Adriano Figueiró

BIOGEOGRAFIA

dinâmicas e transformações da natureza

coleção básicos em geografia
organização Francisco Mendonça

oficina de textos

oficina de textos

Adriano Figueiró

BIOGEOGRAFIA

dinâmicas e transformações da natureza

coleção básicos em Geografia
organização Francisco Mendonça

Copyright © 2015 Oficina de Textos

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil desde 2009.

Conselho editorial Cylon Gonçalves da Silva; Doris C. C. K. Kowaltowski; José Galizia Tundisi; Luis Enrique Sánchez; Paulo Helene; Rozely Ferreira dos Santos; Teresa Gallotti Florenzano

Organização da coleção básicos em Geografia Francisco de Assis Mendonça

Capa e projeto gráfico Malu Vallim
Diagramação Alexandre Babadobulos
Preparação figuras Alexandre Babadobulos
Preparação de textos Hélio Hideki Iraha
Revisão de textos Thiago Garrido de Siqueira
Impressão e acabamento Vida & Consciência editora gráfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Figueiró, Adriano S.
Biogeografia : dinâmicas e transformações da natureza / Adriano S. Figueiró. -- São Paulo : Oficina de Textos, 2015.

Bibliografia
ISBN 978-85-7975-176-9

1. Biogeografia 2. Biologia I. Título.

15-03414 CDD-578.09

Índices para catálogo sistemático:
1. Biogeografia 578.09

Todos os direitos reservados à Editora Oficina de Textos
Rua Cubatão, 959
CEP 04013-043 São Paulo SP
tel. (11) 3085-7933 (11) 3083-0849
www.ofitexto.com.br atend@ofitexto.com.br

apresentação

O Brasil conta com um dos mais extensos e sólidos sistemas de ensino escolar na América Latina, apesar da tardia criação de escolas públicas e laicas no país e mesmo a despeito de inúmeros e complexos problemas relacionados à gestão da educação escolar pública. No país também se encontra um dos únicos e restantes sistemas públicos e gratuitos de ensino em todos os níveis da escolaridade, sendo que impera em todo o continente a lógica liberalizante enquanto perspectiva econômica segundo a qual o ensino tornou-se praticamente um bem de consumo. Nesses contextos, a lógica de mercado repercute-se negativamente na relação ensino-aprendizagem e a qualidade do ensino apresenta-se por demais comprometida. Não é esse o caso da América do Norte nem tampouco da Inglaterra, por exemplo, em que, mesmo sendo predominantemente privada, a educação mantém boa qualidade. Mas a acessibilidade ali evidencia importante segregação, resultado da concentração da renda, que, mesmo bem diferente da latino-americana, reserva a excelência àqueles pertencentes à seleta *uper-class*.

Se os saltos de quantidade e relativa qualidade do ensino universitário brasileiro são flagrantes nas duas últimas décadas, o mesmo não se pode dizer dos níveis fundamental e médio, uma vez que ainda se registram níveis altamente críticos de rendimento escolar e de frequência de crianças e adolescentes nas escolas. As condições de trabalho de professores e funcionários dos estabelecimentos de ensino e a situação de precariedade de muitos deles clamam por medidas urgentes para sua restauração e melhoria, sobretudo quando se verifica, ano a ano, a colocação do Brasil entre as seis ou sete mais importantes economias

do mundo. A promoção da educação de qualidade a toda a população é um desafio premente que, embora tardio, deveria pautar em primeira instância a agenda dos responsáveis pela condução do Estado, sob pena de prolongar por demais o atraso social que se verifica no país.

A argumentação aqui colocada não é nenhum discurso de candidato a representante político, ainda que muitos se utilizem da mesma problemática para angariar votos. Nem tampouco se destina a jogar pedra naqueles que, do lado de lá da mesa governamental, são os responsáveis públicos momentâneos pela escola e pelo ensino público brasileiros; eles são herdeiros de uma ferida social que não se cicatriza de forma rápida. A mudança do quadro aqui perfilado exige ações concretas e atitudes conscientes, uma verdadeira revolução, mas que não logra resultados rápidos. Somente a médio prazo é que se pode verificar as mudanças culturais advindas da promoção da educação com qualidade e gratuidade. O que nos move nessa oportunidade, cientes dos problemas relacionados à educação, é a vontade e a necessidade de pensar e propor estratégias e ações para sua melhoria.

Muitas são as possibilidades, está claro, de atuar para que a educação brasileira galgue melhores patamares qualitativos, posto que os quantitativos são por estes suplantados. Ela demanda atenção e cuidados em todos os níveis, mesmo que uns estejam melhores que outros, e o descompasso entre investimentos e avanços prioritariamente nos níveis superiores ainda está por acirrar a gravidade do quadro referente aos níveis inferiores da educação no país.

A disponibilidade de bibliografias, documentos e dados aos profissionais e estudantes envolvidos no processo ensino-aprendizagem constitui um meio de contribuir para melhorias nesse quadro. Considerando a expressiva população do país, estima-se que a oferta de bibliografia geral ou especializada ainda seja pequena, aspecto que parece resultar de um baixo nível de leitura da população, mesmo que grandes empresas editoriais estejam instaladas e atuantes no território nacional. Comparativamente a outros países, a produção de livros didáticos e paradidáticos e seu efetivo uso são ainda modestos no Brasil. Especialmente no nível universitário e em determinadas áreas do conhecimento, observa-se uma quase total ausência de títulos produzidos no país ricos em exemplos e ilustrações nativos. Para determinadas disciplinas, encontram-se apenas algumas traduções que, mesmo que de grande importância, mantêm uma dependência externa flagrante e que contribui para um certo colonialismo na leitura da realidade e na produção

do conhecimento. Romper com essa condição histórica constitui uma necessidade e um desafio em relação aos quais há ainda muito a ser feito, embora estejam se tornando mais visíveis nas duas últimas décadas, e isso não é algo que se consegue em curto espaço de tempo.

Em vários países do Ocidente, os trabalhadores e estudantes vinculados aos sistemas de ensino-aprendizagem têm acesso a manuais das diferentes disciplinas no ensino universitário. Estes constituem obras básicas no que concerne aos conteúdos fundamentais à formação científica e técnico-profissional ofertada pelas instituições de ensino; são altamente úteis aos envolvidos na atividade, tanto aos professores quanto aos alunos, pois utilizam linguagem direta e são ilustrados com figuras e dados de toda ordem, ali colocados com a perspectiva de tornar a produção do conhecimento uma atividade a mais abrangente possível.

Desde a fundação do primeiro curso universitário de Geografia na Universidade de São Paulo (USP), em 1934, momento que marca a retomada de instituições de ensino superior no país, observa-se uma cada vez maior e mais intensa produção científica desse campo do conhecimento. Por mais de cinco décadas as publicações em formato de livro foram bastante reduzidas, tendo predominado as separatas ou publicações de textos isolados em coleções vinculadas a universidades ou institutos de pesquisa e periódicos. Poucos foram os documentos nacionais publicados com caráter de manual (básico), ou pelo menos utilizados como tal, podendo ser destacados o clássico *Brasil: a terra e o homem* (Aroldo de Azevedo), *Manual de Geografia Urbana* (Milton Santos), *Geografia Econômica* (Manuel Correa de Andrade), *Geomorfologia Fluvial* (Antonio Christofoletti) e *Geografia: pequena história crítica* (Antonio Carlos Robert Moraes), entre outros. Todavia, há ainda uma considerável lacuna no campo da produção de manuais ou obras básicas para o nível universitário da Geografia no Brasil.

É nesse afã, e com a necessária humildade e grandeza de propósitos, que apresentamos a *Coleção Básicos em Geografia*, inaugurada de forma experimental com o *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*, de nossa autoria e lançado pela Oficina de Textos em 2007. Em nossas andanças pelo país e pelo exterior, em boa parte das vezes a trabalho no âmbito de nosso campo de conhecimento, constatamos o fato de que não existe no Brasil um conjunto de livros que, na perspectiva de um manual, sejam utilizados como elementos complementares no processo ensino-aprendizagem da Geografia. Essa ciência conta com vasta e diversificada publicação de obras

no país, mas que ainda é insuficiente diante da profusão de cursos e da expressiva comunidade de profissionais a ela ligados. Ademais, uma obra produzida no escopo da coleção que ora coordenamos e disponibilizamos ao público é ansiada para colaborar com a melhoria do conhecimento e do ensino da Geografia brasileira.

Dando sequência àquela primeira obra apresentamos, com muita satisfação, o livro *Biogeografia*, de Adriano Figueiró, um jovem e brilhante colega da Universidade de Santa Maria com quem temos dividido interessantes experiências voltadas à promoção do ensino e da pesquisa em Geografia Física. Com um currículo rico em publicações diversas e comprovada experiência profissional, especialmente como professor de Geografia Física e de Biogeografia, Adriano nos brinda com um dos mais caros temas de interesse de geógrafos, biólogos, agrônomos, ambientalistas etc., a vida na Terra. Sendo produzida sob a perspectiva geográfica, a obra centra seu conteúdo e organização na dimensão espaçotemporal da manifestação da vida (vegetal e animal) na superfície do planeta, trazendo tanto as bases teóricas e metodológicas para a compreensão do tema quanto sua aplicação por meio de exemplos e ilustrações para entender sua complexidade e particularidades.

Biogeografia vem preencher uma das mais eloquentes lacunas na produção bibliográfica nacional no que concerne a obras básicas para o ensino superior, mas que pode também ser muito útil a interessados vinculados a outros níveis do conhecimento e ao público em geral. Esse sub-ramo do conhecimento conta com farta produção na forma de artigos científicos publicados em periódicos e anais de eventos, contribuições que são isoladas e dispersas para o entendimento do tema. Esta obra, concebida como manual, sintetiza a perspectiva histórica da construção do conhecimento biogeográfico e centra o olhar sobre a sua configuração na atualidade. Partindo da perspectiva teórico-analítica, brinda o leitor com exemplos e aplicações contemporâneas em diversas perspectivas.

Este livro contribuirá, com qualidade, para o avanço do conhecimento e, de forma particular, para o processo ensino-aprendizagem da Geografia brasileira.

Curitiba, abril de 2014
Francisco Mendonça
Coleção Básicos em Geografia – Coordenador

prefácio

Situada na interface entre a Geografia Física e a Geografia Humana, a Biogeografia tem desafiado gerações de pesquisadores a construir uma explicação da realidade em que a paisagem seja compreendida como uma resultante dialética da ação do homem e da natureza em diferentes escalas de tempo e de espaço.

A complexidade dessa tentativa ambiciosa de chegar a uma síntese da biosfera, em face da herança fragmentária do legado positivista ao pensamento geográfico do século XX, resultou, não raras vezes, na inclinação dos biogeógrafos aos métodos e questionamentos próprios das ciências naturais; isso quando não se buscava a explicação pronta dos naturalistas, apenas para preencher a lacuna sobre a distribuição da vida no planeta que os geógrafos pareciam sentir-se impotentes para investigar com seus próprios meios. O mito da existência de uma natureza independente do homem retardou o amadurecimento de uma Biogeografia identificada com o objeto de pesquisa dos geógrafos, e foram necessárias muitas décadas de incorporação das paisagens ditas naturais à lógica da ação humana para que começássemos a compreender que aquilo que chamamos de natural ou de artificial são apenas dimensões de uma mesma natureza, conectadas por uma espiral de tempo e submetidas às leis da Física e da Economia. O Parque Nacional da Tijuca, no Rio de Janeiro, que é a maior floresta urbana do mundo, desenvolveu-se em áreas que há pouco mais de um século estavam cobertas de cafezais, da mesma forma que diversas formações climáxicas em parques nacionais da Europa eram campos de cultivo na Idade Média ou campos arrasados e contaminados nas Grandes Guerras. A natureza que se instala após o abandono humano não deixa de preservar as suas marcas, e são elas que o geógrafo deve desvendar para explicar a realidade que se impõe.

Tal como se refere Leff (2001, p. 49), "desde que a natureza se transforme em objeto de processos de trabalho, o natural absorve-se no materialismo histórico. Isto não nega que operem as leis biológicas dos organismos que participam no processo, inclusive o homem e sua força de trabalho".

Uma notícia divulgada pela imprensa de todo o mundo em 2010 acrescenta mais alguns elementos a essa reflexão: foi localizada no Canadá, por meio da interpretação de uma imagem de satélite, aquela que é considerada a maior barragem natural do mundo, um dique gigantesco de 850 m de comprimento que está sendo construído desde a década de 1970, dentro de um parque nacional, por várias gerações de castores. Segundo a notícia, novos elementos estão sendo agregados ao dique, que, no prazo de uma década, poderá chegar a 950 m. Quando comparamos a tecnologia, a finalidade, a transformação da matéria e o trabalho despendido nessa estrutura natural com aquelas obras trabalhadas pelo homem, percebemos que o limite entre o que consideramos natural e artificial é tão somente a ausência ou a presença humana, e essa diferença, no nosso entender, é muito pequena para que continuemos a acreditar que a "Geografia da Vida" tem na sociedade e na natureza capítulos tão distintos e inconciliáveis nas suas questões e formas de abordagem.

Este livro é uma pequena contribuição para esse esforço gigantesco de repensar a Biogeografia, de atualizar as suas questões e de buscar novos caminhos que permitam um diálogo mais frutuoso com o discurso geográfico. Muitas lacunas ainda persistem nesta obra, e elas por certo decorrem da bagagem ainda pequena que os geógrafos conseguiram acumular para uma Biogeografia brasileira. Em que pese o grande esforço de alguns pioneiros, como Dora Romariz, Aziz Ab'Sáber, Helmut Troppmair e Felisberto Cavalheiro, a quem todos somos devedores, ainda há muito para caminhar. Minha esperança é que este livro possa ser uma boa companhia para essa caminhada!

