vive na costa atlântica da América do Norte e migra para os rios, onde desova. O adulto é um parasita de peixes, dos quais suga os fluidos corporais, por meio de um orifício que escava em suas vítimas. No ecossistema que ocupa, sua população não é muito numerosa.

A passagem das lampreias para os Grandes Lagos (no norte dos EUA) esteve bloqueada pelas Cataratas do Niágara até 1829, quando se abriu um canal de comunicação com o mar. Em 1921, a primeira lampreia foi encontrada no Lago Erie, um dos Grandes Lagos. Em 1936, já estava no Lago Michigan; em 1937, no Lago Huron e, em 1945, no Lago Superior. Ao entrar nesse novo ambiente, não encontrou predadores naturais, mas uma grande fonte de alimento: as trutas, importante fonte de renda para os pescadores locais. Em vinte anos, a captura de trutas foi reduzida praticamente a zero. Na década de 60, já não se conseguia pescar trutas em vários dos Grandes Lagos.

Acredita-se que, durante a colonização, os portugueses trouxeram, inadvertidamente, ao Brasil o mosquito do gênero *Aedes*, originário do norte da África e da Ásia, onde suas populações são pequenas no ecossistema original.

Durante o século XIX, com a expansão da fronteira agrícola, pelo interior de São Paulo, os ecossistemas naturais foram destruídos ou alterados profundamente, eliminando-se os predadores desses mosquitos. Além do mais, com o crescimento das cidades, surgiu para eles um novo e propício ambiente a ser ocupado, inóspito para vários de seus inimigos naturais. Conseqüentemente, irrompeu uma grande e letal epidemia de febre amarela que tirou a vida de milhares de pessoas.

Com o advento dos inseticidas químicos, a partir dos anos 40, realizaram-se muitas campanhas para a erradicação do *Aedes aegypti*, o principal transmissor da febre amarela. Em 1967, essa espécie já era considerada eliminada do território brasileiro. Em 1982, houve uma epidemia de dengue em Boa Vista (RR), o que indicava o reaparecimento do *Aedes* no Brasil, vindo da Venezuela. Três anos depois, focos de *A. aegypti* já eram encontrados em várias regiões do estado de São Paulo (São José do Rio Preto, Araçatuba e Presidente Prudente), tendo aí chegado dentro de pneus usados, comprados para recauchutagem. A partir de então, sua distribuição tem-se ampliado cada vez mais em São Paulo, aumentando os riscos de uma nova e grande epidemia de dengue e febre amarela.

Essa reinfestação de mosquitos *Aedes* ocorreu porque o seu nicho — restrito principalmente ao ambiente urbano — não foi ocupado por nenhuma espécie com grande potencial competitivo. Além do que, não tem inimigos naturais eficientes para controlar suas populações, já que esses mosquitos são originários de outros continentes. Assim, ao voltar para o estado de São Paulo, encontrou vaga a posição que ocupava no ecossistema urbano, facilitando sua rápida disseminação.

A análise desses casos mostra que, num ecossistema em equilíbrio, cada espécie que compõe sua biocenose tem um papel relevante, e é justamente por isso que ela e o ecossistema mantêm-se tal como são. Modificações no biótopo (como construções de represas), retirada de espécies ou diminuição de população (como no caso dos jacarés em relação à pirambeba) e introdução de espécies novas (corvinas e lampreias) podem abalar o equilíbrio, algumas vezes já precário, dos ecossistemas, com graves conseqüências até para o próprio homem. Em alguns casos, a simples eliminação de espécies indesejáveis para nós (mosquitos da dengue, por exemplo) nem sempre é a solução definitiva de um problema, porque o ecossistema pode deixar vago o nicho anteriormente ocupado por elas, o que facilita sua reintrodução.

A conclusão que se apresenta deixa ver claramente que, dado o escasso conhecimento sobre a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas, qualquer forma de interferência deve ser evitada ou, então, ser feita com muito critério e precedida por profundos estudos.

### 4.3 Produtividade do ecossistema

Quando se pretende referir à velocidade do processo de "produção" ou transferência de energia entre níveis tróficos, recorre-se ao conceito de *produtividade*, que consiste na quantidade de energia (ou biomassa) que flui (transformada ou transferida) em função do tempo. Pode ser expressa de várias maneiras: kcal/m<sup>2</sup>/ano (referindo-se à energia); gránias/m<sup>2</sup>/ano, kg/m<sup>2</sup>/ano ou gC/m<sup>2</sup>/ano (referindo-se à biomassa). A unidade gC/m<sup>2</sup>/ano indica a quantidade em gramas do elemento químico carbono que foi incorporada em moléculas orgânicas por m<sup>2</sup> a cada ano.

A produtividade pode ser classificada em primária ou secundária. *Produtividade primária* é a realizada pelos produtores.. A *secundária* é a realizada nos outros níveis tróficos. *Produtividade líquida* — tanto primária como secundária — corresponde à energia ou biomassa que sobra, do total adquirido com a alimentação, depois de descontados os gastos com todas as atividades voltadas à manutenção da vida e à reprodução. Corresponde, portanto, ao total de energia ou biomassa disponível para o nível trófico seguinte.

A produtividade primária líquida é maior nas regiões tropicais — onde estão as florestas, pântanos e recifes de coral — e decresce progressivamente em direção aos pólos; embora sua média seja baixa no

mar aberto, o seu total mundial é muito significativo, porque os oceanos ocupam 71% da superfície terrestre. A produtividade total dos oceanos equivale à metade do total continental, e sua biomassa é 470 vezes menor. Isso comprova a afirmação de que o mar é o pulmão do mundo, pois a formação de biomassas volumosas exige gastos energéticos e, portanto, muito consumo de oxigênio, gerado pela produtividade.

Para os ecossistemas terrestres, o principal fator limitante da produtividade primária é o clima (temperatura e chuvas). Nas regiões tropicais, encontram-se as maiores temperaturas e precipitações, o que favorece o surgimento de florestas e pântanos mais produtivos. Já nos ecossistemas marinhos, a produtividade primária líquida é limitada pelos nutrientes (nitrogênio e fósforo), que são insuficientes na superfície (até 300 m de profundidade; onde penetra a luz) de grande parte dos oceanos. A produtividade é maior nas zonas de ressurgência (onde sobem correntes profundas trazendo nutrientes), nos recifes de coral (que mantêm um ciclo fechado de nutrientes) e nos estuários, que recebem a água dos rios, rica em nutrientes.

É importante, finalmente, salientar que a biomassa mundial, produzida pelas terras cultivadas, significa alimento para nós. Ela correspondia, em 1975, a 14 bilhões de toneladas. Supondo, erroneamente, que esse valor não aumente até a virada do século, quando se espera que sejamos 6 bilhões, apenas as terras cultivadas — sem contar com a pesca e a coleta de alimentos em ambientes naturais — poderão fornecer, por ano, 2,33 toneladas de alimentos para cada um de nós. Quantidade suficiente para que ninguém passe fome! Isso demonstra claramente a falsidade da afirmação de que a fome é um fenômeno meramente ecológico, decorrente do crescimento da população humana.

Quando o interesse está voltado para aproveitar ao máximo a energia solar na produção de alimentos ou reduzir as perdas de biomassa nas passagens de nível trófico, não basta conhecer a produtividade ou a biomassa de cada elo da cadeia alimentar. É preciso, também, avaliar a eficiência do ecossistema como transformador de energia, o que é feito pela medida da *eficiência ecológica*: a razão entre a energia que sai e a energia que entra em cada nível trófico.

Plantas gastam cerca de 40% da energia obtida com a fotossíntese, na respiração; os carnívoros peclotermos usam, na respiração, 63 a 84% da energia assimilada. Já os animais homeotermos gastam de 97 a 99% da energia obtida, principalmente para manter a temperatura do corpo. Isso significa que, apenas 1 a 3% ficam disponíveis para os níveis tróficos seguintes. Por isso, depois de um homeotermo, a cadeia alimentar não apresenta mais de dois níveis tróficos.

#### 4.4 Pirâmides ecológicas

Para padronizar a maneira de representar o fluxo de energia num ecossistema, facilitando a comunicação entre os pesquisadores e a representação de seus dados, o ecólogo inglês C. Elton criou, em 1927, as *pirâmides ecológicas*. São representações gráficas, com retângulos superpostos, das cadeias alimentares. Cada retângulo indica um nível trófico, ficando na base o produtor. O seu comprimento é proporcional à quantidade de uma das seguintes variáveis: número de indivíduos, biomassa ou energia, o que determina os três tipos de pirâmides ecológicas:

*Pirâmide de número:* indica a quantidade de organismos em cada nível trófico da cadeia alimentar e é expressa em termos de valor absoluto, sem levar em conta o seu tamanho ou massa. Ela mostra quantos indivíduos são necessários para manter a vida da população do nível trófico seguinte.

*Pirâmide de biomassa:* indica a massa de matéria orgânica em cada nível trófico num dado instante. Pode ser expressa pela unidade usada para massa ou, então, pela unidade usada para biomassa: massa/área.

*Pirâmide de energia:* indica a quantidade de energia (em kcal) em cada nível trófico, num dado instante. Como uma parte da energia é inevitavelmente "perdida" (na forma de calor) ao passar de nível trófico, essa pirâmide nunca pode ser invertida. Ela pode mostrar a quantidade de energia "perdida" pela cadeia alimentar, em cada nível trófico, mas nada diz sobre o seu destino: se foi transformada em calor, "consumida" pelos decompositores, acumulada ou se foi exportada, saindo do ecossistema.