Adriano S. Figueiró
Portugal, outono de 2013

sumário

1 Introdução ao estudo da Biogeografia 13

1.1 Como e por que os organismos vivos se distribuem na superfície da Terra? 13

1.2 Conceito, objeto, métodos de abordagem e áreas de pesquisa da Biogeografia 22

1.3 Desenvolvimento histórico do conhecimento biogeográfico 32

1.4 A elaboração de um paradigma para o estudo da paisagem 50

2 Processos de especiação e padrões de distribuição das espécies 59

2.1 Processos de especiação e respostas evolutivas 61

2.2 Coevolução dos ambientes e dos seres vivos 76

2.3 Grandes regiões biogeográficas do planeta 93

2.4 Classificação das áreas de distribuição 102

3 Padrões de extinção e conservação da biodiversidade 115

3.1 Mapeando a biodiversidade planetária 119

3.2 Introdução de espécies exóticas e impactos ambientais 127

3.3 Mecanismos de fragmentação da paisagem 132

3.4 Teorias de conservação da biodiversidade: da biogeografia de ilhas à teoria das metapopulações 141

4 A dinâmica atual das populações nos ecossistemas 155

4.1 O fluxo de energia e os ciclos de nutrientes na biosfera 155
4.2 Estrutura e funcionamento dos ecossistemas 171
4.3 Fatores de distribuição dos seres vivos 178
4.4 Viver e morrer em um ecossistema: processos de cooperação e competição 199

5 Elementos de Biogeografia Cultural 209

5.1 Aparecimento e evolução da espécie humana 213
5.2 O processo de domesticação de plantas e animais 222
5.3 Da seleção artificial à produção artificial de novas espécies: a ampliação das fronteiras da natureza 237
5.4 Mecanismos biogeográficos em agroecossistemas .. 244
5.5 O papel da Biogeografia no planejamento das paisagens urbanas 256

6 Os grandes conjuntos biogeográficos do mundo atual 269

6.1 Considerações iniciais acerca da espacialização da biodiversidade na superfície da Terra 269
6.2 Biomas terrestres 284
6.3 Ecorregiões de água doce 324
6.4 Ecorregiões oceânicas 332
6.5 Mudanças climáticas atuais e alteração nos padrões de distribuição dos seres vivos 335

Referências bibliográficas 357

Ficha de créditos 381

um

Introdução ao estudo da Biogeografia

1.1 Como e por que os organismos vivos se distribuem na superfície da Terra?

A provocação de Suchantke (2001), já expressa na capa do seu livro, instiga a ir cada vez mais fundo na busca das respostas: "o que nós vemos quando olhamos uma paisagem?"

Um geógrafo jamais pode reduzir o seu campo de visão ao que os olhos estão enxergando. Há sempre uma conexão oculta por trás daquilo com que se depara na natureza. É preciso uma grande dose de "imaginação científica" orientada pela curiosidade para que se consiga entender os processos que controlam as estruturas visíveis das paisagens terrestres. As paisagens que se apresentam aos nossos olhos não são, assim, apenas a soma de elementos vivos e não vivos que coabitam uma dada superfície da Terra, mas o arranjo em que esses elementos estão dispostos uns em relação aos outros, o que lhes permite desencadear processos de diferentes naturezas e intensidades. A resposta, aparentemente óbvia, tem desdobramentos intermináveis para o campo da Geografia Física e, mais especificamente, para a Biogeografia.

Por que as paisagens se diferenciam na superfície da Terra (Fig. 1.1)? Pela diferença de temperatura? Pela diferença de umidade? Pelo tipo de relevo e solo? Pela ação do homem?

- Os processos de degradação a que têm sido submetidos os ecossistemas e as espécies que neles vivem são reversíveis?
- É possível compatibilizar o modelo econômico urbano-industrial do mundo atual com a preservação da biodiversidade? Como?

Embora não se possa reduzir a complexidade do mundo atual a respostas simplistas de "sim" ou "não", o enorme conjunto de conhecimentos que as pesquisas nas áreas de Ecologia, Biogeografia, Geoecologia e Biologia da Conservação têm produzido nos últimos tempos não permite ter uma visão otimista do cenário futuro dos recursos naturais do planeta. No entanto, há uma esperança cada vez maior de que se seja capaz de proceder a uma mudança ética na relação com os demais seres vivos, deixando de encará-los exclusivamente como recursos a serviço do homem e passando a compreender e respeitar a história evolutiva da Terra, que se encerra nas mais diferentes particularidades de cada espécie viva.

1.2 Conceito, objeto, métodos de abordagem e áreas de pesquisa da Biogeografia

Desde a sua sistematização como uma disciplina científica, no século XIX, a Biogeografia representa um campo de estudos que se situa na interface entre a Geografia Física e a Humana, uma vez que tem como principal tarefa explicar a distribuição dos seres vivos na superfície da Terra, em diferentes escalas de espaço e de tempo. Considerando que os mecanismos que induzem e/ou controlam a distribuição desses organismos estão relacionados tanto às variáveis físicas quanto antropogênicas da paisagem, essa Geografia da Biosfera não pode prescindir dos aportes teórico e metodológico provenientes das ciências naturais e das ciências humanas (Fig. 1.6).

Assim, privilegiar uma abordagem naturalista em detrimento da busca dos princípios, mecanismos e percepções que orientam a ação da sociedade sobre a natureza, seja para transformá-la, seja para conservá-la, seria como "mutilar a Biogeografia" (Elhaï, 1968, p. 8). Alguns autores chegam mesmo a defender que o homem "é a espécie central do estudo geográfico" (Sanjaume; Villanueva, 1996, p. 138) e que, portanto, é imprescindível a inclusão da ação humana como criadora de novas espécies e ecossistemas ao longo de sua história e de diferentes estratégias de exploração. Um dos grandes incentivadores da Geografia brasileira, Monbeig (apud Salgueiro, 2005, p. 60) já afirmava, na década de 1930, que "a Geografia não pode contentar-se em descrever a paisagem concreta; procura compreender e reconstituir o mecanismo que conduz à sua formação e sua evolução".

1.4 A elaboração de um paradigma para o estudo da paisagem

Os estudos biogeográficos caracterizam-se, dentro de uma abordagem geoecológica, por buscar uma compreensão da paisagem com base em uma análise integrada dos seus elementos, partindo do princípio de que a distribuição da vegetação na superfície da Terra responde tanto a processos históricos de origem e dispersão das espécies quanto a condicionantes abióticos que controlam a presença ou a ausência dessas espécies (Fig. 1.14). Com isso, a pesquisa em Biogeografia assume uma feição particular em relação aos trabalhos desenvolvidos por outras disciplinas, como Ecologia, Botânica e Zoologia, uma vez que a Biogeografia busca articular o conhecimento verticalizado das outras ciências para integrá-lo na explicação da paisagem terrestre. Para tanto, tornou-se necessária a elaboração de um referencial metodológico próprio à Biogeografia, capaz de abarcar a complexidade e a totalidade dos processos envolvidos na estruturação da paisagem ou na distribuição de um determinado *taxon* na superfície da Terra.

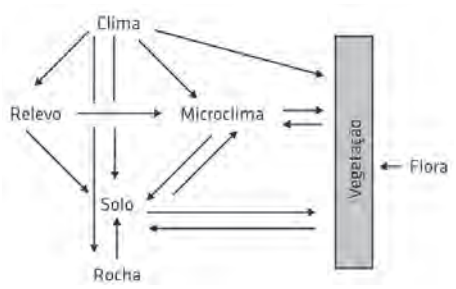


Fig. 1.14 *Enquanto a composição de espécies vegetais (flora) em uma dada paisagem obedece às variáveis que definem o aparecimento e a dispersão dessas espécies na superfície terrestre segundo as condições de zonalidade, a distribuição desses indivíduos em escala local e sua condição estrutural (vegetação) são controladas pela natureza e intensidade das interações que se estabelecem entre os demais elementos da paisagem. Assim, para que se possa explicar adequadamente as características desta ou daquela vegetação, não basta que se seja capaz de cartografá-la; é preciso recorrer à compreensão dos demais agentes e processos atuantes nessa paisagem e que condicionaram essa distribuição*

Fonte: adaptado de Walter (1986).

Tal ensejo só começou efetivamente a ser concretizado a partir da aplicação da teoria dos sistemas ao estudo da paisagem, por meio do conceito de *geossistema*. O geossistema pode ser conceituado como "uma determinada porção da superfície terrestre caracterizada por uma relativa homogeneidade da sua estrutura, fluxos e relações, em comparação às áreas circundantes" (Bertrand, 1972b, p. 129). Considere-se um sistema homogêneo aquele cujas partes são ou estão solidamente e/ou estreitamente ligadas. É justamente essa característica de interdependência entre os componentes de um mesmo sistema, produzindo manifestações

já que suas transformações ocorrem em um tempo menor (escala histórica de tempo), alterando-se segundo as variações de Energia, Matéria e Informação (EMI) processadas no sistema.

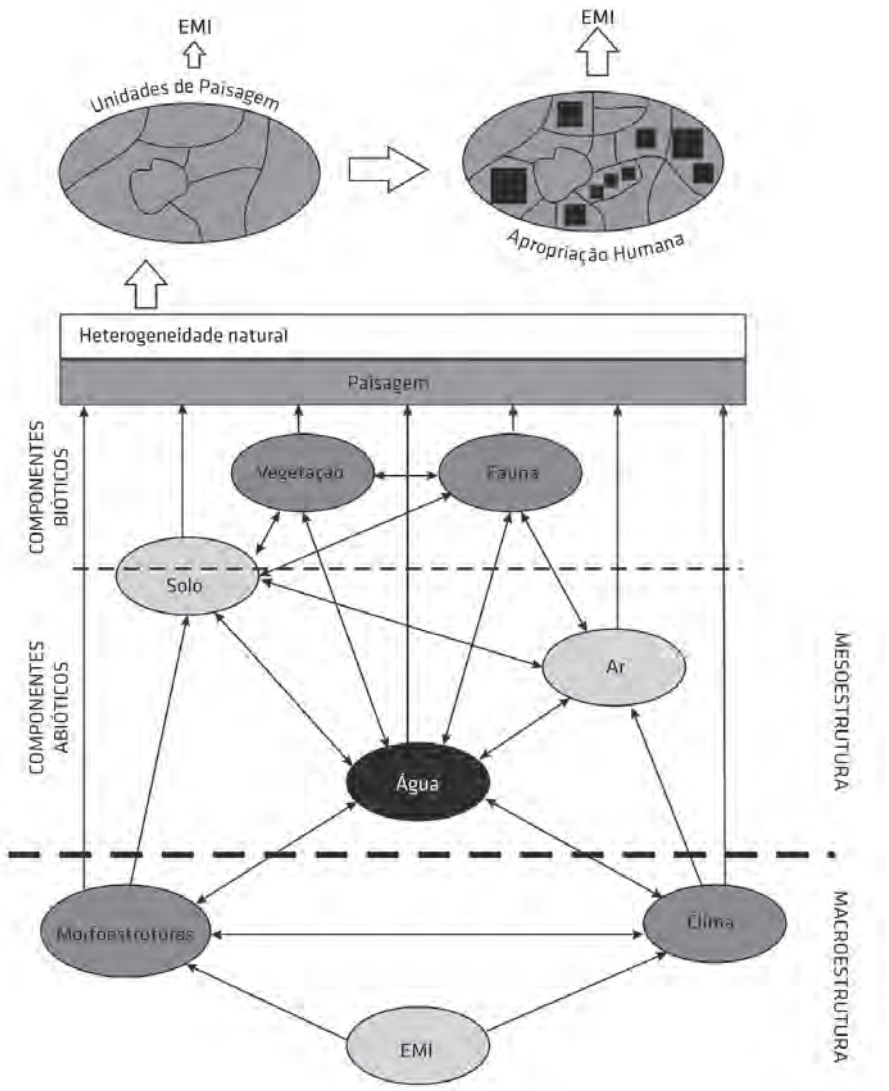


Fig. 1.15 *A paisagem que se vê é o produto da interação entre diferentes variáveis, naturais e humanas. A natureza e a intensidade dessas interações vão produzir as diferenciações paisagísticas ao longo do tempo, cuja complexidade será tanto maior quanto mais intensos forem os fluxos de Energia, Matéria e Informação (EMI) no sistema*

2. *Caráter global de totalidade*: de acordo com a segunda lei da termodinâmica, o conjunto é sempre maior do que a soma das partes, o que implica a

Quadro 1.1 Hierarquia das unidades de paisagem conforme a proposta apresentada por Bertrand (1972a)

	Unidade de paisagem	Escala espacial	Elementos do meio que definem as categorias
Unidades superiores	Zona	Milhões de km²	Grandes faixas climáticas do planeta e biomas associados, bem como megaestruturas geológico-geomorfológicas que manifestam grandes paisagens azonais, como as áreas de cordilheira (por exemplo, a zona tropical do planeta, com paisagens de florestas tropicais úmidas)
	Domínio	Milhares de km²	Paisagens dentro de uma determinada zona, com forte interação entre condições climático-hidrológicas, feições de relevo, tipos de solo e formas de vegetação (por exemplo, o domínio da Serra do Mar)
	Região natural	Dezenas a centenas de km²	Condições morfoestruturais específicas dentro de um domínio que refletem uma variação estrutural própria na relação relevo-solo-plantas (por exemplo, a ocorrência de floresta ombrófila densa – mata atlântica – dentro do domínio da serra do mar)
Unidades inferiores	Geossistema	Alguns km² até centenas de km²	Porção de uma região natural individualizada por uma combinação própria entre o sistema geomorfogenético, a dinâmica biológica e a exploração antrópica (por exemplo, as áreas de mata atlântica desmatadas no sul da Bahia, com a criação de mosaicos floresta-lavoura)
	Geofácies	Centenas de m²	Porção de maior homogeneidade estrutural dentro de um geossistema, subordinada ao controle de um topoclima específico e associada a uma determinada intensidade de ação humana (por exemplo, os fragmentos de floresta conservada dentro do mosaico floresta-lavoura)
	Geotopo	Dezenas de m²	Pequenas porções de terreno dentro de uma geofácie associadas a condições microtopográficas e microclimáticas que levam a um processo de colonização vegetal singular (por exemplo, os fundos de vale saturados dentro de um fragmento florestal)

O geossistema, segundo a proposta desse autor, corresponde a uma unidade de paisagem temporoespacial compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados e composta por um número variável de unidades menores chamadas de geofácies, que correspondem a uma entrada diferenciada de matéria e/ou energia em um ponto do geossistema. Essas geofácies aparecem dispostas conforme um "mosaico mutante", de acordo com as mudanças

dois

Processos de especiação e padrões de distribuição das espécies

A estimativa é que existam hoje aproximadamente 8,7 milhões de espécies de seres vivos no planeta (Mora et al., 2011). Desse total, apenas 1,2 milhão já foi catalogado até hoje, e muitas dessas espécies acabarão se extinguindo antes mesmo de serem conhecidas, já que as estimativas mais otimistas trabalham com uma taxa de extinção de aproximadamente mil espécies por ano (Wilson, 2002), isto é, aproximadamente três espécies por dia desaparecem da face da Terra.

Cada espécie se origina de mudanças genéticas ocorridas em espécies mais antigas (especiação) e sobrevive na superfície da Terra por períodos variáveis, buscando se adaptar da melhor forma possível às condições ambientais existentes naquele período. Quanto mais adaptadas às condições presentes, maior a capacidade de as espécies se disseminarem por novas áreas do planeta; algumas delas chegam mesmo a ser encontradas em toda a superfície da Terra, como é o caso daqueles animais diretamente ligados ao homem, como o cachorro *(Canis domesticus)*, o gato *(Felis silvestris catus)*, a barata *(*ordem *Blattaria)* e o rato (*Rattus* sp.).