#### 4.5 Ecologia energética e agricultura

O aproveitamento racional dos ecossistemas agrícolas reveste-se de especial relevância, dentro do quadro de aumento contínuo da nossa população e de nossas necessidades energéticas. Ainda que 30% da área terrestre mundial, não coberta de gelo, seja destinada à agropecuária, as perspectivas de crescimento da área cultivada não são satisfatórias, já que grande parte das novas fronteiras agrícolas situa-se em solos menos férteis (o que supõe alto custo de produção) ou em ecossistemas que precisam ser conservados (florestas tropicais, por exemplo). Sendo assim, urge aumentar a produtividade e a eficiência eco/, "ica das áreas agrícolas já utilizadas.

Infelizmente, 65% da população mundial e 60% das terras agrícolas estão em nações do Terceiro Mundo, onde a produtividade primária líquida é drasticamente inferior à dos países mais industrializados. Isso porque os países pobres não possuem recursos financeiros para aplicar na agricultura — principalmente na forma de adubos, irrigação e mecanização —, de maneira a torná-la mais produtiva.

Uma das culturas que fornecem mais conteúdo calórico por área é a da cana. Entretanto, é a que menos possui proteínas, o fator alimentar mais limitante no inundo subdesenvolvido. Por isso, deve-se privilegiar o cultivo da soja, que, ainda que não tenha elevado conteúdo calórico, possui 30% de peso em proteínas.

Supondo que, no início do século XXI, seremos 6 bilhões e considerando nossa necessidade energética alimentar anual média de 1 milhão de kcal/ano, seriam necessárias  $6,0 \times 10^5$  kcal de alimentos para sustentar a biomassa humana. O montante de energia colhida em 1978 ( $6,7 \times 10^5$ ) parece ser suficiente. Mas não é! Em primeiro lugar, por causa da má distribuição, das perdas e da baixa qualidade do alimento. Em segundo lugar, porque parte da produção primária é dirigida para a obtenção de fibras (algodão, papel) e combustível. Para mais da metade da nossa população, a lenha é o principal combustível de uso doméstico e na indústria leve. Nas nações subdesenvolvidas, a velocidade com que a madeira é queimada é maior do que o crescimento das árvores. Conseqüentemente, as florestas são transformadas, inicialmente, em capoeiras e, depois, em desertos. Essa situação configura uma crise energética mais grave que a do petróleo.

Diante desse quadro, a Ecologia Energética oferece algumas opções técnicas, que extrapolam a decisão política de se fornecerem maiores financiamentos (das nações ricas) para os pobres, garantindo maior produtividade agrícola e melhor distribuição de alimentos. Algumas dessas opções são:

1. Aumentar a produção agrícola em detrimento da pecuária, pois grande parte da produtividade primária líquida dos campos é perdida na criação de animais.
2. Maior aproveitamento do potencial produtivo — de origem vegetal — dos oceanos, até agora muito negligenciado. O mais adequado seriam as fazendas marinhas de produção de algas.
3. Prioridade para o cultivo de soja (rica em proteínas) e de outras culturas mais produtivas e eficientes na conversão da energia solar.

## UNIDADE V – PRINCIPAIS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS.

Nos ecossistemas, o fluxo de energia é *unidirecional*, mas o da matéria é *cíclico*, graças à ação dos decompositores, que a torna disponível para os produtores. Trata-se de substâncias químicas (nutrientes) indispensáveis à síntese de matéria orgânica e ao funcionamento do organismo. Como existem em quantidade limitada no ambiente, devem ser recicladas, o que torna obrigatória a troca permanente de elementos químicos entre os seres vivos (biocenose) e o meio ambiente (biótopo).

O movimento desses materiais pelo ecossistema é denominado *ciclo biogeoquímico* porque envolve compartimentos — que armazenam e transferem os materiais — de natureza *biológica* (seres vivos) e *geológica* (solo, atmosfera e mares), por onde passam substâncias químicas. São distinguidos em função do elemento (carbono, nitrogênio, oxigênio) ou da substância química (água) que circula.

Entre os compartimentos que compõem o ciclo biogeoquímico, há um que armazena a maior quantidade de nutrientes, sendo chamado de *reservatório*, que, via de regra, não é de natureza biológica. Há dois tipos de ciclos biogeoquímicos: sedimentar e gasoso. O *sedimentar* ou *local* tem como reservatório a crosta terrestre e ocorre dentro dos limites de um ecossistema, tendo âmbito local, como ocorre com o enxofre e o cálcio. O ciclo *gasoso* ou *global* tem como reservatório a atmosfera ou os mares, e seu âmbito é amplo, envolvendo todo o planeta. Tal é o caso da água, do carbono, do nitrogênio e do oxigênio.

### 5.1 Ciclo da água

O ciclo da água consiste na evaporação, formação de nuvens e precipitação na forma líquida (chuva, orvalho, nevoeiro) ou sólida (neve, granizo). A presença da vegetação regula a umidade atmosférica e as chuvas, além de proteger o solo da erosão. Já nas cidades e áreas desmatadas, ocorre o fenômeno inverso: estando o solo impermeabilizado pela cobertura de asfalto e construções, ou totalmente exposto e desprotegido, a água da chuva é rapidamente escoada e perdida para os rios.

Nossas atividades são capazes de causar impactos significativos sobre o ciclo da água. O principal deles é consumir a água dos rios e lagos, que seguiria para os oceanos. Estima-se que, para o fim do século, 75% dessa água seja retirada nos EUA, o que provocará grave escassez de água doce para o consumo nas áreas urbanas. O mesmo processo já está começando a ocorrer na Bacia do Rio Piracicaba, no estado de São Paulo, que atende à 40 municípios e mais de 2 milhões de habitantes.

### 5.2 Ciclo do carbono

O carbono é um elemento fundamental na formação de proteínas, carboidratos e lipídios,

responsáveis por um terço do nosso peso corporal. Na Terra, uma grande quantidade de carbono está armazenada nas rochas sedimentares, na forma de carbonato de cálcio e magnésio ou de combustível fóssil (petróleo e carvão). Nossa atividade industrial tem introduzido carbono dessas fontes em seu ciclo natural. A queima de combustíveis fósseis e de matéria orgânica produz monóxido de carbono (CO), gás extremamente perigoso, porque, além de ser dificilmente perceptível — é inodoro e incolor —, reage com a hemoglobina do sangue formando um composto estável. Desse modo, a hemoglobina não consegue mais transportar oxigênio e a vítima pode morrer lentamente, asfixiada.

Entre os compartimentos do ciclo do carbono, são os oceanos que o estocam em maiores quantidades; uma pequena parte na forma de gás carbônico dissolvido na água e, a maior parcela, na forma de íons carbonato e bicarbonato. Mas é na atmosfera, como gás carbônico, que o carbono se apresenta disponível para ser utilizado pelos vegetais, na fotossíntese, e assim transformar-se em alimento para o restante da cadeia alimentar. Ele retorna para a atmosfera pelos processos de respiração, bem como pela combustão de matéria orgânica.

As florestas são as grandes fixadoras terrestres do carbono existente na atmosfera. Somente as tropicais contêm cerca de 350 bilhões de toneladas de carbono, quase a metade do que possui a atmosfera, sendo que cada hectare retira da atmosfera, em média, 9 kg de carbono por ano.

### **5.3 Ciclo do oxigênio**

O ciclo do oxigênio está estreitamente ligado ao do carbono. O oxigênio surgiu na Terra graças à fotossíntese, que utiliza  $\text{CO}_2$  como matéria-prima. A principal evidência da origem biológica do  $\text{O}_2$  é a ausência de minerais oxidados (óxidos de ferro) nas rochas sedimentares primitivas. Quando o oxigênio atmosférico (reservatório utilizável pelos seres vivos) reage com os minerais do solo, oxida-os. Dessa forma, fica indisponível aos seres vivos.

### **5.4 Ciclo do nitrogênio**

O nitrogênio é o elemento químico característico e fundamental dos aminoácidos (que formam as proteínas) e das bases nitrogenadas (que constituem os ácidos nucleicos, DNA e RNA). Sem proteínas e ácidos nucleicos, não há vida. Mesmo os mais simples seres vivos, os vírus, são formados por essas substâncias.

Ainda que a atmosfera seja o compartimento que mais armazena nitrogênio na forma gasosa ( $\text{N}_2$ ), nela também podem ser encontrados óxidos de nitrogênio (NO e  $\text{NO}_2$ ), resultantes da reação do  $\text{N}_2$  com

O<sub>2</sub>, quando aquecidos acima de 1 100°C, como acontece nos motores de veículos. Além de contribuir para a destruição da camada de ozônio, o NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio) causa irritação nos olhos e dificuldades para a respiração no ser humano.

A grande maioria dos vegetais não consegue absorver o nitrogênio atmosférico. As raízes somente conseguem absorver o nitrogênio na forma iônica de nitrato, quando dissolvido na água. Esse é o reservatório, no solo e no oceano, de nitrogênio disponível para os produtores. A atmosfera, sendo um grande depósito de N<sub>2</sub>, pode ser considerada uma válvula de segurança do ciclo.

Há dois processos biológicos pelos quais o nitrogênio torna-se disponível aos vegetais.

O primeiro é a *fixação biológica direta*, realizada por algas cianofíceas do gênero *Anabaena* e *Nostoc* (no ambiente aquático); por bactérias de vida livre no solo — como a *Azobacter* e a *Clostridium*; pela bactéria-púrpura fotossintetizante do gênero *Rhodospirillum*; e por bactérias simbiotes (*Rhizobium*) que vivem em nódulos nas raízes de leguminosas. Esses organismos produzem amônia a partir do nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>). Estando já dentro do corpo do vegetal, a amônia é diretamente usada nos processos bioquímicos celulares.

O outro processo é a *nitrificação*, realizada por bactérias quimiossintetizantes do solo, pela qual a amônia é transformada em nitratos em duas etapas:

*Nitrosação*: realizada por bactérias *Nitrosomonas*, que produzem nitritos a partir da amônia. Como os nitritos são muito tóxicos para as plantas, não podem acumular-se no solo, e, para isso, é importante que seja eficiente a segunda etapa.

*Nitratação*: realizada por bactérias *Nitrobacter*, que transformam nitritos em nitratos. Este é, então, absorvido pelas raízes das plantas e depois transformado em amônia, para poder ser usado nas células.

As fontes de amônia, importantes para esse processo, são: os adubos nitrogenados, os relâmpagos (o aquecimento do ar produz a reação do N<sub>2</sub> com o H<sub>2</sub>), a excreção de animais e a decomposição da matéria orgânica.

Parte do nitrato do solo e do mar é perdida para a atmosfera e transformada em N<sub>2</sub>, devido à ação de bactérias desnitrificantes (como algumas *Pseudomonas*), que fecham o ciclo do nitrogênio. Essas bactérias realizam a reação de desnitrificação como uma forma de respiração anaeróbia. São encontradas, principalmente, em ambientes pobres em oxigênio, como os pântanos.

Há uma parcela de nitrogênio que sai do ciclo, quando sais de nitrato se depositam no fundo dos mares, formando novas camadas de sedimentos. Essa perda é compensada pelas erupções vulcânicas, que liberam  $N_2$  e amônia.

### 5.5 Ciclo do enxofre

O enxofre é um importante constituinte de alguns aminoácidos, como a cisteína, e, portanto, não pode faltar para a perfeita produção de proteínas. Em muitos seres vivos, moléculas com átomos desse elemento atuam como cofator de reações químicas promovidas por enzimas.

O enxofre apresenta um ciclo com dois reservatórios: um maior, nos sedimentos da crosta terrestre, e outro menor, na atmosfera. Nos sedimentos, o enxofre permanece armazenado na forma de minerais de sulfato. Com a erosão, fica dissolvido na água do solo e assume a forma iônica de sulfato (SO<sub>4</sub>), sendo, assim, facilmente absorvido pelas raízes dos vegetais. Na atmosfera, 75% do enxofre está combinado com o oxigênio, formando o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Outra parcela está na forma de anidrido sulfídrico (SO<sub>3</sub>). O gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) — característico pelo seu cheiro de ovo podre — tem vida curta na atmosfera, sendo depois de algumas horas transformado em SO<sub>2</sub>. Esses óxidos incorporam-se ao solo com as chuvas, sendo então transformados em íons de sulfato (SO<sub>4</sub>). Podem, também, ser capturados diretamente pelas folhas das plantas, num processo chamado de adsorção, para serem usados na fabricação de aminoácidos.

O único retorno natural do enxofre para a atmosfera é através da ação de decompositores, que produzem o gás sulfídrico. As sulfobactérias realizam o processo inverso, como uma forma de obtenção de energia para a quimiossíntese.

A contribuição das atividades vulcânicas para o acúmulo de enxofre na atmosfera é pouco significativa. Maior tem sido sua introdução artificial, através da nossa atividade industrial. A queima de combustíveis fósseis, que possuem enxofre em sua composição (3% no carvão e 0,05% no petróleo), produz SO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>, aumentando sua concentração na atmosfera das grandes cidades. Essa fonte é responsável por 80% da poluição por enxofre. Ambos são, nessas condições, fortemente irritantes para olhos e pulmões, além de contribuir para a formação do *smog* — mistura de fumaça (smoke, no inglês) com neblina (fog) —, altamente tóxico, que surge durante as inversões térmicas.

## UNIDADE VI – CARACTERÍSTICAS DAS POPULAÇÕES

A ação dos fatores ecológicos não se restringe à existência individual dos organismos, mas afeta igualmente a estrutura e o funcionamento de um nível de organização da vida superior e mais abrangente, com leis e características próprias: a população.

População é o conjunto de indivíduos de uma mesma espécie, que vivem numa mesma área, ao mesmo tempo. Para que esse conjunto seja considerado, de fato, população, é importante que seus indivíduos possam, potencialmente, gerar prole fértil. Por isso, não pode haver barreiras geográficas que impeçam sua livre circulação. Montanhas, rios, lagos, estradas são barreiras que explicam a existência de várias populações da mesma espécie.

Os membros de uma população podem apresentar três formas de distribuição no seu habitat: *ao acaso*, *uniforme* ou *agregada*.

A distribuição ao acaso é aquela em que a posição de cada indivíduo é independente da de todos os outros. É comum entre muitas espécies de plantas e animais que costumam viver isolados e representa uma proteção relativa contra os predadores, uma vez que a posição atual da presa é imprevisível e a captura anterior de uma presa não fornece ao predador nenhuma informação sobre onde estarão as outras.

Menos freqüente na natureza é a distribuição uniforme, onde os indivíduos estão igualmente espaçados entre si, como as árvores numa plantação. Surge como consequência da alelopatia e da competição, principalmente entre animais territoriais. O espaçamento evita a superpopulação e garante — ao dono do espaço — suficiente quantidade de alimentos, material de construção de ninhos e água para a própria sobrevivência.

O agrupamento apresenta algumas vantagens adaptativas, em relação ao espaçamento uniforme, pois facilita a defesa coletiva contra predadores e o encontro do parceiro sexual. Além do mais, alguns animais capturam mais alimentos quando em bandos. Por outro lado, tem a desvantagem de facilitar o contágio de doenças e promover o esgotamento rápido dos recursos ambientais, quando estes são escassos.

Para qualquer população, é esperado que a relação entre o número de machos e o número de fêmeas seja equivalente. Mas nem sempre é isso que acontece. Populações de lemingues da Finlândia têm apenas 25% de machos. Entre as iriúnas, aves típicas do Texas, ainda que 50% dos filhotes sejam machos, entre o adultos encontram-se somente 29%. Esses desvios na proporção entre os sexos evidenciam pressões específicas da seleção natural que afetam o comportamento reprodutivo e até as interações

sociais entre muitos vertebrados. Uma porcentagem maior de fêmeas pode reduzir a competição entre os machos e promover a formação de haréns, como ocorre entre os leões-marinhos. A contrapartida negativa dessa situação é a diminuição da variabilidade genética da população, já que os genes de um só macho são compartilhados por várias fêmeas.

Em seu ambiente natural, as populações oscilam de geração a geração. Mas, considerando um período maior, sua tendência é manter o tamanho constante.

### **6.1 Tamanho, densidade e composição etária**

O *tamanho* das populações é, de um modo geral, determinado mediante a contagem de todos os indivíduos que as compõem. Quando elas são muito numerosas ou se espalham por uma vasta área de difícil acesso, determina-se o número de indivíduos em áreas pequenas e iguais entre si, selecionadas ao acaso (amostragem). A partir desses dados e utilizando-se da Estatística, estima-se o número total de indivíduos. Apesar de ser de mais fácil e rápido emprego, principalmente com plantas, a amostragem está sujeita a uma certa margem de erro, que será tanto maior quanto menor for o tamanho da amostra.

Toda população ocupa uma determinada área ou volume, quando se trata de seres que vivem em meio líquido. A relação entre o número de indivíduos por área ou volume que a população ocupa define o conceito de *densidade*. Ela determina o grau de influência de vários fatores que alteram o equilíbrio populacional, provocando flutuações ou eventos esporádicos de explosão populacional ou de sua quase extinção. Os principais fatores dependentes de densidade são:

*Competição*: quanto maior é a densidade, maior é a competição intra-específica e mais severo o seu efeito, chegando, até mesmo, a aumentar a taxa de mortalidade. A competição é tanto mais intensa quanto menor é a disponibilidade de alimento e de espaço. A população humana adquiriu ritmo mais rápido de crescimento quando a produtividade agrícola aumentou drasticamente no último século, graças às novas tecnologias e à abertura de novas fronteiras agrícolas.

*Predação*: os predadores regulam sua atividade de acordo com a densidade das presas, conseguindo frear o crescimento repentino da população de uma presa.

*Parasitismo*: quando a densidade aumenta é de esperar que a distância entre os indivíduos diminua, facilitando o contato entre eles e, conseqüentemente, a disseminação de parasitas e das doenças provocadas por eles. É por essa razão que as epidemias humanas se espalham mais rapidamente no meio urbano (onde a densidade é muito maior) do que no meio rural.

A *composição etária* é a distribuição por faixas de idade dos indivíduos que compõem a

população, e revela a fase da vida em que eles são mais susceptíveis à ação dos fatores ecológicos. Populações que têm um tamanho constante possuem uma composição etária fixa, com pequenas diferenças percentuais entre os indivíduos jovens e os adultos. Tal forma de composição etária é denominada distribuição etária estacionária. Populações em crescimento, por outro lado, possuem uma predominância de indivíduos jovens, redundando num padrão próprio chamado distribuição etária estável.

Na natureza, a composição etária está frequentemente mudando, em resposta aos fatores ecológicos. Numa estação ou época do ano em que uma série de circunstâncias favoráveis se combinem, pode surgir uma geração mais numerosa e com menos mortes que passará a constituir a classe etária dominante. Suspensão temporária de caça a animais produz o mesmo efeito.