Pode-se tomar como exemplo de uma espécie que sobrevive há bastante tempo na superfície da Terra o *Ginkgo biloba*, uma planta bastante conhecida pelo seu uso farmacológico e hoje considerada um fóssil vivo, já que seus exemplares fósseis mais antigos datam de

que elas também, em seus processos de interação com os demais elementos da paisagem, são responsáveis por mudanças das condições ambientais nos geossistemas em que se instalam.

2.1 Processos de especiação e respostas evolutivas

Antes de prosseguir na discussão dos processos evolutivos, é preciso definir com mais precisão aquilo que até agora se tem chamado de *espécie*. Embora pareça ser uma definição bem compreendida dentro do senso comum, o conceito de espécie ainda carrega uma enorme polêmica entre os pesquisadores.

As primeiras tentativas de classificação dos seres vivos podem ser encontradas na obra *Metafísica*, de Aristóteles, escrita três séculos antes de Cristo. Nesse livro, Aristóteles propunha agrupar em uma única espécie todos os indivíduos que compartilhassem a mesma "característica essencial". Assim, por exemplo, todos os indivíduos que vivessem dentro da água pertenceriam à mesma espécie: peixe. A grande variabilidade morfológica existente dentro dessa espécie era atribuída por ele às imperfeições adquiridas no processo de adaptação da forma ao meio. Tendo isso em vista, consegue-se perceber como o conceito de espécie foi se alterando ao longo do tempo.

Atualmente, o conceito mais difundido dentro da ciência corresponde àquele definido por Mayr em 1963, de espécie biológica (Mayr, 1977). Para esse autor, a espécie é um conjunto de indivíduos reprodutivamente isolados, ou seja, populações que, em razão de seu isolamento geográfico ou biológico, reagem aos processos genéticos e às influências ambientais de modo a torná-los geneticamente incompatíveis com outras populações com as quais tenham contato.

Embora a incompatibilidade genética entre duas espécies pressuponha a impossibilidade de gerar descendentes férteis, é preciso entender isso como um processo que se aprofunda cada vez mais à medida que a espécie evolui. Portanto, nos primeiros momentos dessa diferenciação há a possibilidade de que a incompatibilidade não seja total, com a produção de subespécies, raças ou variedades distintas, de modo que a taxa de fertilidade decai, mas a geração de indivíduos férteis ainda é possível.

Com uma taxa ainda menor de compatibilidade genética entre as espécies que se cruzam, há a possibilidade de serem gerados indivíduos híbridos, incapazes de continuar a se reproduzir, como é o caso bastante conhecido da mula, uma espécie híbrida surgida do cruzamento de um jumento *(Equus africanus asinus)* com uma égua *(Equus caballus)* ou de um cavalo com uma jumenta.

velocidade de rotação da Terra, com o aumento do fotoperíodo, produziu uma verdadeira explosão da vida nos oceanos. Apareceram aí as formas primitivas da vida moderna, incluindo as trilobitas e outros seres vivos, representados por mais de 10.000 espécies.

Pouco mais de 100 milhões de anos de vida oceânica se passaram até que a adaptação dos organismos a ambientes não aquáticos (desenvolvimento de mecanismos de sustentação e disseminação) permitisse que as primeiras plantas começassem a ocupar os continentes durante o Devoniano, por volta de 400 m.a.a. O Quadro 2.1 sintetiza os principais acontecimentos da evolução da vida na escala geológica de tempo.

Quadro 2.1 Síntese dos principais acontecimentos da evolução da vida na Terra na escala geológica de tempo (em milhões de anos atrás, m.a.a.)

Mesozoico	Cretáceo	*LennyWikidata (Wikimedia)*	70 a 135	Primeiras plantas com flores; Últimos dinossauros
	Jurássico		135 a 180	Primeiros pássaros
	Triássico		180 a 225	Primeiros mamíferos; Primeiros dinossauros
Paleozoico	Permiano		225 a 270	
	Carbonífero		270 a 350	Primeiras coníferas; Primeiros répteis; Primeiros insetos
	Devoniano	*Danielm (Wikimedia)*	350 a 400	Primeiras florestas; Primeiros anfíbios; Primeiros peixes ósseos
	Siluriano		400 a 440	Primeiras plantas terrestres; Peixes com mandíbulas
	Ordoviciano		440 a 500	Primeiros vertebrados: peixes encouraçados e sem mandíbulas
	Cambriano		500 a 600	Primeiros invertebrados: primeiros animais com concha
Pré-Cambriano			Mais de 600	Primeiros organismos vivos: algas e bactérias

A transição da fauna exclusivamente oceânica para os continentes deu origem aos primeiros anfíbios, que passaram a viver nas zonas pantanosas próximas ao oceano. Com o início de uma era mais seca, algumas espécies de peixes ósseos, como o *Eusthenopteron* (Fig. 2.11), passaram a usar as barbatanas

Considerando que os parâmetros ambientais estão em permanente mudança na história geológica do planeta, pode-se concluir que a história evolutiva também está em permanente dinâmica. Assim, o que é chamado de coevolução não é apenas uma adaptação mútua na evolução presa-predador, mas também uma adaptação mútua entre os seres vivos e o ambiente por eles habitado e transformado. Portanto, a progressiva oxidação de uma atmosfera originalmente composta de amônia (NH_3), metano (CH_4) e dióxido de enxofre (SO_2) foi tão importante para as plantas saírem dos oceanos em direção aos continentes quanto a intensificação da fotossíntese promovida por essa saída foi importante para modificar as condições da atmosfera original, e assim sucessivamente.

Assim como será visto no Cap. 4, a coevolução representa um processo bastante conhecido nas mudanças físicas e/ou fisiológicas que se processam tanto nas presas como nos predadores, sempre como decorrência de um aprimoramento da seleção natural. Considere-se, por exemplo, as interações que se processam entre os morcegos (predadores) e as mariposas (presas). Como são caçadores noturnos, os morcegos desenvolveram um sistema sonar para localizar suas presas no escuro. Em contrapartida, algumas espécies de mariposa desenvolveram alta sensibilidade às frequências sonoras utilizadas pelos morcegos, o que permitiu que elas escapassem dos seus predadores. Algumas espécies de morcego, então, conseguiram alterar a frequência de seus pulsos sonoros, permitindo uma maior captura de presas. Para escaparem disso, algumas espécies de mariposa desenvolveram outro sistema de ondas sonoras para bloquear o sonar dos morcegos. Por sua vez, algumas espécies de morcego, para se adaptarem a isso, desligaram seu sistema sonar e passaram a utilizar a frequência dos bloqueadores das mariposas para localizá-las. Como se vê, tanto as presas como os predadores estão submetidos a uma dinâmica evolutiva crescente, decorrente da necessidade de fazer frente às mudanças dos outros, que é denominada coevolução.

2.3 Grandes regiões biogeográficas do planeta

Desde que as ideias evolucionistas de Darwin passaram a ser aceitas como explicação do processo de diversificação da vida na Terra, ficou evidente que as diferenças entre faunas e floras de continentes distintos deveriam ser resultado de histórias evolutivas diferenciadas.

Hoje se compreende perfeitamente que a movimentação dos continentes ao longo da história geológica como decorrência das dinâmicas de afastamento e aproximação das placas tectônicas, associada às flutuações climáticas de

da grande similaridade com a biota australiana, essa região desenvolveu um grande número de endemismos ao longo da história em razão do seu aspecto insular. Essa condição coloca as florestas tropicais de Nova Guiné entre as três mais importantes do mundo graças à sua diversidade de espécies, que pode chegar ao número de 30.000.

2.4 Classificação das áreas de distribuição

Tal como já discutido no Cap. 1, o estudo dos seres vivos pode ser feito com base em dois grandes enfoques: o corológico, que busca identificar as áreas de distribuição de um determinado *taxon* na superfície da Terra, e o biocenológico, que estuda a distribuição das biocenoses na superfície terrestre, bem como suas características e relações.

Do ponto de vista corológico, quando se busca cartografar a área de ocorrência atual de uma determinada espécie na superfície da Terra, o mapa representa o local ocupado pelo *taxon* no momento do mapeamento; considera-se, portanto, a referida área de distribuição como sendo algo estático. Todavia, a distribuição das diferentes espécies animais e vegetais na superfície da Terra apresenta uma grande variação no tempo e no espaço, refletindo sempre a história de busca dessas espécies pelas condições mais adequadas para viver e se reproduzir (Fig. 2.21). Quando as condições ambientais, como clima, solo, disponibilidade de alimento, baixa competição e ausência de doenças e predadores, são favoráveis, a área de ocorrência do *taxon* tende a assumir uma *dinâmica progressiva*, expandindo sua área original.

Quando as condições ambientais são desfavoráveis, a área de ocorrência tende a sofrer uma *dinâmica regressiva*, com uma retração da sua área original. Após essa retração, o *taxon* pode tanto desaparecer, especialmente quando suas características passam a ser superadas por outros *taxa* concorrentes mais bem adaptados, quanto se manter em refúgios ecológicos, quando, durante o processo de retração, a área de ocorrência se fragmenta e algumas "ilhas" de condições ambientais favoráveis mantêm a continuidade do *taxon* em áreas limitadas.

Quando em refúgio, ou no caso de a área de ocorrência ser delimitada por fronteiras bem definidas, além das quais as condições de sobrevivência são muito pequenas, o *taxon* pode manter uma *dinâmica de equilíbrio* durante muito tempo, apresentando apenas algumas flutuações menores (pequenas mudanças no tamanho da área em períodos de anos ou décadas), chamadas de pulsações da área de ocorrência, relacionadas com variabilidades climáticas de curto prazo.

(Fig. 2.25). De acordo com as faixas latitudinais a que se restringem, os *taxa* circumterrestres podem ser classificados como:

RuM (Wikimedia)

Fig. 2.24 *As áreas mais escuras do mapa representam a distribuição cosmopolita da baleia orca* (Orcinus orca)*, um predador do topo da cadeia alimentar oceânica, mas que é uma espécie em perigo de extinção por causa da pesca predatória*

- *Circumboreais* ou *circumpolares:* quando a ocorrência do *taxon* aparece limitada pelo Círculo Polar Ártico, como ocorre com a lebre-ártica *(Lepus timidus)*, o urso-polar *(Thalarctos maritimus)* e a rena *(Rangifer tarandus)*.
- *Circumtemperados do Hemisfério Norte:* quando a área de ocorrência do *taxon* aparece limitada entre o Círculo Polar Ártico e o Trópico de Câncer. Nesse caso, ocorrem poucos *taxa* em nível de espécie. São exemplos o lobo *(Canis lupus)* e algumas espécies de conífera.
- *Circumtropicais* ou *pantropicais:* quando a área de ocorrência do *taxon* aparece limitada entre os dois trópicos, sendo um tipo de classe bem mais comum entre as espécies vegetais. São exemplos a dormideira ou sensitiva *(Mimosa pudica)*, a dama-da-noite *(Cestrum nocturnum)* e a filigrana *(Lantana camara)*. Em nível de família, aparece a família das palmáceas.
- *Circumtemperados do Hemisfério Sul* ou *circum-austrais:* quando a área de ocorrência do *taxon* situa-se ao sul do Trópico de Capricórnio. Essas áreas apresentam-se normalmente bastante fragmentadas devido às descontinuidades dos continentes. São exemplos desse tipo de *taxon* o pinguim-imperador *(Aptenodytes forsteri)* e o *krill-antártico (Euphausia superba)*.

três

Padrões de extinção e conservação da biodiversidade

A variedade e a variabilidade existentes entre os organismos vivos e a trama ecológica na qual esses organismos ocorrem representam o que se chama de biodiversidade (Wilson, 1997), que constitui um dos elementos-chave para estruturar a compreensão biogeográfica acerca das variações e potenciais paisagísticos na superfície da Terra.

Como regra geral, quando se fala em biodiversidade, fala-se em três dimensões ou escalas diferentes de diversidade de organismos vivos. É denominada *biodiversidade alfa* a diversidade de organismos existentes dentro de um mesmo *habitat*, a qual dependerá do número de nichos que ele encerra, isto é, da diversidade estrutural e de recursos que existem dentro do *habitat* para sustentar um maior número de espécies sem aumentar excessivamente a disputa entre elas por alimento ou condições de sobrevivência (ver o Cap. 4). A diversidade de *habitat* existentes em determinada região, expressando a possibilidade de complementaridade ecológica encontrada dentro da paisagem, é chamada de *biodiversidade beta*. Por fim, a diversidade de paisagens existentes dentro de um determinado território é denominada *biodiversidade gama*.

Como visto no capítulo anterior, a evolução da vida corresponde a um complexo processo de adaptação às mudanças ambientais, sendo que os organismos também interferem nessas mudanças, em um processo

Há, contudo, uma última questão que precisa ser analisada, que é a de todas as áreas naturais do planeta que não estão incluídas dentro de um *hotspot*. A identificação de 34 áreas vulneráveis a perdas significativas de biodiversidade denominadas *hotspots* revela uma estratégia conservacionista muito mais preocupada com a manutenção de um estoque genético concentrado em uma área total que corresponde a menos de 2% da superfície do planeta do que propriamente com a manutenção de um equilíbrio sustentável na relação sociedade-natureza nos 98% restantes.

Certamente que a adoção de prioridades de conservação encerra alguns aspectos positivos no sentido de conter as taxas mais elevadas de transformação dos ecossistemas naturais, mas também aprofunda o distanciamento da sociedade em relação às melhores estratégias de conservação da natureza, pois: a) não estabelece nenhuma prioridade de valorização para as demais áreas do planeta onde a interação sociedade-natureza tem obtido os melhores resultados em termos de preservação ao longo da história, e b) assume que a diversidade genética prevalece sobre as demais formas de diversidade, hierarquizando as regiões segundo seu estoque de recursos e não segundo suas potencialidades de desenvolvimento sustentável.

Isso evidencia um imenso paradoxo da conservação, já que grandes empresas multinacionais dos ramos de mineração, farmacêutico e alimentício investem consideráveis somas de recursos em prol da manutenção da diversidade natural do planeta ao mesmo tempo que a maior parte de seus ganhos vem justamente da homogeneidade de uma produção globalizada e da consequente destruição da diversidade dos patrimônios ecológicos e culturais em que essa produção se instala. Gudynas (2002, p. 198) chama a atenção justamente para o fato de que "[...] se tem usado a desculpa da baixa biodiversidade em certos ecossistemas para justificar empreendimentos de alto impacto ambiental".

3.2 Introdução de espécies exóticas e impactos ambientais

De todos os impactos antrópicos que ameaçam a preservação da biodiversidade no mundo atual, a introdução de espécies exóticas é considerada o segundo mais grave, atrás apenas da perda de *habitat*. Estima-se que, desde que se intensificaram as grandes navegações, no século XVII, a introdução de espécies exóticas tenha sido responsável por 40% das extinções de espécies conhecidas.

No período colonial, o transporte de plantas, animais e micro-organismos do Velho Mundo para o Novo Mundo representava não apenas uma expansão

Boxe 3.2 O IMPACTO ECOLÓGICO DAS ESTRADAS

Mais de 200 milhões de animais silvestres por ano perdem a sua vida em atropelamentos nas estradas brasileiras. Esse número pode estar subestimado e tende a aumentar cada vez mais à medida que o avanço da fronteira agrícola e o consequente desmatamento vão produzindo fragmentação e perda de *habitat* cada vez maiores. Para se ter uma ideia da magnitude desse problema, somente nos 10 km da BR-471 que cortam a Estação Ecológica do Taim, no sul do Rio Grande do Sul, 1.063 animais foram mortos entre abril de 2010 e junho de 2012.

Essa enorme tragédia ecológica é ainda mais preocupante quando se reconhece a pouca cobertura dos meios de comunicação para essa questão. Embora a maior parte dos animais atropelados seja de pequeno porte, como sapos, cobras, pequenas aves e roedores, animais de médio e grande porte ameaçados de extinção completam a lista de atropelamentos, como o tamanduá-mirim, o puma, o lobo-guará e os felinos em geral. Além deles, outros conhecidos animais silvestres da fauna brasileira, como a capivara, o gambá e os cachorros-do-mato, também são frequentes na lista de atropelamentos.

Medidas simples, como a instalação de telas protetoras ou a construção de túneis de fauna nos locais de maior concentração de animais, podem reduzir esses índices de atropelamento em mais de 70%, mas isso requer a necessidade de mais pesquisas e a existência de uma política pública de redução dos impactos ambientais da malha viária.

Fonte: baseado em uma reportagem de 26 de dezembro de 2012 do jornal Hoje em Dia.

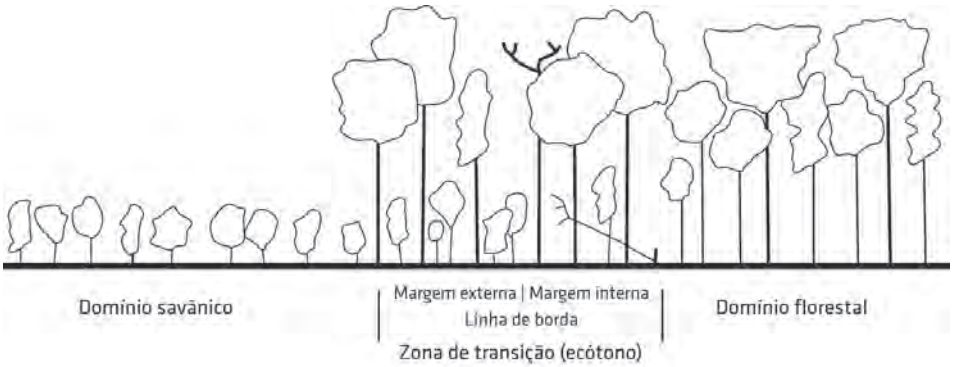


Fig. 3.11 *Representação da zona de transição (borda) entre dois domínios distintos*
Fonte: adaptado de Kotar (s.d.).

No caso dos ambientes florestais, a influência do efeito de borda é ainda mais evidente, uma vez que, quando uma floresta é fragmentada, o aumento da circulação do vento, a redução da umidade e a elevação da temperatura nas bordas aumentam a vulnerabilidade dos fragmentos à invasão de espécies exóti-

Como decorrência do emprego da teoria de metapopulações, incorporam-se cada vez mais no planejamento conservacionista os *corredores biológicos*, que permitem a religação de fragmentos anteriormente isolados.

3.4.2 O uso dos corredores biológicos no planejamento conservacionista

Estudar a transformação da matriz na qual os fragmentos da paisagem residual estão inseridos é de fundamental importância para entender o grau de conectividade que essa matriz permite entre os fragmentos (Franklin, 1993). Uma matriz menos contrastante tende a permitir uma maior conectividade (movimentação de espécies) dentro da paisagem, reduzindo as chances de ocorrência de extinção e aumentando as possibilidades de migração entre os fragmentos conectados.

Os corredores de *habitat*, ou seja, as faixas de paisagens protegidas com integridade ecossistêmica que unem os fragmentos (Simberloff, 1998), têm sido um instrumento cada vez mais utilizado para aumentar o grau de conectividade em paisagens muito fragmentadas. Formados por *habitat* naturais ou seminaturais, esses corredores têm a finalidade de produzir uma religação entre remanescentes naturais, facilitando a dispersão de espécies animais e vegetais. Seu uso contribui para a preservação de animais não sedentários, cuja preservação dentro de unidades de conservação tradicionais é algo sempre bastante complexo, já que essas espécies tendem a migrar sazonalmente em busca de alimento ou por motivos reprodutivos.

Também chamados de corredores ecológicos e de corredores de *habitat*, de conservação e de movimento, eles podem ocorrer como feições naturais do ambiente, como no caso das matas ripárias, ou ser artificialmente construídos pelo homem, com o objetivo explícito da conservação (Cândido Jr., 1993). Muitas vantagens podem ser atribuídas ao seu uso:

- O aumento da taxa de imigração entre os remanescentes permite um maior equilíbrio da metapopulação, o que diminui o risco de extinção regional das espécies.
- É aberta a possibilidade de recolonização de algumas áreas por espécies que já estavam localmente extintas.
- Diminui-se a possibilidade de ocorrência de depressões endogênicas, uma vez que diferentes subpopulações são colocadas em contato, permitindo o fluxo gênico por meio do cruzamento entre indivíduos não aparentados. Chama-se de depressão endogênica a perda de vigor

quatro

A DINÂMICA ATUAL DAS POPULAÇÕES NOS ECOSSISTEMAS

4.1 O FLUXO DE ENERGIA E OS CICLOS DE NUTRIENTES NA BIOSFERA

A BIOSFERA, ou esfera da vida, corresponde àquela esfera da superfície terrestre em que os organismos vivos (cobertura vegetal e mundo animal) desenvolvem seu processo coevolutivo em interação com a base física da paisagem. Na prática, representa o conjunto de todos os domínios habitáveis do planeta Terra, onde a vida, inclusive a humana, desenvolve-se.

É possível afirmar que a biosfera corresponde a uma camada de vida ocupada de forma contínua, já que até nas regiões mais áridas do planeta é possível encontrar alguma forma de vida. O que ocorre, na verdade, é apenas uma diferença de densidade da vida, mais abundante nas áreas terrestres de clima quente e úmido e rareando em direção às zonas polares ou áridas.

O desenvolvimento da vida na superfície terrestre depende fundamentalmente da existência de uma fonte de energia, que é o Sol. Dos 1.350 W/m^2/h, em média, que atingem o topo da atmosfera, apenas 168 W/m^2/h (é feita referência, aqui, somente à energia) alcançam diretamente o solo, por causa da interferência de outros fenômenos atmosféricos, como nebulosidade, poeira e difusão (Fig. 4.1). Se essa energia pudesse ser totalmente captada e armazenada, uma casa de 100 m^2 com telhado de painéis fotovoltaicos poderia gerar, por hora, 16.800 W

que o utilizam para formar compostos orgânicos essenciais ao seu crescimento, fazendo com que esse íon passe de fosfato inorgânico para orgânico.

FIG. 4.10 *Esquema do ciclo do fósforo na biosfera*
Fonte: adaptado de Plantier (s.d.).

Por meio da cadeia alimentar, os animais absorvem o fosfato, que é reincorporado ao ecossistema após a morte deles ou como decorrência das suas excreções. As aves marinhas, por exemplo, desempenham um importante papel na manutenção do ciclo do fósforo, pois são consumidoras de peixes marinhos e, ao excretarem as suas fezes (guano) no solo, trazem o fosfato novamente ao meio terrestre.

Acumulado ao longo do litoral peruano e usado desde longa data como adubo orgânico, o guano corre o risco hoje de ser exaurido devido à exploração econômica intensa. Guardas armados defendem esses excrementos de pássaros, uma das grandes riquezas do Peru. Pode-se ler mais sobre esse conflito em Romero (2008).

4.2 ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DOS ECOSSISTEMAS

A evolução temporal de uma comunidade vegetal gera diferentes *sucessões*, que correspondem à estrutura biótica derivada da ocupação do espaço por um conjunto de espécies diretamente vinculadas às condições ambientais reinantes no momento.

Vejam-se, por exemplo, as diferentes fases por que passa um ecossistema desde a ocupação da rocha até o desenvolvimento de um sistema mais maduro. Uma sucessão vegetal começa com uma *vegetação pioneira* (ou *ecese*), heliófila e pouco exigente quanto ao substrato, especialmente liquens e outros organismos resistentes. A atividade metabólica dos liquens vai lentamente modificando as condições iniciais da região devido à produção de ácidos orgânicos que auxiliam na intemperização da rocha, formando as primeiras camadas de solo. Com a morte dos primeiros indivíduos, desenvolve-se uma produção inicial de matéria orgânica, e novas espécies, mais exigentes, começam a se instalar, representando sucessivos estágios intermediários ou *seres*.

Quadro 4.2 Principais características das fases de sucessão

Atributos do ecossistema	Nos estágios iniciais de desenvolvimento	No clímax
Tamanho dos indivíduos	Pequeno	Predominantemente grande
Ciclo de vida	Curto/simples	Longo/complexo
Crescimento	Rápido, com alta mortalidade	Lento, com maior capacidade de sobrevivência competitiva
Flutuações	Mais pronunciadas	Menos pronunciadas
Estratificação	Pouca	Muita
Diversidade de espécies (riqueza)	Baixa	Alta
Matéria orgânica total	Pouca	Muita
Cadeia alimentar	Linear (simples)	Em rede (complexa)
Ciclo de minerais	Aberto (grandes perdas erosivas)	Fechado
Troca de nutrientes entre organismos e ambiente	Rápida	Lenta

Fonte: adaptado de Sucessão... (s.d.).

Esse conjunto de questões define a localização exata da espécie dentro do ecossistema. É como se o *habitat* dissesse em que hotel é feita a hospedagem, enquanto o nicho define as condições do quarto utilizado nesse hotel. Obviamente que dois clientes que não se conhecem não podem ser enviados ao mesmo quarto. Desse modo, há que se ter sempre um equilíbrio entre o número de quartos disponíveis e o número de hóspedes (biodiversidade alfa – ver o Cap. 3) a fim de evitar que a disputa pelo quarto (competição) prejudique ambos.

Da mesma forma, sempre que um hóspede abandona o hotel (extinção local da espécie), o seu quarto (nicho vago) passa a ser ocupado por um novo hóspede (recolonização do nicho por indivíduos da mesma espécie vindos de outro local ou mesmo por indivíduos de outra espécie com funcionalidades semelhantes).

Quanto mais uma formação vegetal avança em direção a uma condição de clímax, mais diversificada vai ficando sua estrutura, já que novos nichos vão sendo criados, impulsionando o aumento da biodiversidade alfa. Em alguns casos, impactos de pequena magnitude que estejam já de certa forma ligados à dinâmica natural do ecossistema (abertura de clareiras por quedas de árvores mortas, incêndios espontâneos, movimentos de massa, entre outros) também contribuem para aumentar a sua complexidade, uma vez que abrem nichos temporários para espécies colonizadoras que ali não poderiam sobreviver se não fossem esses impactos, que alteram a estrutura ecossistêmica de forma pontual no espaço e no tempo.

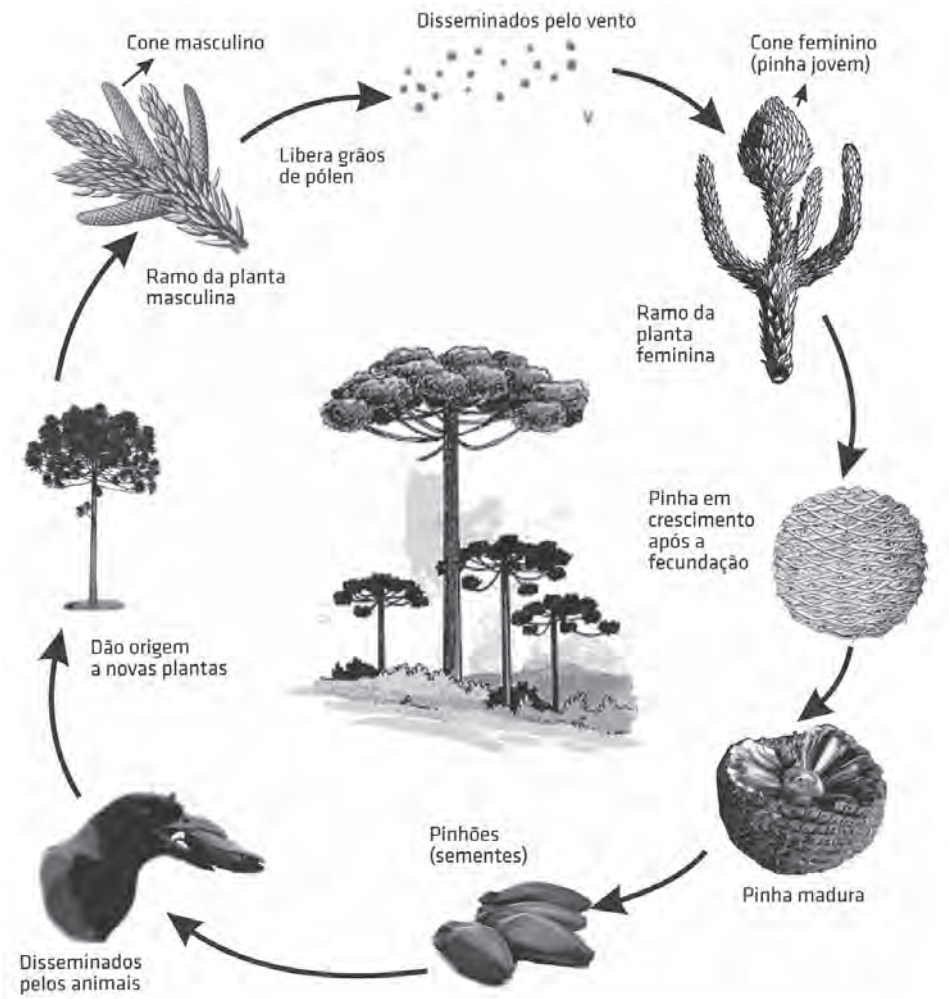


Fig. 4.17 *Ciclo reprodutivo da araucária, desde a polinização pelas plantas masculinas até a germinação das sementes (pinhões)*

Fonte: adaptado de Teixeira e Linsker (2010).