## **6.2 Aspecto dinâmico do tamanho populacional**

O tamanho populacional depende do balanço entre natalidade, mortalidade, imigração e emigração. Uma população ganha indivíduos com os nascimentos ou a imigração. Perde-os com os outros dois processos. A população estará em crescimento quando os ganhos forem maiores que as perdas. Inversamente, quando as perdas superarem os ganhos, a população diminuirá de tamanho. A situação de equilíbrio existirá quando as duas parcelas se equivalerem.

Os estudiosos da dinâmica populacional procuram encontrar modelos matemáticos que representem a ação da natalidade e da mortalidade sobre as populações, considerando três importantes propriedades: generalidade (que sirvam para várias espécies e situações diferentes), validade (que representem a realidade com razoável fidelidade) e simplicidade (que envol-

## **6.3 Pontos de equilíbrio estável e instável**

Combinando-se, num só gráfico, as curvas de reprodução e sobrevivência de duas gerações sucessivas, poderá ser encontrado um ponto de intersecção que, biologicamente, significa um ponto de equilíbrio para essa população; isto é, um número determinado de pais ( $S_e$ ) gerará um certo número de filhos ( $R_e$ ), dos quais sobreviverá um mesmo número de pais ( $S_e$ ) para formar a futura geração. Se a ação de algum fator ambiental deslocar a população do seu ponto de equilíbrio, mudando o número de indivíduos, dentro de algumas gerações ela tenderá a retornar aos valores de  $S_e$  e  $R_e$ . Nesse caso, o ponto de equilíbrio é chamado *estável*.

Existem espécies, no entanto, cujas curvas de sobrevivência e reprodução, quando combinadas, apresentam dois pontos de intersecção. Um deles é o ponto de equilíbrio estável. O outro é o ponto de

equilíbrio *instável*, que indica o número mínimo de sobreviventes e de filhos produzidos numa população para que ela possa continuar existindo. Se, por algum motivo, a população for reduzida a valores abaixo desse ponto, caminhará, inevitavelmente, para a extinção em poucas gerações. Isso ocorre porque o número de filhos produzidos e de sobreviventes — dada a conformação das curvas de sobrevivência e de reprodução — é menor em cada geração.

#### **6.4 Potencial biótico e resistência ambiental**

Havendo condições extremamente favoráveis, o tamanho da população será deslocado do seu ponto de equilíbrio estável, crescendo numa taxa máxima, denominada *potencial biótico*, diferente para cada espécie e dependente do seu potencial reprodutivo, isto é, de quantos filhotes pode produzir num determinado espaço de tempo. Assim, um simples marisco pode produzir de 55 a 114 milhões de ovos. Peixes depositam, geralmente, centenas deles; os sapos o fazem às dezenas. Pássaros botam usualmente de 1 a 20 ovos, e poucos mamíferos têm ninhadas com mais de 10 filhotes. Entretanto, quando observamos o ambiente natural, verificamos que as populações não crescem indefinidamente dessa maneira. Se tal ocorresse, o mundo estaria sufocado pela espécie que tivesse maior potencial biótico. Apenas a título de exemplo: 100 ácaros passariam a ser 700 cm uma semana; 4 900 em duas; 34 300 em três e acima de 28 bilhões em dez semanas! Breve o mundo ficaria coberto de ácaros! Mas isso não ocorre porque o ambiente opõe resistência ao crescimento ilimitado da população, cuja ação é chamada *resistência ambiental*. Essa oposição dá-se pelo efeito negativo dos fatores ecológicos, principalmente o clima, o ataque de parasitas e predadores e a limitação de espaço e alimento.

#### **6.5 Regulação natural das populações**

A constatação de que as populações têm o seu tamanho naturalmente regulado levanta algumas questões: que fatores regulam as populações? Como eles atuam? Na busca de respostas, os pesquisadores têm chegado a diferentes conclusões, que refletem pontos de vista divergentes a respeito do que constitui a resistência ambiental, que limita o crescimento descontrolado das populações e as mantém em equilíbrio. De acordo com o fator ou mecanismo responsável por tal regulação, as posições desses pesquisadores podem ser, *grosso modo*, reunidas em quatro tipos de teorias ou escolas.

A *escola biótica* propõe que, para haver o equilíbrio no tamanho da população, é necessária a intervenção de fatores bióticos, como predação, parasitismo e, principalmente, competição. Essas idéias foram inicialmente formuladas, em 1911, pelos entomólogos norte-americanos L. O. Howards e W. F. Fisk, do Departamento de Agricultura, preocupados com o controle de insetos-praga. Eles observaram que

os parasitas eram os principais responsáveis pela regulação da população de insetos, não descartando os fatores catastróficos, de menor importância, como tempestades e altas temperaturas.

Posteriormente, em 1933, o entomólogo australiano A. J. Nicholson e o matemático V. Balley aprimoraram essa teoria dando-lhe fundamentação matemática e ressaltando a importância da ação da competição intra-específica.

A *escola climática* sugere que os fatores abióticos, principalmente os climáticos, têm um forte efeito sobre as populações e estão diretamente correlacionados com a explosão populacional. Parte-se, além disso, do pressuposto de que as populações naturais dificilmente são estáveis. O primeiro a propor essas idéias foi o entomólogo alemão F. S. Bodenheimer, em 1928, impressionado com o efeito da temperatura sobre o número de ovos produzidos pelos insetos e a velocidade do seu desenvolvimento, bem como com a alta taxa de mortalidade (85 a 90%) decorrente de fatores climáticos.

A *escola compreensiva* reconhece como válidas as idéias das duas outras escolas, mas aplicando-as para diferentes tipos de ambiente e situações. É denominada, também, empiris-mo ecológico por salientar a importância da comprovação empírica das teorias, usando populações naturais de outras espécies. A insistência na necessidade da realização de experiências foi uma das grandes contribuições dessa escola à Ecologia, já que as anteriores formulavam suas idéias com base apenas em fatos já ocorridos ou em estudos de laboratório.

Fundada pelos zoólogos australianos Andrewartha e Birch (1954), a escola compreensiva sugere que o ambiente seja dividido em quatro componentes: clima, alimento, outros animais (incluindo patógenos) e local onde viver. As chances de uma população sobreviver ou multiplicar depende não de um só fator, mas da ação combinada dos quatro componentes, podendo um deles ter efeito preponderante sobre os demais. E, finalmente, essa escola ressalta que, na natureza, os animais vivem em bandos, e estes devem ser o componente básico a pesquisar, e não a população como um todo.

No caso de insetos, cujo tempo de existência é menor que o de uma estação do ano, a mudança climática torna o ambiente instável e, portanto, desfavorável. Para as populações de pássaros — extensamente estudadas pelo ornitólogo inglês David Lack —, o fator regulador é a carência de alimentos (competição), que é classificado como dependente de densidade. A simples mudança de condições climáticas durante o ano não representa para os pássaros uma instabilidade ambiental, pois, por terem tempo de vida mais longo, estão adaptados a isso.

Essas três escolas partem de uma premissa comum, qual seja a de que o controle das populações é realizado por fatores extrínsecos (alimento, clima, inimigos naturais) e os indivíduos são idênticos entre si. Por sua vez, a *escola auto-reguladora* afirma que a população regula-se a si mesma,

independentemente da ação de fatores externos. Essa escola enfatiza a importância de fatores intrínsecos da população, isto é, a qualidade (comportamental, fisiológica e genética) dos indivíduos. Segundo a escola auto-reguladora, é essa qualidade que regula o tamanho populacional: quando a população aumenta, há uma deterioração na qualidade, que, por sua vez, faz a população diminuir.

A posição defendida por essa escola está fundamentada nos estudos do geneticista inglês E. B. Ford, realizados em 1931. Ele sugeriu que mecanismos genéticos, combinados com a seleção natural, regulariam as populações. Assim, a seleção natural é branda quando, por exemplo, as condições ambientais tornam-se muito favoráveis. Com isso, a população cresce e a variabilidade genética aumenta, produzindo indivíduos de baixa qualidade, mas que conseguem sobreviver. Quando a situação volta ao normal, esses indivíduos inferiores são eliminados pela seleção natural mais rigorosa. Desse modo, a população e a variabilidade genética diminuem.

Sob esse ponto de vista, a auto-regulação seria uma consequência do processo evolutivo, tornando a população mais adaptada para explorar o habitat onde vive. Um exemplo desse fenômeno ocorreu na Austrália, onde a superpopulação de coelhos (que ameaçava as pastagens por competir com o gado) foi contida com a introdução do vírus da mixomatose no início dos anos 50. Atualmente, o vírus possui uma linhagem não tão virulenta e mortal como a original, ao passo que os coelhos são mais resistentes à doença. A população atual de coelhos na Austrália é bem menor do que quando a doença foi introduzida. Nesse caso, constata-se uma coevolução de parasita e hospedeiro, resultando numa adaptação e regulação das duas populações.

O ecologista inglês V. C. Wynne-Edwards apresentou, em 1962, uma abordagem nova para a auto-regulação das populações naturais. Baseando-se em estudos de comportamento de pássaros, ele postulou que a organização social regula a densidade das populações, principalmente através da territorialidade. Assim, as populações estariam programadas, por comportamentos herdados geneticamente, para ter mecanismos sociais que controlariam seu tamanho. A agressividade e a competição intra-específica seriam uma manifestação desse fato.

Em suma, várias teorias procuram explicar a regulação natural das populações, atribuindo maior importância a um ou outro aspecto. Elas não são mutuamente exclusivas. Ao contrário, a síntese das várias abordagens pode ser muito útil para ter-se uma visão mais realista da complexidade da natureza e para oferecer resposta a uma série de problemas práticos, tais como o controle de pragas.