Por mais que as lendas atribuam à gralha-azul *(Cyanocorax caeruleus)* a dispersão da araucária, diversos animais fazem a dispersão das sementes dos pinheiros, sobretudo aves (papagaios, maritacas e maracanãs), roedores (cutias, preás, ouriços e pacas) e macacos. Esses animais colhem pinhões para sua alimentação e os carregam para longe da planta matriz, muitas vezes deixando cair alguns pinhões ao solo, que, diante das condições necessárias de umidade, germinam e dão origem a uma nova planta.

para sobreviver dentro de um espectro ambiental muito mais amplo, mesmo que com menor eficiência. Considerando as tendências em curso de alteração de parâmetros climáticos nas próximas décadas em razão do aquecimento da atmosfera, espera-se não apenas que as espécies generalistas ocupem uma área ainda maior do que a que atualmente ocupam, mas também que muitas espécies especialistas modifiquem espacialmente as suas zonas ótimas de ocorrência.

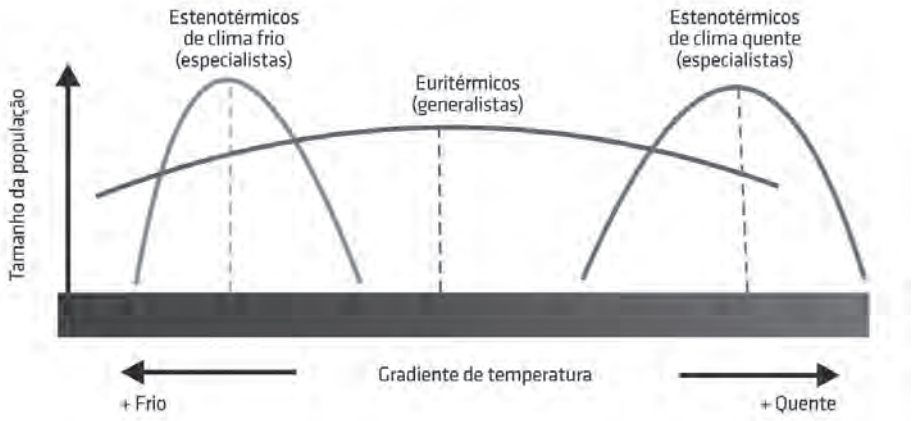


Fig. 4.19 *Gráfico esquemático comparando a amplitude ecológica entre três espécies diferentes no que se refere à temperatura. Perceba-se que, em condições de temperatura muito baixa e muito alta, as espécies especialistas A e C, respectivamente, são superiores em termos de desenvolvimento da população e, portanto, têm maior capacidade competitiva. Fora desses parâmetros, no entanto, a espécie B apresenta capacidade muito maior de sobrevivência e disseminação no território em razão do seu perfil generalista*

Fonte: adaptado de Barnagaud et al. (2012).

Potencial evolutivo

Já que a amplitude ecológica de uma espécie responde por um diferencial competitivo em termos de disputa de território, a capacidade de uma espécie em produzir mecanismos de adaptação às variações ambientais fora da sua zona ótima, alterando a sua amplitude ecológica inicial, pode ser visto como um mecanismo de compensação no processo de seleção natural.

Pode-se destacar três processos distintos de adaptação que derivam do potencial evolutivo de uma espécie: os *ecótipos*, as *mutações* e as *hibridações*. O primeiro processo representa a possibilidade de indivíduos da mesma espécie se adaptarem a condições ecológicas diferentes, apresentando modificações na sua estrutura física e/ou na sua fisiologia, o que é conhecido como *plasticidade fenotípica*. Um exemplo bastante conhecido em relação a isso se refere às mudanças sazonais da coloração do pelo de animais árticos. A duração do fotoperíodo,

a ser classificadas como *halófitas*, como é o caso de boa parte das espécies que compõem os ecossistemas de restingas e manguezais. Os organismos vivos podem ainda ser classificados em *eurialinos*, que suportam grandes variações de salinidade, como o salmão *(Salmo salar)*, a enguia e a tainha *(Mugil brasiliensis)*, os quais, em razão dessa capacidade, podem habitar tanto ambientes litorâneos quanto estuarinos, e *estenoalinos*, que não suportam grandes variações de salinidade, nos quais se inclui a maioria dos peixes.

Boxe 4.2 Após 2.000 anos no deserto, semente germina normalmente

Há cerca de 2.000 anos, a costa ocidental do Mar Morto, atualmente ocupada pelo Estado de Israel, era uma região de próspera produção de tâmaras, principal produto de exportação dessa região e que tinha a fama de possuir poderes medicinais. Posteriormente, ciclos sucessivos de secas, associados às perdas produzidas pelas guerras, fizeram com que essa área perdesse completamente a sua capacidade produtiva. Já durante a Idade Média, o relato dos Cruzados era de que as tamareiras haviam desaparecido daquela região.

Escavações arqueológicas realizadas em 1963 naquela área, próxima à antiga fortaleza construída pelo rei Herodes, encontraram um conjunto de sementes de tamareira, que foram conservadas em temperatura ambiente para estudos posteriores. Em 2007, pesquisadores do Centro de Medicina Natural Louis L. Borick, de Israel, selecionaram três dessas sementes para estudo. Duas delas acabaram sendo destruídas para proceder à datação com isótopos de carbono, e identificou-se que as sementes possuíam idade aproximada entre 2.110 e 1.995 anos, portanto condizente com o período áureo de produção de tâmaras na Judeia. A terceira semente foi plantada pela equipe de pesquisadores e germinou depois de oito semanas, transformando-se em uma planta semelhante às atuais tamareiras. Depois de 15 meses de crescimento, a planta, apelidada pelos cientistas de Matusalém, em homenagem ao personagem bíblico que teria vivido mais de 900 anos, teve os vestígios da sua semente extraídos das raízes para a realização de datação, que confirmou tratar-se de uma semente com a mesma idade das anteriores.

As condições do deserto, quente e seco, foram certamente favoráveis à preservação das sementes, mantendo intacta a sua capacidade germinativa. Anteriormente a essa pesquisa, a semente mais antiga conhecida com capacidade de germinar foi a de uma flor-de-lótus com 1.300 anos de idade.

Os cientistas agora buscam identificar se a tamareira corresponde a uma espécie ou variedade já extinta em Israel, o que abre a possibilidade para a sua reintrodução, especialmente no cruzamento com as espécies atuais, buscando criar novas variedades que tirem partido das informações genéticas da velha espécie, como a resistência a secas ou a determinadas doenças.

Fonte: baseado em Semente... (2008).

um semicírculo na água, batem fortemente as asas e atraem os peixes para o raso, onde são facilmente capturados.

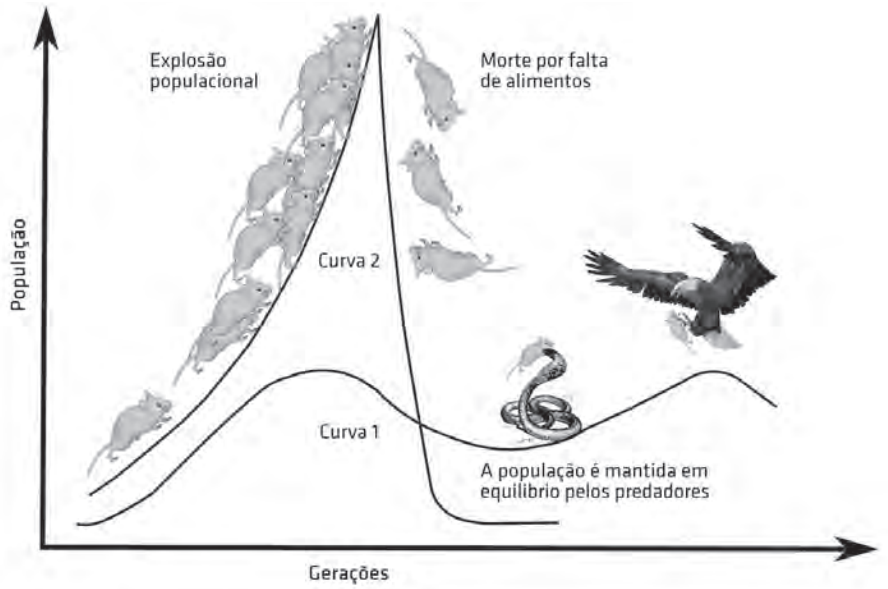


Fig. 4.24 *Gráfico demonstrando duas tendências de crescimento populacional distintas. Na curva 1, o controle presa-predador garante uma flutuação populacional mais equilibrada, dentro do que se convencionou chamar de curva em S. Já na curva 2, a ausência de predadores e a oferta excessiva de alimentos leva a uma explosão populacional, com proporcional aceleração da mortalidade assim que se atinge o limite dos recursos disponíveis, configurando uma curva em J*

Da mesma forma que os predadores desenvolveram evolutivamente atitudes comportamentais e estruturas destinadas à predação, as presas também desenvolveram mecanismos para evitar a predação, dos quais se destacam com maior importância o padrão críptico, a coloração de advertência e o mimetismo.

4.4.1 Padrão críptico

Corresponde a uma estratégia desenvolvida por espécies palatáveis para criar uma estrutura de camuflagem que permita ao indivíduo se misturar com as cores e os padrões do fundo e, assim, diminuir as chances de ser identificado pelo predador. Um exemplo bastante conhecido é o chamado bicho-do-pau, uma designação genérica para um grande número de espécies de insetos que assumem as características das árvores onde vivem. Não menos conhecida é a capacidade das cerca de 80 espécies de camaleão de alterar a sua cor para se camuflarem com o fundo diante do perigo. Além

cinco

Elementos de Biogeografia Cultural

A maior parte das pessoas não teria problemas em concordar que os seres humanos representam a maior força de transformação da natureza que já se desenvolveu sobre este planeta, especialmente a partir do início da era moderna, com o advento da Revolução Industrial. Imbuído de uma racionalidade capaz de compreender a natureza exclusivamente como fonte de recursos para as mais diferentes atividades, o homem tem sido o responsável pela deflagração da sexta extinção em massa do planeta (Oso, 2008), por considerar-se que o ritmo atual de desaparecimento de espécies animais e vegetais é equiparável às cinco grandes extinções que ocorreram ao longo da história da Terra.

Como visto anteriormente, a primeira grande extinção em massa de que se tem notícia ocorreu no Cambriano, aproximadamente 550 milhões de anos atrás, devido a uma forte redução do nível do mar que culminou na extinção de uma grande quantidade de espécies de águas rasas, entre as quais as trilobitas. A segunda aconteceu no Ordoviciano (440 m.a.a.), em razão de uma forte glaciação que reduziu significativamente os níveis dos mares e levou ao desaparecimento de muitas espécies de invertebrados marinhos. A terceira teve lugar no Devoniano (365 m.a.a.), em decorrência de um grande aquecimento da atmosfera planetária seguido de rápida glaciação, afetando significativamente o nível de

Ao mesmo tempo, isso acarretou um predomínio desse sentido sobre todos os outros, levando a um característico achatamento da face como consequência da redução das mucosas olfativas.

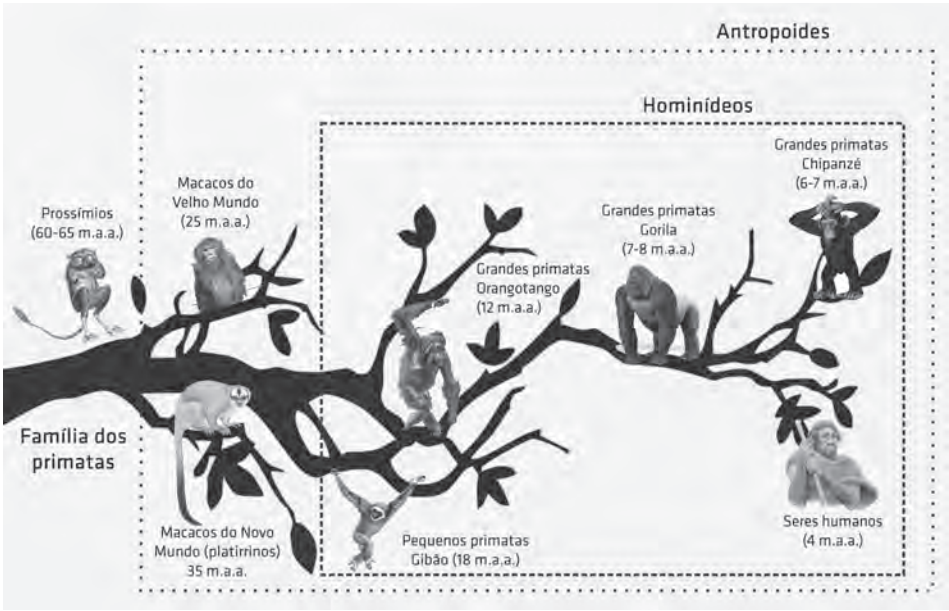


Fig. 5.2 *Esquema de evolução da família dos primatas, que se desenvolveu nos últimos 65 milhões de anos, após a extinção dos dinossauros*

Fonte: adaptado de Campbell (s.d.).

Entre 10 e 15 milhões de anos atrás, um novo ciclo glacial provocou uma estiagem nas florestas africanas que se prolongou por milhões de anos. Os pântanos se retraíram, os solos secaram, os lagos desapareceram e essas grandiosas florestas, até então duas vezes maiores do que a atual Amazônia, reduziram-se a pequenos refúgios separados por savanas (Weisman, 2007).

Essa situação tornou a vida na floresta muito mais difícil para os grandes primatas (hominídeos), uma vez que os fragmentos de floresta que restaram já não eram mais suficientes para garantir a alimentação de todas as espécies e, diante da competição, aqueles de menor porte tendiam a levar vantagem, seja pela maior agilidade na caça e coleta, seja pelas menores quantias de alimento de que necessitavam. Assim, restava aos grandes primatas tentar a sorte nas até então desconhecidas áreas abertas das savanas.

Dessa passagem da floresta para as savanas que os *Australopithecus*, ancestrais dos seres humanos, enfrentaram, decorrem duas importantes

A lista de espécies introduzidas pelos portugueses como parte da sua estratégia de domínio e controle territorial inclui o dendezeiro *(Elaeis guineensis)*, o inhame (diversas espécies dos gêneros *Alocasia*, *Colocasia* e *Dioscorea*), o café *(Coffea arabica)*, o gengibre *(Zingiber officinale)*, a jaqueira *(Artocarpus heterophyllus)*, a mangueira (*Mangifera indica* L.), o açafrão *(Crocus sativus)*, a pimenta-do-reino *(Piper nigrum)*, a canela *(Cinnamomum zeylanicum)*, a fruta-pão *(Artocarpus incisa)* e o capim-colonião *(Panium maximum)*, entre outras.

5.3 Da seleção artificial à produção artificial de novas espécies: a ampliação das fronteiras da natureza

Até aqui se analisaram dois importantes momentos da relação dos seres humanos com as espécies vivas, sejam elas animais ou vegetais: um primeiro momento em que os homens adquiriam seus alimentos diretamente na natureza, por meio da caça e da coleta de espécies selvagens, e um segundo momento em que os homens passaram a produzir o seu próprio alimento, plantando e/ou criando espécies resultantes de aperfeiçoamentos genéticos produzidos pelo processo continuado de domesticação.

Nenhuma dessas situações deixaram de acontecer até os dias atuais. Tribos de caçadores-coletores continuam a existir em diferentes partes do mundo, como os Penam, os Caian, os Queniá e os Punam, no sudeste asiático, os Soliga, na Índia, os Khoisan, no sudoeste da África, os Hadza, na Tanzânia, os Kung, no deserto do Kalahari, ou mesmo os esquimós, no Alasca, Canadá e Groenlândia. No Brasil, os Awá-Guajá, da família linguística tupi-guarani, vivem na pré-Amazônia brasileira e constituem um dos últimos povos caçadores e coletores do Brasil, tendo sido contatados pela Fundação Nacional do Índio (Funai) apenas em 1973.

Os povos tradicionais do sudeste asiático mencionados dependem exclusivamente da floresta, e 223 tipos básicos de plantas são aproveitados regularmente. Os alimentos mais importantes são cogumelos, samambaias, fetos e o miolo de várias plantas, entre as quais o broto de bambu, palmeiras silvestres e bananas. Os Queniá consomem 25 variedades diferentes de fungos extraídos da floresta.

Domesticações e melhoramentos raciais por seleção artificial também são práticas bastante usuais em uma economia que busca cada vez mais o aperfeiçoamento da produtividade, ainda que muitas raças e variedades desenvolvidas ao longo de séculos e consideradas verdadeiros patrimônios culturais (Fig. 5.12) corram o risco de desaparecer em razão das tentativas de padronização associadas ao mercado global.

não previsíveis, como o aparecimento de pragas secundárias. No caso do milho, o foco principal sempre foi o controle da lagarta. Como esses predadores passaram a ser controlados nas variedades transgênicas, as doenças fúngicas passaram a ser motivo de preocupação, o que leva a supor que esteja ocorrendo um aumento progressivo no uso de fungicidas no cultivo do milho.

- *Morte de outros insetos e polinizadores*. Algumas espécies transgênicas podem conter parte do DNA de vírus ou bactérias capazes de causar danos não apenas ao predador desejado, mas a uma ampla gama de outros insetos úteis. Esse é o caso do milho Bt, com genes do *Bacillus thuringiensis*, uma bactéria presente no solo capaz de produzir proteínas com efeito inseticida e por esse motivo usada durante muitos anos na fabricação de inseticidas biológicos. Ao incorporar parte da informação genética dessa bactéria em sua composição, o milho transgênico passa a produzir essas proteínas tóxicas que eliminam não só a lagarta do milho, mas também borboletas, mariposas, besouros e escaravelhos.

Questões como essas justificam o alerta feito pelo Ministério do Meio Ambiente brasileiro (Riscos, s.d.) sobre os riscos inerentes ao consumo de produtos transgênicos e as suas implicações em termos de biosegurança e devem fazer com que se redobre a precaução quanto à adoção indiscriminada da biotecnologia.

5.4 Mecanismos biogeográficos em agroecossistemas

Os seres humanos não apenas criam e transformam espécies, mas também são responsáveis pela sua (re)organização espacial dentro dos chamados agroecossistemas, que podem ser caracterizados como ecossistemas artificializados submetidos pelo homem a contínuas modificações de seus componentes bióticos e abióticos a fim de obter deles diferentes tipos de recursos e serviços. Essas modificações afetam praticamente todos os processos que se têm discutido até aqui, desde o comportamento dos organismos vegetais e animais quanto à dinâmica das populações e à composição das comunidades até a forma como se comportam os fluxos de matéria e energia dentro do sistema.

Como corresponde a um processo gerador de mudanças muito profundas, pode-se afirmar que a criação de agroecossistemas corresponde ao maior impacto da atividade humana sobre a biosfera em termos de extensão, já que mais da metade da superfície continental do planeta tem sido destinada para

Mais do que um sistema natural a ser preservado, essa concepção agroecossistêmica de sustentabilidade vê na floresta um sistema a ser utilizado, pois é dele que vêm o alimento, a moradia, a energia e os remédios (Fig. 5.18). Essa foi a base de formação do movimento Chipko na Índia, um movimento popular de pequenos agricultores iniciado na década de 1970 para impedir a derrubada das florestas ao norte do país.

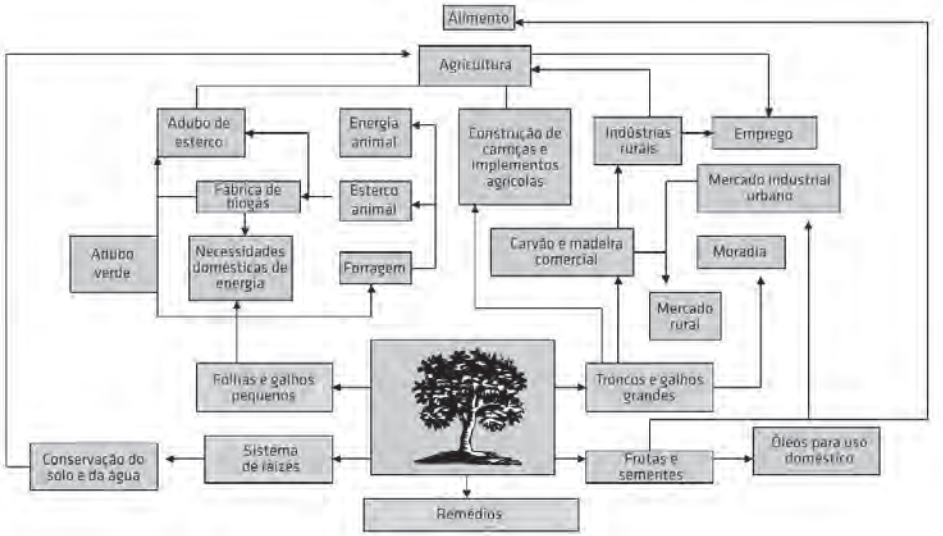


Fig. 5.18 *Esquema que representa a contribuição das espécies arbóreas tradicionais do ecossistema florestal indiano para os sistemas de sustentação da vida rural em comunidades de pequenos agricultores*

Fonte: Shiva (2003).

De outro lado, observa-se uma concepção completamente distinta, baseada na racionalidade econômica do lucro e, portanto, focada apenas na elevação da produtividade final da monocultura a ser comercializada. Tendo como base o uso intensivo de insumos, a especialização do manejo, o combate à diversidade e a utilização massiva da mecanização e da biotecnologia, essa concepção de agroecossistema vê a natureza exclusivamente como um substrato para o processo produtivo, cujos limites de produção não são dados pelo funcionamento da estrutura ecológica do sistema, mas pela garantia dos insumos externos que elevam artificialmente os níveis de produtividade e colocam o sistema ecológico em completa dependência da ação humana.

Uma dos caminhos que se pode investigar como alternativa a esse modelo insustentável que, seja na produção de alimentos, seja na produção florestal,

promovidas pelo modelo do agronegócio (para mais informações, consultar Conheça..., 2013).

5.5 O papel da Biogeografia no planejamento das paisagens urbanas

As áreas urbanas representam ecossistemas artificializados em que diferentes escalas de espaço e tempo precisam interagir no sentido da compreensão de uma realidade que é temporalmente dinâmica e espacialmente fragmentada. Nessas áreas, a estabilidade do sistema ambiental é comprometida por um alto grau de entropia intrínseca, cuja origem, é preciso reconhecer, está profundamente ligada ao conjunto das dinâmicas socioambientais (Fig. 5.21), o que confere a esses sistemas um dos mais altos graus de complexidade no âmbito dos espaços apropriados pelo homem.

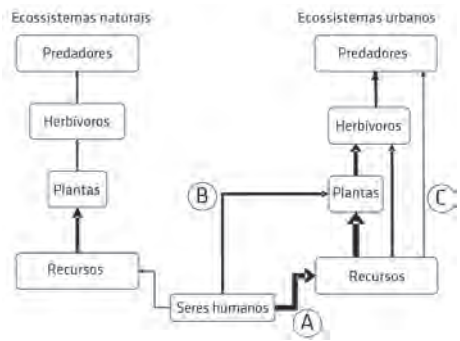


Fig. 5.21 *Modelo genérico da dinâmica trófica em ecossistemas naturais e urbanos. Os seres humanos alteram ambos os sistemas, mas em ambientes urbanos as influências humanas são mais profundas e incluem: (A) a introdução externa de recursos como água e fertilizantes e (B) o controle direto da diversidade de espécies de plantas e da produtividade primária, levando a fortes controles nos níveis superiores da cadeia. (C) Os seres humanos também fornecem diretamente os recursos para os herbívoros e predadores, quer por meio da alimentação intencional, quer como consequência não intencional de outras atividades, como geração de resíduos, plantação de hortas e jardins ou criação de animais domésticos, o que leva a um maior controle dos níveis superiores sobre os inferiores em alguns* taxa

Fonte: Warren et al. (2006).

Quando é feita referência à complexidade dos ecossistemas urbanos, insiste-se no fato de ser simplista e equivocada a visão de que as áreas urbanas representam apenas sistemas artificializados e empobrecidos de vida pelo impacto humano. A interferência humana em termos de mudança na regulação dos fluxos de matéria e energia, seja pela introdução de fluxos inexistentes em ecossistemas naturais, seja pela ampliação, redução ou mesmo extinção de outros, demonstra que os ecossistemas urbanos possuem importância e complexidade próprias, como ecossistemas híbridos que ainda precisam ser muito bem estudados e conhecidos (Fig. 5.22).

Aprender a manejar essa natureza artificializada torna-se uma

Na abordagem biogeográfica das áreas urbanas, uma das principais questões a serem avaliadas é justamente a influência dos padrões espaciais de uso do solo, incluindo as variáveis relacionadas com a distribuição da biota, no controle dos fluxos de matéria e energia dentro desses sistemas abertos (Fig. 5.23), o que resulta em maior ou menor comprometimento das funcionalidades ecossistêmicas (Huang; Lai; Lee, 2001).

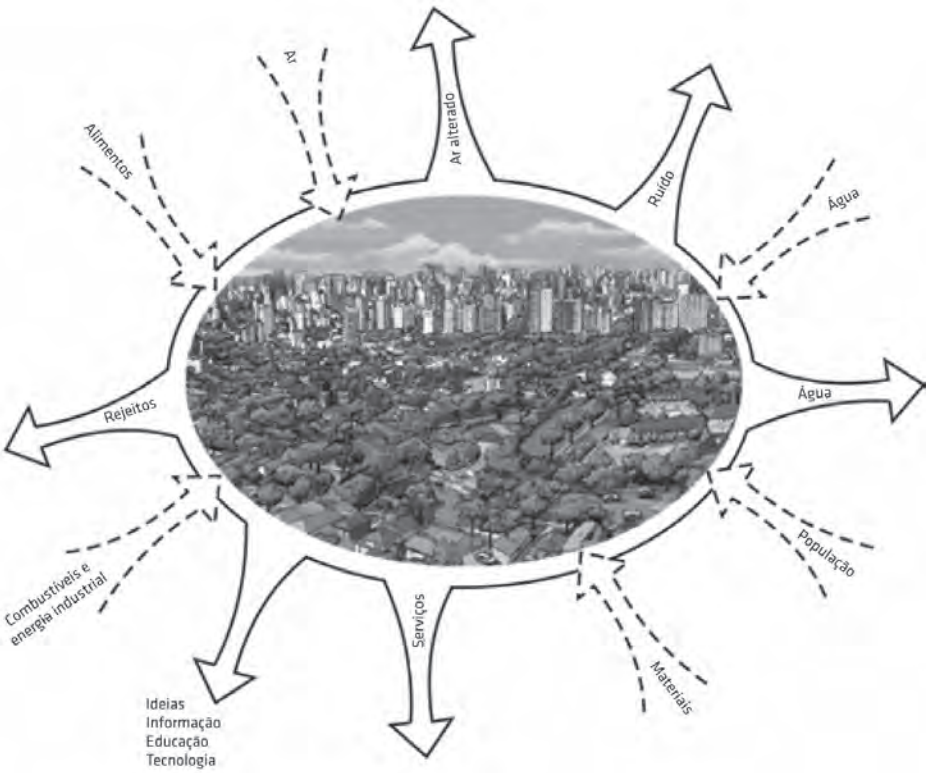


Fig. 5.23 *As cidades, na condição de sistemas abertos que trocam matéria e energia com outras áreas próximas e distantes, representam um dos tantos casos de sistemas antroponaturais longe do equilíbrio que podem ser estudados com base nos princípios da Ecologia da Paisagem, buscando compreender e manejar a estrutura de distribuição dos organismos vivos em seu interior*

Fonte: adaptado de Ribeiro (1998).

Os ambientes construídos, graças ao seu intenso metabolismo, atuam assim como grandes conversores de recursos ao receber, de longas distâncias, gigantescas quantidades de matéria e energia (incluindo organismos vivos nativos e exóticos), processá-las e, por fim, excretar resíduos que se acumulam em diferentes pontos da área urbana. Só na América Latina são geradas diariamente 436.000 t de resíduos (em média, 0,93 kg por habitante) (ONU-Habitat, 2012), e

seis

Os grandes conjuntos biogeográficos do mundo atual

6.1 Considerações iniciais acerca da espacialização da biodiversidade na superfície da Terra

Diante de todos os impactos em cadeia produzidos pela perda de espécies no planeta, já discutidos no Cap. 3, é possível considerar que, além de uma crise de extinção das espécies vivas, existe uma mais ampla, a dos biomas, considerada por alguns autores muito mais grave (Hoekstra et al., 2005), pois responde pela destruição de ambientes naturais que garantiram o surgimento e sustentam até hoje a manutenção de um número de espécies muito maior do que aquelas que estão se extinguindo. Portanto, as projeções para o espectro de extinções tendem a se ampliar grandemente quando o foco da destruição passa da escala da espécie para a escala do *habitat*.