## UNIDADE VII – GRANDES ECOSISTEMAS

A região da Terra povoada por seres vivos é chamada *biosfera*. Ela abrange desde as fossas submarinas (11 mil metros de profundidade) até o topo das montanhas mais altas (8 mil metros de altitude), incluindo o conjunto de todos os ecossistemas do nosso planeta.

Comparada com o diâmetro da Terra, a biosfera é uma casquinha, mas com excepcional propriedade de reunir as condições necessárias para o surgimento e a manutenção da vida. Tais condições são determinadas por três fatores abióticos básicos: temperatura, água e luminosidade.

### 7.1 Hipótese Gaia

Alguns cientistas enxergam a biosfera como um único e enorme ecossistema onde não só o biótopo influencia e atua sobre a biocenose, como também a biocenose exerce uma manipulação biológica, em escala planetária e global, sobre o biótopo. Isto é, a biosfera é vista como uma rede complexa de interações, onde os materiais inertes estão sempre sendo mudados pelos organismos, para melhorarem as suas condições de existência.

Essa visão forma o eixo da *Hipótese Gaia*, formulada na década de 60 pelo físico, engenheiro e inventor James Lovelock. Segundo ele, os organismos, principalmente os unicelulares, evoluíram junto com o ambiente físico, alterando-o numa sucessão ecológica em grande escala, de modo a permitir o surgimento, na Terra, de formas mais complexas de vida. Assim, as primeiras cianofíceas, surgidas há mais de um bilhão de anos, modificaram a atmosfera, fabricando oxigênio. Só então puderam surgir os animais.

Numa abordagem mais radical dessa hipótese, alguns cientistas postulam que Gaia (a Terra) atua como um superorganismo que reage às agressões ao meio ambiente, por meio de vários mecanismos, procurando manter as condições de existência da vida, mesmo que seja em prejuízo de uma espécie mais incômoda, como a nossa. Desse modo, animais e plantas agiriam, em uníssono, sobre o clima terrestre, tornando-o mais confortável para si próprios. Assim, por exemplo, a um calor excessivo no planeta, produzido pelo efeito estufa, Gaia reagiria aumentando a quantidade de algas que produzem sulfídio dimetil (SDM). Esse gás, ao difundir-se na atmosfera, agiria como um núcleo de condensação das nuvens, iniciando o resfriamento da atmosfera e da Terra, graças às chuvas.

## 7.2 Subdivisões da biosfera

A distribuição e os efeitos dos fatores abióticos são diferentes em distintas partes da biosfera, configurando-lhe aspectos biológicos e ecológicos diversos. Isso condiciona, *grosso modo*, três modos de vida na Terra, cada um relacionado a um diferente ambiente da biosfera, denominado *biociclo*. São três os biociclos: *epinociclo* (ambiente terrestre), *limnociclo* (ambiente de água doce) e *talassociclo* (ambiente marinho).

Cada biociclo, por sua vez, pode ser subdividido em parcelas menores, com características nitidamente particulares e distintas: são os *biomas*. Correspondem a grandes ecossistemas com aspecto homogêneo e estáveis, abrigando freqüentemente uma comunidade clímax.

## 7.3 Grandes ecossistemas terrestres: florestas, campos, desertos

Os biomas terrestres naturais podem ser agrupados em três categorias, em função do tipo de vegetação dominante: *florestas* (com árvores como cobertura vegetal), *campos* (com predominância de arbustos e gramíneas) e *deserto* (sem cobertura vegetal contínua). Existem, ainda, os biomas artificiais, como as cidades e as plantações, criados pela nossa interferência, onde procuramos controlar a fauna e a flora presentes, bem como o ritmo e o percurso da ciclagem dos nutrientes, criando, assim, condições mais favoráveis à nossa existência.

### FLORESTAS

#### Taiga

Abetos, pinheiros e cedros compõem sua vegetação, cujas folhas miúdas ou em forma de espinho estão adaptadas à escassez de chuvas e ao congelamento. Contra os rigores do inverno, uma espessa camada de cortiça protege o tronco das árvores.

E pouca a vegetação rasteira na taiga, porque a copa das coníferas forma uma camada que impede a chegada de muita luz ao solo, além de ser comum a ocorrência de alelopatia. Esses mecanismos reduzem a competição pela pouca água do solo.

Na fauna, há predominância de aves (como o tentilhão) e de mamíferos (alce, urso, raposa e lobo são os mais típicos), ainda que sejam encontrados bastantes insetos. Como a periodicidade sazonal é muito pronunciada, os animais da taiga desenvolvem um comportamento cíclico: no inverno, as aves migram rumo ao sul; ursos, esquilos e insetos hibernam, e surgem oscilações no tamanho das populações, como acontece com a lebre e o seu predador, o lince.

### **Ameaças à preservação**

Como a produtividade primária é significativa, e as coníferas apresentam rápido crescimento, sua madeira é muito explorada, para a produção de celulose ou material de construção. Essa é a maior ameaça de devastação que pesa sobre esse ecossistema. Em alguns locais específicos, como na Suécia, a taiga tem sido também destruída e descaracterizada pela grande incidência de chuva ácida.

### **Floresta temperada**

A vegetação da floresta temperada é densa, organizada em até três estratos: dois arbóreos e um arbustivo. Predominam as dicotiledôneas como a faia, a noqueira e o carvalho. Grandes partes dos animais migram no outono-inverno para as regiões tropicais. Os que permanecem ou hibernam ou possuem adaptações que lhes permitem sobreviver em baixas temperaturas. Há grande variedade de insetos, aves e pequenos mamíferos roedores, como os esquilos. Os grandes predadores são representados pelo lobo e pelo urso.

Por ter sido o berço da moderna civilização ocidental, as florestas temperadas do Hemisfério Norte foram intensamente degradadas desde o século XVII, extraído-se delas a lenha, primeira grande fonte de energia antes do advento do carvão mineral.

A Mata de Araucária ocupa 15% do território brasileiro, distribuindo-se por áreas elevadas, com altitude acima de mil metros, onde o clima é mais ameno. Essas características ambientais permitem considerá-la um tipo de floresta temperada, onde o pinheiro-do-paraná (também chamado de araucária) é a espécie dominante, formando o único estrato arbóreo, com 25 a 30 m de altura. O estrato arbustivo é herbáceo, muito reduzido e rarefeito, apresentando poucas espécies vegetais. Mas entre elas se destacam a erva-mate, dificilmente encontrada em estado natural, porque é constantemente podada para a preparação de chimarrão; a imbuia, cuja madeira é ótima para móveis; a samambaiçu, cujo tronco é usado para fabricação de xaxim; a canela, a perobeira, as taquaras, os musgos e os líquens.

Sua fauna é razoavelmente abundante, mas não muito diversificada. A principal fonte alimentar nesse ecossistema brasileiro são os pinhões, que atraem gralhas-azuis, papagaios, maitacas, macacos bugios, esquilos e vários roedores.

### **Ameaças à preservação**

Nossa Mata de Araucária possui muitas madeiras de grande valor econômico, a começar por sua espécie dominante, o pinheiro-do-paraná, que serve não só para a construção, mas também como fonte de celulose. Por isso, a mata foi muito devastada, correndo agora o risco de desaparecer. O solo descoberto, deixado no lugar da antiga vegetação, sofreu erosão pela chuva, provocando assoreamento dos rios e

grandes enchentes, como a que atingiu Santa Catarina em 1983.

Mesmo os incentivos ao reflorestamento, oferecidos pelo governo federal, não obtiveram os efeitos desejados, porque foram plantadas espécies exóticas (estrangeiras) de rápido crescimento e maior produtividade, como o pinus e o eucalipto. Essa troca descaracterizou sensivelmente a comunidade desse ecossistema, porque inviabilizou a sobrevivência dos animais que dependem dos pinhões para alimentar-se.

### **Floresta tropical**

Não há, nas florestas tropicais, uma espécie claramente dominante. Embora sua diversidade seja muito alta, são características desse bioma as castanheiras, os guaranás, além de seringueiras, palmeiras, samambaias, cipós e epífitas, como as bromélias e orquídeas. As plantas dos estratos inferiores estão adaptadas a fazer fotossíntese com pouca luz (500 vezes menos do que a que incide sobre o estrato superior). Como são poucas as plantas que conseguem suportar esse regime de baixa luminosidade, o estrato herbáceo acaba sendo pouco denso.

Há muita queda de folhas e deposição de matéria orgânica no solo (freqüentemente pobre e fino), que, sob a ação dos decompositores, formam o húmus. Este contém os nutrientes, que são rapidamente reciclados nesse bioma, necessários para a manutenção da grande biomassa existente.

Na floresta tropical, predominam animais arborícolas e aves, que encontram alimento na copa das árvores. Há também grande abundância de répteis e anfíbios, característicos de ambientes úmidos. Nas florestas asiáticas e africanas, encontram-se animais de grande porte; na Amazônia, a maioria é de pequeno porte.

O mangue é um tipo particular de floresta tropical, encontrada no litoral, próximo aos estuários, sob o domínio da água salobra. Nesses ambientes, a temperatura é elevada (média de 27°C); são muito úmidos (com 170 a 200 cm de chuvas anuais) e têm intensa luminosidade. Além da topografia e do clima, o solo, que é lodoso, salino, alagado e pobre em oxigênio, é outro fator determinante da existência desse bioma florestal, um dos mais produtivos do mundo. Todas essas condições determinaram uma flora pobre em espécies e altamente adaptada, dotada de raízes-escoras, raízes respiratórias aéreas e capacidade de eliminação do excesso de sais pelas folhas.