Essa questão põe relevo a um dos conceitos mais utilizados dentro da Biogeografia, o de bioma. O termo *bioma* (do grego *bio*, vida, e *oma*, grupo) foi proposto por Clements e Shelford (1939) para designar certo tipo de formação vegetal em associação com a sua fauna própria, e subordinada a uma determinada condição climática.

A amplitude do conceito permite compreender que ele obedece especialmente aos critérios fisionômicos de classificação dos seres vivos, já que dentro de um

do ambiente semelhantes. Na prática, a diferença entre a formação vegetal e o bioma, para ele, é que este reproduz o primeiro, mas acrescentando os agrupamentos animais que têm nessa dada formação vegetal o seu *habitat*.

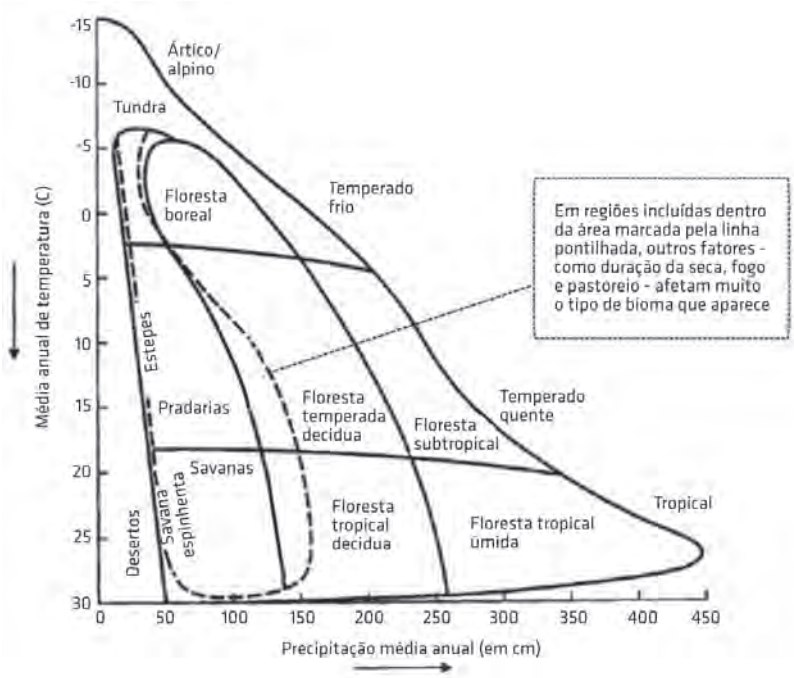


Fig. 6.2 *Diagrama de Whittaker, que representa uma simplificação do diagrama de Holdridge, em que a distribuição das formações vegetais no planeta passa a ser considerada apenas em função dos parâmetros de precipitação média anual e temperatura média anual*

Fonte: adaptado de Whittaker (1962).

As tendências da diversidade da estrutura tendem a ser seguidas de perto pelas tendências da diversidade de espécies. As biodiversidades alfa e beta (ver o início do Cap. 3) tendem sempre a diminuir à medida que as condições ambientais vão se tornando menos favoráveis, especialmente em termos de umidade disponível para a realização dos ciclos biogeoquímicos. Já em ambientes com grandes teores de umidade, as estruturas se desenvolvem e se diversificam, fazendo surgir uma ampla variedade de nichos que promovem uma ampliação progressiva das taxas de biodiversidade.

Em que pese a enorme utilização do conceito de bioma dentro da Geografia, pode-se elencar, de forma resumida, quatro principais características abran-

Seja pelos equívocos cometidos na classificação do Radambrasil (ao atribuir, por exemplo, uma formação savânica e/ou estépica aos campos do pampa sul-brasileiro), seja pela opção dos manuais escolares de continuar adotando classificações mais genéricas e simplificadas, as propostas de classificação mais detalhada de Andrade-Lima (1966) e de Veloso (1966) nunca se tornaram muito populares dentro do círculo acadêmico brasileiro, o que é realmente lamentável.

6.2 Biomas terrestres

6.2.1 Florestas tropicais e subtropicais úmidas

Esse bioma localiza-se em grandes e descontínuas manchas, principalmente dentro da zona intertropical do planeta (Fig. 6.7), embora essa floresta latifoliada de grande exuberância estrutural e rica composição também se estenda para latitudes mais altas, em áreas de baixas altitudes e grande concentração de umidade.

Delorme (Wikimedia)

Fig. 6.7 *Distribuição do bioma de florestas tropicais no planeta. Em que pese a identidade fisionômica das áreas recobertas por esse bioma, especialmente devido ao controle climático, esse conjunto de florestas envolve 50 ecorregiões globais distintas, sendo algumas delas subdivididas, na escala continental, em duas ou mais ecorregiões*

No Brasil, esse bioma compreende nada menos que 21 ecorregiões diferentes, distribuídas em dois grandes domínios, o amazônico e o atlântico, o que representa um amplo espectro estrutural e ecológico, desde as florestas mais úmidas e mais densas, classificadas como florestas ombrófilas densas, até as florestas úmidas de araucária, denominadas florestas ombrófilas mistas, representadas por formações mais abertas e que se localizam acima de 400

A segunda forma de biopirataria é igualmente criminosa e apresenta grave ameaça à preservação das florestas tropicais: o tráfico de animais, que representa hoje o terceiro maior negócio ilegal do mundo, perdendo apenas para o tráfico de drogas e de armas. Esse comércio, que movimenta aproximadamente US$ 19 bilhões por ano, só no Brasil é responsável pela movimentação de mais de US$ 700 milhões, com a retirada anual de aproximadamente 12 milhões de animais das florestas brasileiras, considerando que, para cada animal vendido, outros nove não sobrevivem. Muitos deles têm os seus dentes e garras arrancadas, outros são vendidos drogados ou embriagados ou são rodados pela cauda a todo momento até ficarem completamente desnorteados e parecerem mansos e domesticados.

6.2.2 Florestas tropicais e subtropicais estacionais

As florestas tropicais e subtropicais estacionais são encontradas no sul do México, sudeste da África, região central da Índia, Indochina, Madagascar, Nova Caledônia, leste da Bolívia, Brasil central, Caribe, vales dos Andes setentrionais e ao longo das costas do Equador e do Peru.

Embora essas florestas ocorram em climas quentes durante todo o ano, podendo receber uma grande pluviosidade anual, a chuva nesses locais é mal distribuída e as espécies precisam lidar com longos períodos de seca, que podem durar meses, dependendo da região. Essas secas sazonais têm grande impacto sobre todas as espécies que vivem nesses biomas, especialmente no controle da caducifolia, estratégia utilizada pelas plantas para reduzir a capacidade de transpiração e a perda de água.

Durante a estação de perda de folhas, a abertura do dossel permite que a luz solar atinja o nível do solo, facilitando o crescimento de um estrato herbáceo no interior da floresta. Embora menos biologicamente diversificadas do que as florestas tropicais úmidas, as florestas estacionais tropicais ainda são o lar de uma grande variedade de vida selvagem, incluindo macacos, grandes felinos, papagaios, vários tipos de roedores e pássaros, que, diferentemente do que ocorre nas florestas úmidas, encontram seu *habitat* mais próximo do solo. Muitas dessas espécies indicam adaptações extraordinárias à estação seca.

Em alguns casos, essas áreas de florestas tropicais estacionais são extremamente importantes para a conservação da biodiversidade, como na costa do Pacífico, onde o isolamento dessas manchas florestais entre a cadeia montanhosa e o oceano permitiu o aparecimento de uma grande variedade de fauna endêmica.

Uma das espécies mais características desse bioma e com imensa importância social no continente africano, em que ocorrem sete das oito espécies do

insetívoras. Algumas delas, como o pica-pau, possuem o bico adaptado para encontrar insetos nas árvores. Doninhas comem pequenos animais, enquanto os guaxinins e outros pequenos animais comem peixes, sapos e frutas.

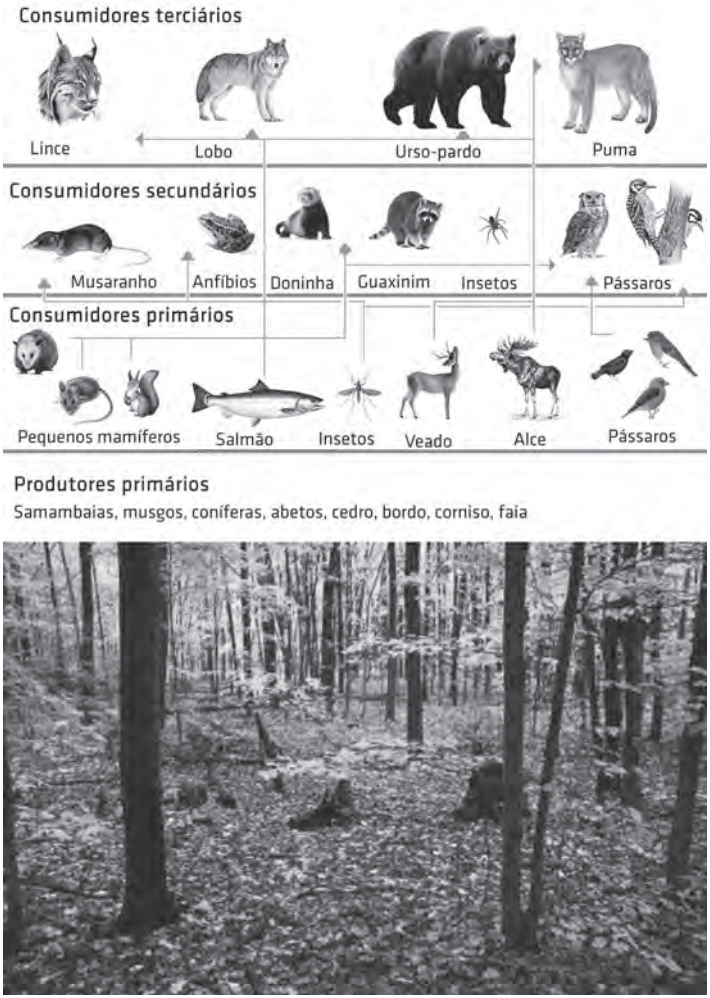


Fig. 6.14 *Esquema de representação da cadeia alimentar no bioma das florestas temperadas*

Fonte: adaptado de Viau (2000).

Nesse bioma ocorre um dos processos mais antigos de exploração, seja pela busca da madeira, seja pelo desmatamento associado à expansão das áreas de agricultura e pecuária, tanto nos Estados Unidos quanto na Europa. Atualmente, resta menos de um quarto das florestas temperadas originais, a maior parte das quais densamente fragmentadas nos territórios. Por causa desse grande nível de perturbação e do desaparecimento de predadores de topo de cadeia, como o urso e os lobos, muitas espécies oportunistas, como os veados, tendem

mas insuficiente para eliminar a influência do período anterior na paisagem moderna (Freitas et al., 2009). Ainda assim, as variações de solo, manejo da terra e condições de umidade ao longo do bioma pampa permitem a identificação de seis ecorregiões bastante diferenciadas no seu interior (Fig. 6.20), desde as áreas de maior umidade, representadas pelas chamadas savanas inundáveis e pampa úmido, até as áreas estépicas do pampa semiárido e do Espinhal.

Fig. 6.20 *Mapa de distribuição das ecorregiões do pampa sul-americano*
Fonte: adaptado de Martino (2004).

Cabe aqui uma referência que deverá implicar uma correção do mapa da Fig. 6.4, proposto por Olson et al. (2001). Ao estabelecer a separação entre as savanas e os campos temperados, de um lado, e as savanas e os campos tropicais e subtropicais, de outro, separou-se a biorregião do pampa em dois agrupamentos distintos, remetendo a ecorregião do pampa Brasil-Uruguai para o grupo dos cerrados brasileiros e incluindo as estepes patagônicas ao pampa argentino. No entanto, deve-se enfatizar a ideia de que, mais do que um conjunto de ecorregiões ecologicamente discrimináveis, o pampa constitui-se em uma biorregião com uma história de ocupação, uma cultura humana e uma solidariedade ecológica indivisíveis dentro do seu território, motivo pelo qual a Fig. 6.20 confronta a classificação proposta por Olson et al. (2001) e, ao mesmo tempo, estabelece

A bacia do Alto Paraná, por exemplo, suporta mais de 300 espécies de peixes, com um alto grau de endemismo provavelmente resultante do isolamento das espécies produzido pelo grande número de cachoeiras e barreiras naturais à dispersão. Só no rio Iguaçu ocorrem aproximadamente 65 espécies de peixes, das quais cerca de 50 espécies são endêmicas, e que permanecem parcialmente isoladas das demais espécies do rio Paraná devido às cataratas do Iguaçu e à usina de Foz do Iguaçu. Há também elevada riqueza de outros organismos aquáticos, vertebrados e invertebrados.

6.3.4 Drenagens de áreas semiáridas e bacias endorreicas

São ecorregiões de água doce dominadas por sistemas aquáticos endorreicos ou águas doces que são encontradas em ambientes subúmidos, ecoestacionais, semiáridos ou desérticos.

Esses ecossistemas tendem a ter faunas específicas, adaptadas a regimes de inundação efêmeros e intermitentes ou níveis de águas mais baixas durante certas épocas do ano, que acabam produzindo um isolamento estacional de algumas espécies em lagoas interiores. Exemplos incluem a ecorregião do baixo Nilo ou o vale da Morte, nos Estados Unidos. Também é extraordinária a diversidade de espécies de água doce presentes em algumas paisagens de baixíssima umidade, como no centro da Austrália, no planalto da Anatólia e no deserto de Chihuahua. Este último, considerado a Galápagos mexicana, apresenta um conjunto tão impressionante de endemismos marcados por mecanismos de adaptação às condições de aridez que recentemente a Nasa chegou a afirmar que a descoberta de vida em Marte passaria por processos únicos semelhantes aos encontrados na Reserva Biológica de Cuatro Ciénegas, no deserto de Chihuahua.

Estromatólitos vivos habitam as piscinas naturais de Cuatro Ciénegas. Trata-se de colônias de cianobactérias, já extintas na maior parte do mundo, que estão ligadas à origem de uma atmosfera mais rica em oxigênio, há mais de 3 bilhões de anos. Das 150 diferentes espécies de plantas e animais endêmicos dessa área, cerca de 30 são espécies aquáticas, oito das quais são de peixes, como o mojarra-do-deserto *(Labridens minckleyi)*, um ciclídeo endêmico das águas quentes e sulfurosas do rio Mezquites.

Tal como ocorre em outras regiões áridas e semiáridas ao redor do planeta, a intensificação da agricultura em vales próximos a Cuatro Ciénegas pode comprometer, em um futuro recente, o processo de alimentação subterrânea de água para as piscinas naturais e os rios da região.

Quadro 6.1 Listagem das 62 províncias biogeográficas marinhas e das respectivas ecorregiões existentes nas áreas de plataforma continental do planeta

Ártico

1. Províncias não identificadas

1. Norte da Groenlândia
2. Norte e Leste da Islândia
3. Plataforma oriental da Groenlândia
4. Plataforma Ocidental da Groenlândia
5. Grandes Banquisas Setentrionais – Labrador Meridional
6. Labrador Setentrional
7. Baía de Baffin e Estreito de Davis
8. Complexo de Hudson
9. Estreito de Lancaster
10. Alto Arquipélago Ártico
11. Beaufort – Amundsen – Viscount Melville – Queen Maud
12. Mar de Beaufort – região costeira e Plataforma Continental
13. Mar de Chukchi
14. Mar de Bering Oriental
15. Mar Siberiano de Leste
16. Mar Laptev
17. Mar de Kara
18. Norte e Leste do Mar de Barents
19. Mar Branco

Temperado do Atlântico Norte

2. Mares Europeus Setentrionais

20. Islândia Meridional e Ocidental
21. Platô Faroe
22. Noruega Meridional
23. Noruega Setentrional e Condado de Finnmark
24. Mar Báltico
25. Mar do Norte
26. Mares Célticos

3. Lusitânia

27. Plataforma Atlântica Europeia Sul
28. Ressurgência Saariana
29. Açores-Canárias-Madeira

4. Mar Mediterrâneo

30. Mar Adriático
31. Mar Egeu
32. Mar Levantino
33. Platô Tunisiano/ Golfo de Sidra
34. Mar Jônico
35. Mediterrâneo Ocidental
36. Mar de Alborão

5. Noroeste Atlântica Temperada Fria

37. Plataforma Atlântica Europeia Sul
38. Grandes Banquisas Meridionais - Sul de Terra Nova
39. Plataforma da Nova Escócia
40. Golfo do Maine/ Baía de Fundy
41. Virginiana

6. Noroeste Atlântica Temperada Quente

42. Caroliniana
43. Golfo do México Setentrional

7. Mar Negro

44. Mar Negro

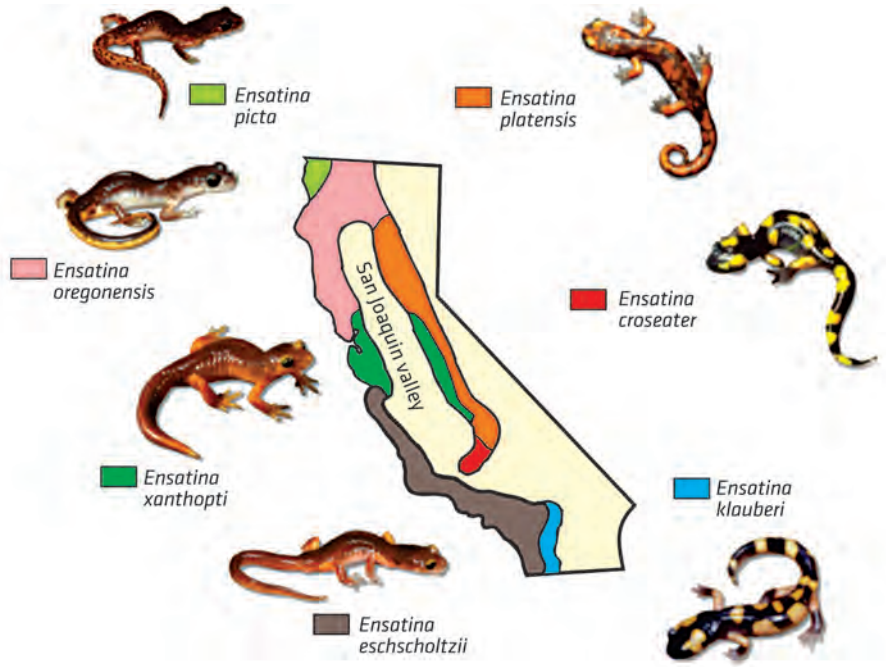


Fig. 2.1 *A distribuição das diferentes espécies de salamandra do gênero* Ensatina *ao redor do Vale Central da Califórnia, nos Estados Unidos, oferece um dos melhores exemplos de divergência genética produzida por isolamento por barreiras geográficas. Impedidas de manter contato reprodutivo durante um longo período devido à extrema aridez da paisagem, diferentes populações de salamandras cujos indivíduos cruzavam apenas entre si foram acumulando diferenciações genéticas até o ponto de se diferenciarem da espécie ancestral, dando origem a novas espécies. Espécies com distribuição circular, como as salamandras ao redor desse vale, são chamadas de espécies em anel*
Fonte: adaptado de University of California Museum of Paleontology (s.d.).

Michele Eve Sandberg (Flickr)

Fig. 2.2 *Os tigres-de-bengala* (Panthera tigris tigris) *correspondem a uma das nove subespécies de tigre existentes no mundo, com populações espalhadas em vários pontos da Índia e países vizinhos. Uma alteração cromossômica deu origem ao tigre-de-bengala branco, aumentando a variabilidade genética dessa subespécie*

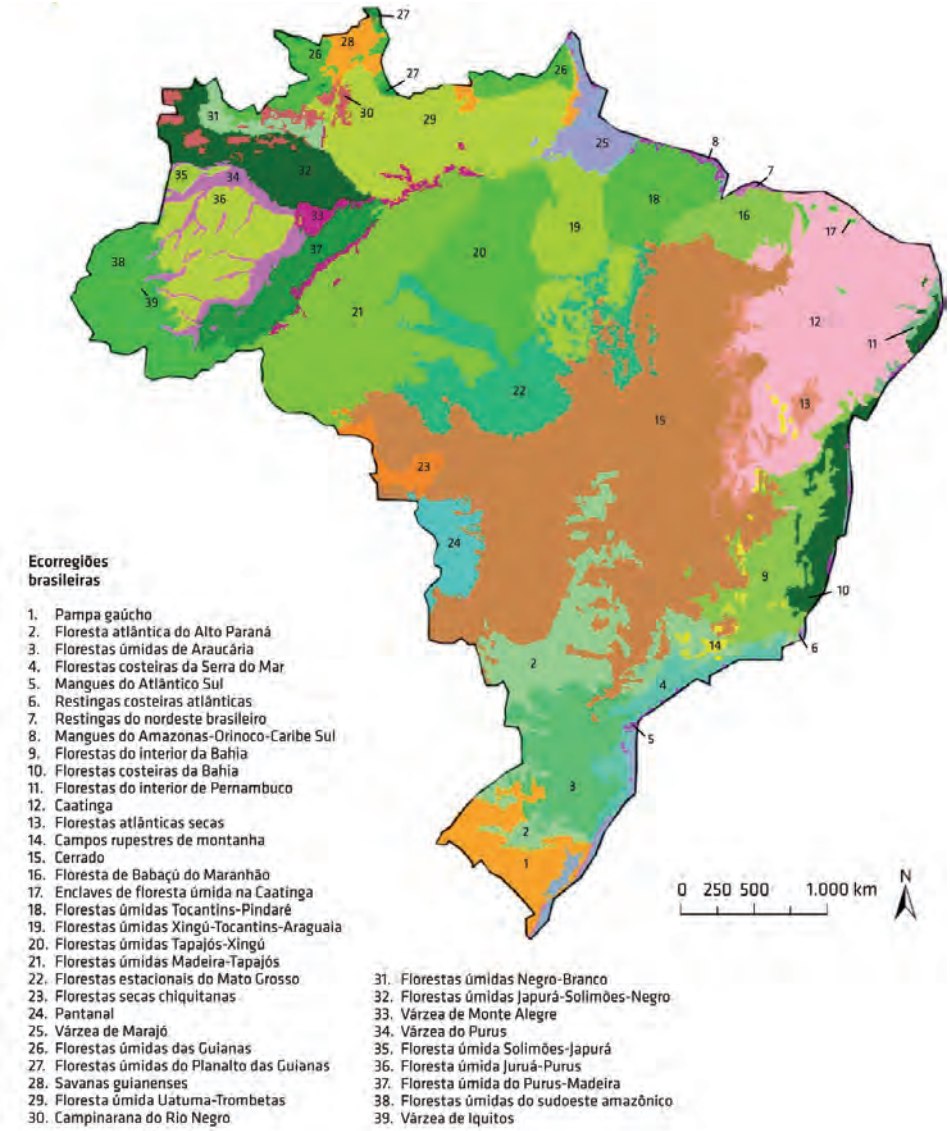


Fig. 6.6 *Distribuição das 39 ecorregiões com ocorrência total ou parcial no território brasileiro. Os critérios para a delimitação das ecorregiões, como explicado anteriormente, não se baseiam exclusivamente no aspecto fisionômico, mas também na riqueza de espécies, no grau de endemismo, nas singularidades taxonômicas, na ocorrência de comunidades relictuais e na raridade do* habitat
Fonte: adaptado de G200 maps (s.d.).

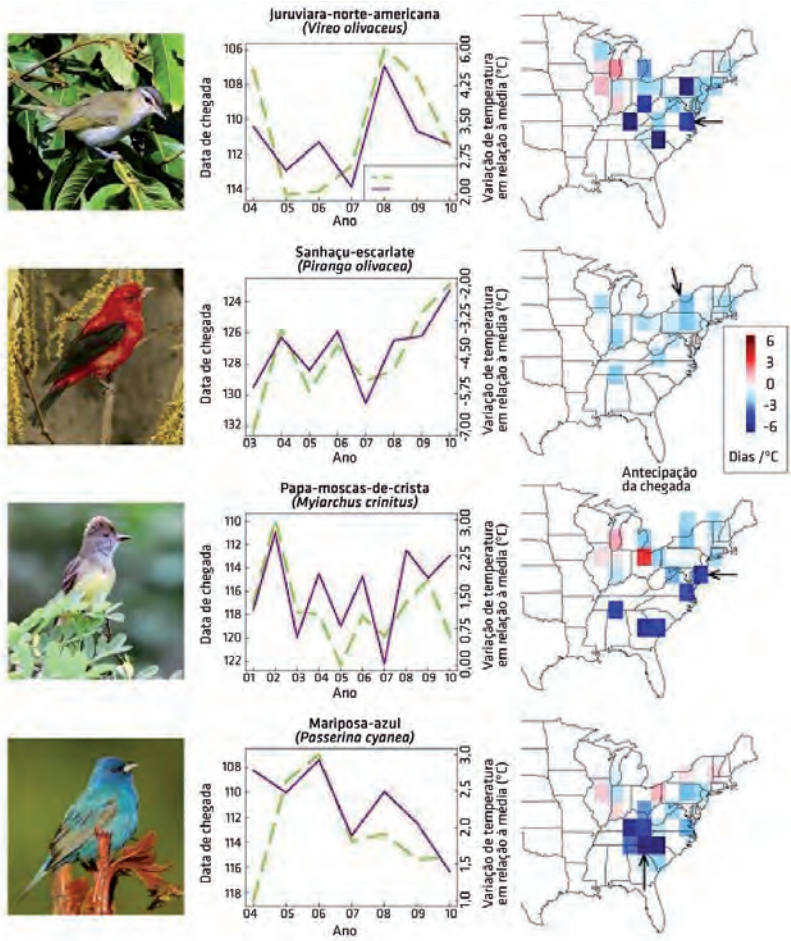
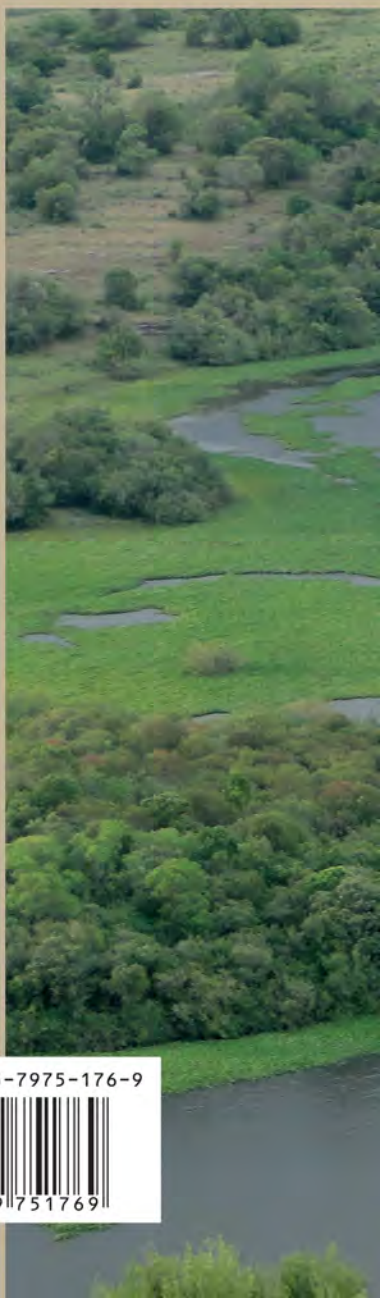


Fig. 6.34 *O registro da data de chegada dessas quatro espécies de aves migratórias ao seu local de reprodução (linhas tracejadas), na costa leste dos Estados Unidos, demonstra a profunda relação existente entre as variações de temperatura (linhas contínuas) e as variações do calendário migratório dessas espécies. Mesmo pequenas variações na temperatura média podem ser responsáveis pela antecipação da chegada das aves em até quatro dias, com impactos no seu ciclo reprodutivo e de crescimento*
Fonte: adaptado de Hurlbert e Liang (2012).

Abordando uma das áreas de conhecimento mais fascinantes, *Biogeografia* trata da relação entre seres vivos, sociedade e os diferentes elementos das paisagens, bem como suas dinâmicas e transformações ao longo do tempo. Sua sólida base teórica e metodológica, aliada a vívidas ilustrações, fotografias e gráficos explicativos, absorverá o leitor.

Numa linguagem didática, o livro discorre sobre os conceitos de distribuição de espécies, extinção e conservação da biodiversidade, dinâmica das populações, Biogeografia Cultural e biomas da superfície terrestre. Apresenta-se a aplicação desses conceitos por meio de diversos exemplos do Brasil e do mundo, além de quadros com relatos sobre a relação da fauna com o acidente radioativo de Chernobyl, a ameaça à biodiversidade em Madagascar e o impacto ecológico das estradas, entre outros importantes e dramáticos exemplos.

Com essa abordagem, *Biogeografia* preenche uma importante lacuna na bibliografia nacional, avançando alguns passos na construção de uma Biogeografia brasileira. Serve como referência para estudantes e profissionais de Geografia, Biologia, Agronomia e Ecologia e abre os horizontes ao público amplo.



ISBN 978-85-7975-176-9