Os manguezais, ainda que pouco extensos, têm grande importância ecológica. Eles são o berçário de várias espécies de peixes, crustáceos e aves, que se reproduzem sob o seu abrigo. A riqueza dos nutrientes das suas águas e do lodo sobre o qual está assentado cria condições de alta produtividade, promovendo o estabelecimento de uma cadeia alimentar que sustenta dois terços dos peixes da região costeira.

Essa formação vegetal desempenha outro papel fundamental: amortece os impactos das marés, além de reter uma grande quantidade de sedimentos, evitando assim o assoreamento dos portos.

### **Ameaças à preservação**

Os países que abrigam as florestas tropicais estão iniciando um processo de desenvolvimento, associado ao grande crescimento das populações humanas. Por isso, essas florestas começaram a sofrer, na segunda metade do século XX, um severo processo de degeneração e desmatamento, ao tornarem-se a nova fronteira agrícola e fonte de madeira para combustão e construção. Como grande parte das florestas tropicais encontra-se sobre solos pobres, elas mantêm-se graças a uma fina e rica camada de húmus. A retirada da cobertura vegetal acelera a erosão e a lixiviação do solo, tornando-o, em poucos anos, inapto à agricultura e incapaz de reconstituir e suportar a vegetação original. Finalmente, a destruição das florestas tropicais ameaça os povos indígenas, que delas dependem para viver.

A Mata Atlântica foi o primeiro ecossistema tropical brasileiro a sofrer o impacto da colonização européia, por ser um obstáculo natural ao avanço rumo ao interior e por possuir muitas riquezas naturais. A retirada maciça do pau-brasil, no século XVI, combinada com a extensa monocultura canavieira no Nordeste, entre os séculos XVI e XVIII, dizimou as matas de Pernambuco ao Rio Grande do Norte.

Embora grande parte dos remanescentes da Mata Atlântica esteja protegida por unidades de conservação, as principais ameaças que lhe pesam são os loteamentos clandestinos, o turismo predatório e, em algumas regiões próximas a pólos industriais, como Cubatão, a chuva ácida. Também descaracteriza e empobrece essas florestas o extrativismo vegetal de palmito e de plantas ornamentais raras (orquídeas, por exemplo), muitas vezes associado com o turismo predatório.

Os manguezais brasileiros também têm sofrido desmatamentos e aterros, para instalação de projetos imobiliários (como acontece no canal de Bertioga e em Cubatão, ambos em São Paulo). Essa destruição aumenta as inundações dos rios, o assoreamento dos portos e marinas, bem como diminui a produção da pesca costeira e leva à extinção do caranguejo, importante alimento da população ribeirinha. Ainda que a madeira de suas árvores não se preste muito à construção, elas têm sido derrubadas para servir de lenha.

Outro problema ambiental que os manguezais enfrentam é o seu uso como depósito de lixo e despejo de esgoto — como no litoral sul da Bahia ou na Baía de Guanabara —, com o que a vegetação vai sendo lentamente degradada, e os animais, mortos e intoxicados.

## CAMPOS

Este bioma possui um único estrato de vegetação, geralmente baixo. Os campos são uma resposta a condições de baixa disponibilidade de água e carência de nutrientes no solo (em geral argilosos ou arenosos). Disso decorre grande variedade ecológica de tipos de campos, cada um com a sua comunidade adaptada às condições locais. Didaticamente, podem ser reconhecidos dois tipos básicos de campos: *temperados e tropicais*.

### **Campos temperados (campos limpos ou campinas)**

Seus nomes variam conforme o continente: *pradarias* na América do Norte, *estepes* na Ásia e Europa, *pampas* (ou campanha) na América do Sul. Os campos lembram um imenso capinzal, porque sua vegetação é constituída principalmente por gramíneas não muito altas. Essa peculiaridade os torna aptos para a pecuária.

Um das melhores pastagens do Brasil são os pampas, cuja vegetação dominante é formada por gramíneas, como andropogon, briza, poa e estipa. São encontradas árvores somente ao longo dos rios e arroios, formando matas ciliares. Nestas, predominam o sarandi, a espinhenta unha-de-gato e o salgueiro. Na região litorânea, os campos exibem pequenas árvores esparsas: capororoca, pau-de-leite e corticeira; outros trechos litorâneos são cobertos pelo coqueiro anão butiá, cuja sombra impede o desenvolvimento das gramíneas.

Os campos não abrigam predadores de grande porte. As maiores espécies são o gato-do-pampa, o guaxinim e o zorrilho (espécie de raposa). Há grande quantidade de animais ca-vadores de tocas, como o tatu, e roedores (viscacha e tuco-tuco). Entre as aves, destacam-se os marrecos, a tacha e o chimango-carrapateiro.

Na fauna dos campos do Hemisfério Norte predominam grandes mamíferos herbívoros, como a gazela, o antílope, o bisão, o cavalo selvagem. A raposa e o coiote são os principais carnívoros. Entre os insetos, os mais típicos são os gafanhotos migratórios.

### **Campos tropicais (campos sujos ou campos)**

Seus nomes também variam conforme o continente: *cerrados*, na América do Sul, ou *savanas*, na África e na Austrália. Sua vegetação caracteriza-se por um estrato herbáceo contínuo (com muitas gramíneas) e um estrato arbóreo-arbustivo, com os indivíduos espaçados entre si. A fauna compreende alguns dos maiores mamíferos conhecidos, como o canguru, o veado, o leão e o elefante. As aves típicas são o avestruz e a ema, que ocupam nichos equivalentes na África e na América do Sul, respectivamente. Entre os insetos, mais abundantes durante a estação chuvosa, predominam as formigas, os gafanhotos e os

cupins. Em compensação, os répteis são mais ativos na estação seca.

A flora arbórea do cerrado brasileiro possui cerca de 600 espécies diferentes, das quais as mais típicas são: angico, caviúna, piqui, barbatimão e ipê-do-cerrado (considerado árvore-símbolo do Brasil). O estrato herbáceo apresenta cerca de 1 200 espécies, sendo mais comuns o capim barba-de-bode, o capim-flecha e o cajueiro-do-campo.

Ao longo das margens dos rios que percorrem o cerrado pode ser encontrada a mata ciliar ou de galeria: vegetação arbórea mais rica e densa, que se desenvolve bem onde é maior a disponibilidade de água na camada superficial do solo.

Apesar da pobreza da vegetação, a fauna é bastante variada. Abriga espécies ameaçadas de extinção, como o lobo-guará, o tamanduá-bandeira e o tatu-canastra. Podem ser ainda encontrados jaguatiricas, cutias, veados-campeiros, papagaios, gralhas-do-campo, jararacas e candangos. O inseto mais marcante é o cupim, com os seus "castelos" sobre o solo.

Muito diferente do cerrado, a região do Pantanal Mato-grossense é um campo tropical inundável, pois, além de abrigar a muito ramificada Bacia do Rio Paraguai, as intensas chuvas que caem de outubro a março alagam essa região. As águas de seus rios ficam até quatro metros acima do nível normal. Quando as águas retrocedem, deixam para trás o solo fertilizado e muitas lagoas perenes, chamadas *baias* pela população local. Essas condições criam um ambiente rico e muito produtivo, o que viabiliza a existência de extensas pastagens.

A vegetação pantaneira é uma das mais complexas do Brasil: lá podem ser encontradas espécies típicas de cerrado, matas ciliares e até da Floresta Amazônica. Trata-se de um verdadeiro resumo da vegetação brasileira! Em meio a essa grande variedade, podem ser considerados árvores típicas o paratudo, o angico-vermelho, o timbó, o chico-magio e o carandá.

A fauna pantaneira também é muito diversa. Dentre suas 1 500 espécies diferentes, podem ser apontados como animais típicos o tuiuí e o jacaré-de-papo-amarelo. Suas 714 espécies de aves fazem do Pantanal a região de maior diversidade de aves do mundo. Lá vivem o martim-pescador e o biguá. Entre os mamíferos estão a pantera, o veado-do-pantanal, os preás, as capivaras e o cachorro-vinagre. Mas o que faz a fama do Pantanal e atrai muitos pescadores é a imensa variedade de peixes (230 espécies), muitos de grande porte (dourado, pintado, jaú, pacu), e a terrível piranha. O canto do tuiuí, ave-símbolo do Pantanal, é considerado a legítima "voz da região pantaneira".

Nas áreas litorâneas, onde não há estuário e o substrato é arenoso e não lodoso, aparecem outras formas de campos tropicais: as *dunas* e as *restingas*.

Quem desembarca na praia, vindo do mar, depois de atravessar a faixa da areia periodicamente coberta pelas marés, passará sobre a vegetação rasteira de capotiraguás e alternan-teras, que ocupa a duna anterior. Essas plantas estão bem adaptadas às duras condições locais: excesso de sol e de sal, trazido pelos ventos em forma de respingos do mar. Caminhando mais adiante nessa faixa, pode-se tropeçar nos longos cipós da salsa-da-praia, estendidos sobre o solo. Penetrando mais no continente, chega-se à duna posterior, cuja vegetação é mais densa e arbustiva. Aí podem ser encontradas a maçãzinha-da-praia, a dalbergia, a comandaíba (mais alta e saliente), a orquídea *Epidendrum mosenii* e o espinhento caído-da-praia.

A fauna nessa região de transição é muito pobre: encontram-se principalmente crustáceos, alguns insetos e animais provindos da restinga.

À medida que se avança nessa mesma direção, a caminhada vai ficando difícil, porque a vegetação vai-se tornando mais e mais densa, alta e arbórea. É a restinga, que se estende pelo interior até confundir-se com a vegetação da Mata Atlântica, no sopé da Serra do Mar. É um "cerrado do litoral", porque seu solo arenoso apresenta pouca matéria orgânica e nutrientes, rápida drenagem da água das chuvas e retém muito calor. Isso estabelece as mesmas dificuldades de absorção de água que se impõem para as raízes do cerrado.

Os arbustos mais comuns na restinga são a orelha-de-onça, o cambará e a trepadeira baunilha-da-praia. As árvores são, principalmente, palmeiras (jerivá e palmito), ipês, figueiras e imbuías. Sob elas podem ser encontradas muitas samambaias, orquídeas, bromélias, antúrios e líquens.

Muito de sua fauna é formado por espécies oportunistas da Mata Atlântica que realizam incursões na restinga. Algumas aves lhe são típicas: rolinha-de-asa-de-canela, vite-vite, tiê-sangue e galinha-da-serra. O canto harmonioso do sabiá-da-praia é a "voz da restinga".

### **Ameaças à preservação**

A partir da década de 60, com a maior disponibilidade de fertilizantes e o melhor conhecimento do solo do cerrado, esse bioma brasileiro tornou-se uma nova e próspera fronteira agrícola. Isso tem acarretado a sistemática destruição de sua flora e fauna. Outro problema que esse bioma enfrenta é a prática abusiva da queimada. Embora o fogo seja um fator natural nesse tipo de ecossistema, o excesso de incêndios (e de culturas agrícolas) empobrece rapidamente o solo, transformando-o em deserto, de difícil restauração.

Num extremo oposto de ação humana negativa, o pastoreio intensivo, principalmente em campos temperados, reduz a tal ponto a matéria combustível (capim seco) que os incêndios naturais, necessários para a manutenção de cobertura de gramíneas, deixam de ocorrer. Como resultado, arbustos espinhosos,

anteriormente controlados por incêndios naturais periódicos, passam a ser espécie dominante. E a única maneira de recuperar a produtividade do pastoreio é remover mecanicamente e queimar a vegetação arbustiva, medidas que encarecem o produto final.

Quanto à fauna, a caçada sistemática do lobo-guará e do tamanduá, erroneamente considerados perigosos e nocivos, quase os leva à extinção. Esse problema é agravado pelo uso de agrotóxicos, que contaminam a fauna natural que vive ao redor das plantações.

Toda a beleza e a riqueza da fauna e da flora do Pantanal também estão sendo rapidamente destruídas por diversas formas de agressão ambiental. Rica e variada é a sua vegetação; assim são os seus problemas. Pescadores e caçadores, principalmente os coureiros bolivianos, praticamente dizimaram os jacarés. A lista de espécies ameaçadas de extinção pela caça e pela pesca inclui também a onça-pintada, o veado, a cutia, a ariranha, a lontra e vários peixes.

A implantação de lavouras de soja e de pecuária extensiva exige a substituição da vegetação original. Além disso, os rios e muitos animais ficam pesadamente intoxicados por agrotóxicos. O desmatamento tem causado, ainda, o assoreamento do Rio Taquari, que, até o ano 2005, poderá ter um terço de sua bacia desertificada.

Nos últimos anos o garimpo descarregou toneladas de mercúrio nos rios da região.

## DESERTOS

O deserto não é apenas aquela área carente de vegetação e com imensas dunas de areia, típica cena de filmes como *Lawrence da Arábia*. Ele possui, pelo contrário, uma vegetação rala, na qual predominam os espaços vazios, resultado de mecanismos de alelopatia, que diminuem a competição por água e nutrientes. As plantas dos desertos apresentam um crescimento rápido, que ocorre logo após um período de chuvas. Têm o caule suculento e suas folhas ou se transformam em espinhos ou caem durante a seca mais pronunciada. Ao contrário do que acontece nos campos tropicais, suas raízes crescem mais horizontal do que verticalmente. Com isso, conseguem aproveitar melhor a água da chuva que se acumula sobre o solo, antes que seque. São plantas típicas os cactos, as acácias, os arbustos espinhentos, os musgos e os líquens.

A fauna nos desertos asiáticos e norte-americanos é pobre e com animais de pequeno porte. Entre os mamíferos predominam os roedores cavadores de tocas (rato-canguru, hamster). Há, ainda, pássaros corredores, répteis (principalmente lagartos), vários insetos e seus predadores, os escorpiões.

A *caatinga* nordestina é considerada um tipo de deserto, porque sua vegetação é rarefeita e adaptada a um regime de poucas e irregulares chuvas, cuja variação é de 20 a 60 cm anuais. Durante a

longa seca, as árvores perdem as folhas e predominam os tons claros, o que lhe valeu o nome em tupi-guarani: *caa* — mata; *tinga* = branca. Possui poucas gramíneas, nenhuma epífita e as ervas somente surgem durante o período das chuvas. O estrato herbáceo é constituído por bromélias (macambira) e cactos, cujos exemplares típicos são o xique-xique, a coroa-de-frade, a palmatória e o quipá.

A fauna é pobre e tem como espécies endêmicas a asa-branca, o bacurauzinho, o galo-da-campina, o casaco-de-couro e o caititu. O bode e o jegue são espécies introduzidas e bem adaptadas. O grito metálico do canã é a sua voz típica.

## **Ameaças à preservação**

Dentre os vários biomas do nosso planeta, os desertos são considerados ambientes inóspitos e de pouco interesse econômico; por isso, são os que menos sofreram impacto ambiental, exceção feita àqueles usados como campo de testes de armas nucleares.

Eles representam, muitas vezes, o ponto final da degradação de biomas naturais. Sabe-se, por exemplo, que na época em que o Império Romano dominava o mundo ocidental, há 2 mil anos, parte do Saara era recoberto de vegetação semelhante à dos campos tropicais. Mas o corte dos arbustos e árvores para a produção de lenha e carvão vegetal, associado à introdução de carneiros, que pastam arrancando, e não cortando a vegetação, promoveu a grande expansão do deserto, que já existia há mais de 10 mil anos. Esse processo transformou o Saara no que conhecemos hoje: uma eloqüente e trágica lição de como o ambiente não deveria ser manejado!

## **7.4 Grandes ecossistemas aquáticos: o ambiente de água doce; o ambiente marinho**

### **O AMBIENTE DE ÁGUA DOCE**

As águas continentais que compõem o limnociclo são as de menor volume, apenas 190 mil km<sup>3</sup>. Mas justamente o menor de todos os biociclos é muito importante para nós, por ser a fonte mais acessível e barata de água para consumo doméstico e industrial, bem como o caminho para eliminação de muitos poluentes. Para muitas de nossas populações, ele representa a principal fonte de proteínas e alimentos.

Há, nesse biociclo, três fatores limitantes principais e que caracterizam os ecossistemas de água doce: *clima, oxigênio e propriedades químicas* da água.

Tendo volumes menores que os mares, as coleções de água doce estão mais sujeitas a variações bruscas na temperatura. Por isso, sofrem forte influência do clima continental, determinando o movimento de circulação interna da água, que distribui os nutrientes e promove a produtividade primária. O oxigênio não se distribui uniformemente, mas a quantidade, incorporada da atmosfera à água doce, é determinada, diretamente, pela velocidade das correntezas. Isso explica por que os rios são geralmente mais bem oxigenados do que os lagos.

Entre as propriedades químicas da água, as mais notáveis e limitantes são a acidez e a presença de nutrientes minerais, fundamentais para o desenvolvimento dos produtores. A poluição das águas atua fortemente como fator limitante, porque altera as características químicas da água.

A vida na água doce supõe algumas adaptações especiais para o organismo. Sendo a água mais densa que o ar, ela oferece maior resistência ao deslocamento. Essa dificuldade foi resolvida pela

obtenção, por seleção natural, de formas corporais hidrodinâmicas e musculatura mais potente.

Como a água doce possui concentração salina menor que as células, há uma tendência de entrada excessiva de água no corpo, seguida de arrebentamento. Isso só não ocorre porque os organismos aquáticos possuem mecanismos eficientes de eliminação de água (urina muito diluída e abundante) ou apresentam mecanismos que retardam a entrada de água (esqueleto externo impermeável nos artrópodos ou pele rígida e impermeável — o "couro" dos peixes).

Os ecossistemas do limnóciclo podem ser agrupados em dois biomas distintos: as *águas lênticas* (paradas) e as *lóticas* (correntes).

### **Águas lênticas**

A produtividade primária dos lagos depende da quantidade de nutrientes que lhe chegam pelos cursos d'água, como também do padrão de circulação de água do lago. Correntes que vêm do fundo para a superfície carregam muitos nutrientes e incrementam a produtividade, pois a maior parte dos produtores concentra-se na camada superficial, com até 10 m de profundidade. Em função dessas características, os lagos podem ser classificados em: oligotróficos e eutróficos.

Os lagos *eutróficos* costumam ocorrer nas regiões temperadas, onde as estações e a temperatura superficial são bastante diferenciadas. Em algumas épocas do ano, a temperatura diminui; a camada superficial torna-se mais densa e afunda, provocando a subida das massas de água mais profundas, ricas em nutrientes. Com isso, os lagos ficam mais produtivos, ricos em biomassa e com maior diversidade.

Esse fenômeno é possível graças ao comportamento incomum da água com relação à densidade, que não aumenta proporcionalmente conforme diminui a temperatura.

Os lagos *oligotróficos* são mais comuns nas regiões tropicais, onde as temperaturas superficiais das águas não variam muito durante o ano. Conseqüentemente, a camada superficial está sempre mais quente e menos densa que as inferiores. Essa estagnação permanente, rompida por uma circulação irregular e imprevisível, é responsável pela baixa produtividade e pela inexistência de vida abaixo de certa profundidade: 60 m no caso do Lago Tanganica (África), o mais profundo dos lagos tropicais, com 1 449 m.

### **Águas lógicas**

Também chamadas águas correntes, compreendem os rios, riachos e córregos. Esses ambientes possuem a água muito oxigenada e rica em nutrientes *importados* de outros ecossistemas pela lixiviação. Mas o fitoplâncton apenas se desenvolve no curso médio dos rios onde aparecem os remansos. Os consumidores primários são os peixes e as larvas de insetos.

Os rios estão sujeitos a diversas formas de poluição, sendo uma das mais comuns e prejudiciais a provocada pelos detergentes sintéticos. Uma vez lançados na água, ali permanecem por longo tempo, já que os decompositores não conseguem consumi-los. Com o seu acúmulo, acabam formando uma película superficial que impede a oxigenação e provoca a morte dos peixes. Além disso, os detergentes lavam as gorduras que impermeabilizam as penas das aves aquáticas. Com as penas embebidas de água, as aves ficam pesadas e acabam morrendo afogadas.

Quando o impacto poluidor não é muito profundo, o rio consegue recuperar-se, graças à sua capacidade de *autodepuração*. Em outras situações, é preciso esforço coletivo, envolvendo comunidade e órgãos públicos, para a recuperação de um rio poluído. Um caso bem-sucedido é o da recuperação do Rio Tâmisa, que atravessa Londres. Desde a década de 30 até 1963, esse rio estava morto, sem oxigênio nem peixes. Em 1964, ficou pronta a segunda estação de tratamento de esgotos e, 10 anos depois, muitas espécies de peixes voltaram a habitá-lo.

Outra medida importante para a recuperação dos rios poluídos é a aplicação das leis, criadas em 1982, que tornam obrigatória a substituição de detergentes sintéticos por biodegradáveis. Finalmente, não pode ser esquecida uma atenta fiscalização do uso desnecessário e abusivo de agrotóxicos e adubos sintéticos, bem como do lançamento de resíduos industriais poluentes. Só a aplicação séria e coordenada dessas medidas, acompanhada por um trabalho de conscientização de toda a população, pode garantir que a vida volte aos rios que a perderam.

## O AMBIENTE MARINHO

É o maior dos três biociclos: ocupa 3/4 da biosfera, abrangendo os oceanos e mares. A profundidade média é de 3 800 m, porém a vida concentra-se na superfície e nos litorais. Caracteriza-se por ser contínuo, ter água em constante movimento, causado pelos ventos e pelas diferenças de densidade, e por apresentar grande estabilidade nos fatores abióticos.

No ambiente marinho há representantes de quase todos os grandes grupos animais, exceção feita aos miriápodes (lacraias e centopéias) e anfíbios. São exclusivos desse biociclo apenas os equinodermos, os protocordados e os foraminíferos. A diversidade das formas e o tamanho das populações costumam ser grandes. Entretanto, o número de espécies de peixes é menor que no limnociclo.

Os fatores abióticos mais importantes na determinação da distribuição dos seres vivos no ambiente marinho são: *pressão, luz, salinidade e temperatura*.

### **Biomias**

No talassociclo podem ser distinguidos quatro biomas, claramente diferenciados, cujos organismos

possuem adaptações específicas. São os sistemas: litorâneo, nerítico, batial e abissal.

*Sistema litorâneo:* compreende a orla oceânica, na faixa entre as marés. Apresenta muita luz, oxigênio e nutrientes trazidos pelos rios.

*Sistema nerítico:* compreende a faixa dos primeiros 200 m de profundidade, formando, nas bordas dos continentes, as plataformas continentais. É o bioma marítimo mais rico em vida por ter abundância de luz, nutrientes e baixa pressão. Nele encontram-se os recifes de coral, ecossistemas com grande produtividade primária e diversidade; são, por isso, considerados o equivalente ecológico das florestas tropicais. Os principais produtores são as algas pardas (pluricelulares), e os consumidores são muito variados, incluindo até as aves marinhas.

*Sistema batial:* apresenta profundidades que variam de 200 a 2 000 m e encontra-se afastado dos continentes, em mar aberto. Suas águas são frias, escuras e paradas, sendo superficial a maior parte de suas correntes. Os principais produtores são as diatomáceas e os dinoflagelados. Os consumidores são basicamente os peixes e alguns componentes do zooplâncton. É um bioma bastante pobre em animais, comparado com os sistemas litoral e nerítico.

*Sistema abissal:* são as águas oceânicas profundas que alcançam até 11 mil metros. As condições extremas que apresenta, de grande pressão, ausência de luz, frio e escassez de alimentos, favoreceram a evolução de formas excêntricas de vida, de aparência monstruosa, capazes de excitar a imaginação popular e povoar muitos filmes de ficção científica. Na realidade, esses seres costumam ser de pequeno tamanho, com alguns centímetros apenas.

Como aí não existem produtores, os ecossistemas abissais dependem do fluxo de alimentos vindos da superfície, principalmente cadáveres ou mesmo algas carregadas por correntes que afundam no Equador. O primeiro elo da cadeia alimentar, curta por ser pequena a energia disponível, é ocupado por animais detritívoros, como caranguejos, camarões e alguns peixes. Os carnívoros são quase exclusivamente peixes.

Em algumas áreas do assoalho abissal ocorrem fontes termais, de água quente, aquecida pela proximidade de lava no subsolo. São os chamados *pontos quentes*, considerados um verdadeiro oásis em relação ao resto desse bioma.

### **Principais comunidades marinhas**

O *plâncton* é a comunidade formada pelos organismos carregados pelas correntes, por não terem forças ou capacidade de natação para contrapor-lhes resistência. Desempenha papel crucial para a vida marinha, por abrigar a maior parte dos produtores: o filoplâncton.

O *nécton* é a comunidade formada pelos organismos capazes de nadar contra a corrente: mamíferos marinhos, tartarugas, peixes, alguns crustáceos e lulas. Não possui produtores, e os herbívoros dessa comunidade se alimentam do fitoplâncton.

O *bentos* é a comunidade dos organismos que vivem no fundo do mar, desde o litoral até as profundezas abissais. Suas vidas estão ligadas a algum substrato, como rochas, areia ou lodo. Os substratos lodosos são muito mais ricos em espécies que os arenosos e rochosos. Cascos de navios, construções litorâneas e até mesmo a pele das baleias são substratos onde podem viver seres bentônicos, como as cracas.

Tal como em terra firme, também no ambiente marinho litorâneo — com substrato rochoso, denominado genericamente de atóis e recifes — há uma grande diversidade de habitats, que abrigam comunidades distintas e especializadas, constituindo diferentes ecossistemas.

De modo geral, esses ambientes caracterizam-se pelo substrato rochoso, por águas muito movimentadas e bem oxigenadas. Uma ampla faixa dessas áreas está sujeita, pelas marés, a períodos de exposição ao ar. Essa é uma das modificações naturais mais dramáticas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AMABIS, J. M.; MARTHO, G.R. **Biologia**. São Paulo. Ed. Moderna. 438p. 2004.

MARGALEF, R. **Ecología**. Wd. Omega, Barcelona, Espanha 951p.1989.

ODUM, E. P. **Ecología**. México, D. F.: McGraw-Hill - Interamericana de México, 343p. 1987.

SARIEGO. J.C. **Educação Ambiental** – As ameaças ao planeta azul. São Paulo. SP. Editora Scipione. 208p. 2001.



## Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas  
De um povo heróico o brado retumbante,  
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,  
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade  
Conseguimos conquistar com braço forte,  
Em teu seio, ó liberdade,  
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,  
Idolatrada,  
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido  
De amor e de esperança à terra desce,  
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,  
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,  
És belo, és forte, impávido colosso,  
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,  
Entre outras mil,  
És tu, Brasil,  
Ó Pátria amada!  
Dos filhos deste solo és mãe gentil,  
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,  
Ao som do mar e à luz do céu profundo,  
Fulguras, ó Brasil, florão da América,  
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,  
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;  
"Nossos bosques têm mais vida",  
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,  
Idolatrada,  
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo  
O lábaro que ostentas estrelado,  
E diga o verde-louro dessa flâmula  
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,  
Verás que um filho teu não foge à luta,  
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,  
Entre outras mil,  
És tu, Brasil,  
Ó Pátria amada!  
Dos filhos deste solo és mãe gentil,  
Pátria amada, Brasil!

## Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes  
Música de Alberto Nepomuceno  
Terra do sol, do amor, terra da luz!  
Soa o clarim que tua glória conta!  
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta  
Em clarão que seduz!  
Nome que brilha esplêndido luzeiro  
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!  
Chuvas de prata rolem das estrelas...  
E despertando, deslumbrada, ao vê-las  
Ressoa a voz dos ninhos...  
Há de florar nas rosas e nos cravos  
Rubros o sangue ardente dos escravos.  
Seja teu verbo a voz do coração,  
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!  
Ruja teu peito em luta contra a morte,  
Acordando a amplidão.  
Peito que deu alívio a quem sofria  
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!  
Vento feliz conduza a vela ousada!  
Que importa que no seu barco seja um nada  
Na vastidão do oceano,  
Se à proa vão heróis e marinheiros  
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!  
Porque esse chão que embebe a água dos rios  
Há de florar em meses, nos estios  
E bosques, pelas águas!  
Selvas e rios, serras e florestas  
Brotem no solo em rumorosas festas!  
Abra-se ao vento o teu pendão natal  
Sobre as revoltas águas dos teus mares!  
E desfraldado diga aos céus e aos mares  
A vitória imortal!  
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,  
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



**GOVERNO DO**  
**ESTADO DO CEARÁ**  
*Secretaria da Educação*