

# Ecologia Aplicada

## Para Carreiras Técnicas Ambientais

Roger Ledo

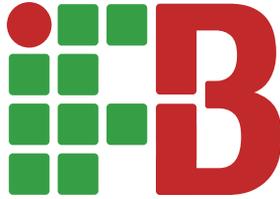
Fábio Passos

EDITORA





EDITORA



Roger Maia Dias Ledo  
Fábio Barbosa Passos

# Ecologia Aplicada

## Para Carreiras Técnicas Ambientais

Brasília, DF - 2022

# INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

## REITORA

Luciana Miyoko Massukado

## PRÓ-REITOR DE GESTÃO DE PESSOAS

José Anderson de Freitas Silva

## PRÓ-REITORA DE ENSINO

Veruska Ribeiro Machado

## COORDENAÇÃO DE PUBLICAÇÕES

Mariana Carolina Barbosa Rêgo

## PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E CULTURA

Paulo Henrique Sales Wanderley

## PRODUÇÃO EXECUTIVA

Sandra Maria Branchine

## PRÓ-REITORA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

Giovanna Megumi Ishida Tedesco

## PRÓ-REITOR DE ADMINISTRAÇÃO

Rodrigo Maia Dias Ledo



Reitoria – SGAN Qd 610, módulos D, E, F, G  
CEP: 70860-100 Brasília-DF  
www.ifb.edu.br  
Fone: +55 (61) 2103-2108  
editora@ifb.edu.br

2022 Editora IFB



A exatidão das informações, as opiniões e os conceitos emitidos nos capítulos são de exclusiva responsabilidade dos autores.

Todos os direitos desta edição são reservados à Editora IFB.

É permitida a publicação parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte. É proibida a venda desta publicação

L474e Ledo, Roger Maia Dias

Ecologia aplicada para carreiras técnicas ambientais [recurso eletrônico] / Roger Maia Dias Ledo, Fábio Barbosa Passos. - Brasília: Editora IFB, 2022.

225 p. : il. color.

Edição digital.

ISBN: 978-85-64124-80-5

1. Meio ambiente. 2. Consciência ambiental. 3. Legislação ambiental. 4. Proteção ambiental. I. Ledo, Roger Maia Dias. II. Passos, Fábio Barbosa. III. Instituto Federal de Brasília. IV. Título.

CDU 502.14

## Sinopse

Passamos por uma crise ambiental sem precedentes, marcada por um crescimento populacional desenfreado, pelo uso de recursos ambientais sem a menor parcimônia, pela perda da biodiversidade e pelo aumento na produção de resíduos, poluição e lixo. Isso tem reduzido a qualidade de vida da população de uma forma geral, de forma que medidas para o controle e manutenção da qualidade ambiental e preservação da fauna e flora são essenciais. Uma das frentes de trabalho para o combate dessa crise ambiental é a formação de profissionais qualificados, sobretudo na área técnica. Contudo, se fizermos uma busca na internet sobre livros de ecologia voltados à formação de nível técnico ambiental, não encontraremos nenhum. Portanto, essa obra aborda temas centrais em ecologia com linguagem direcionada aos profissionais de carreiras técnicas na área ambiental (técnico em meio ambiente, controle ambiental, saúde etc.), que tanto carecem de materiais específicos para sua formação. Juntamente com conceitos-chave de ecologia, como habitat, nicho, condições e recursos, abordamos temas aplicados e de grande interesse ao técnico ambiental como, por exemplo, eutrofização, espécies invasoras, amplifica-

ção biológica, autodepuração, demanda bioquímica de oxigênio, dentre outros. Com uma linguagem acessível e interdisciplinar, tratamos de assuntos relativos à ecologia e incorporamos aspectos essenciais de legislação ambiental, que nortearão o trabalho do profissional de nível técnico.

**Definição de assunto (ISBN):** 500 – Ciências Naturais

Dedicamos este livro a todos os nossos alunos dos cursos técnicos do *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília (IFB)*, tanto àqueles do passado quanto aos do presente.

A vocês, nossa inspiração, nosso muito obrigado!



# Sumário

## **APRESENTAÇÃO..... 13**

## **Capítulo 1 - Ecologia: o que é e como estudá-la?..... 17**

- 1.1 Ecologia é uma manifestação humana que está em todo lugar e através de todos os tempos..... 17
- 1.2 Como a Ecologia é estudada atualmente? .....25
- 1.3 Ecologia e atualidade: novos desafios para a sociedade contemporânea .....30

## **Capítulo 2 - Habitat e nicho, condições e recursos ..37**

- 2.1. Habitat e Nicho .....39
- 2.2. Espécies generalistas e especialistas .....42
- 2.3. Condições e recursos.....43
- 2.4. Aplicação de condições e recursos para compreensão do nicho das espécies e solução de problemas ambientais .....46

## **Capítulo 3 - Ecologia de Populações.....51**

- 3.1. Estrutura Populacional.....53
- 3.2. Estrutura populacional e a Ecologia Aplicada.....58
- 3.3. Modelos de crescimento populacional.....60

## **Capítulo 4 - Interações ecológicas.....67**

- 4.1. Uma compreensão evolutiva das relações ecológicas ..69
- 4.2. Tipos de interações ecológicas e seus efeitos nas populações .....70
  - 4.2.1. Relações intraespecíficas.....72
  - 4.2.2. relações harmônicas interespecíficas.....78

## **Capítulo 5 - Ecologia de Comunidades .....99**

- 5.1. Estrutura de Comunidades ..... 100
- 5.2. Quantas espécies existem numa determinada comunidade?..... 102
- 5.3. Qual é o papel da interação nas comunidades? ..... 107
- 5.4. Dinâmica de comunidades e sucessão ecológica ..... 109

## **Capítulo 6 - Ecologia de Ecossistemas .....115**

- 6.1. Os determinantes dos biomas do mundo ..... 118
- 6.2. Ciclos biogeoquímicos nos ecossistemas e alterações antrópicas ..... 122
- 6.3. Fluxo de energia e matéria nos ecossistemas ..... 126

## **Capítulo 7 - Princípios de direito ambiental e principais legislações brasileiras para a temática ecológica .....131**

- 7.1. Definição de Meio Ambiente no Direito ..... 133
- 7.2. Vertentes do Direito Ambiental..... 136

7.3. Princípios do Direito Ambiental .....	139
7.3.1 Princípio da dignidade da pessoa humana .....	140
7.3.2 Princípio do Desenvolvimento Sustentável.....	143
7.3.3. Princípio da gestão democrática .....	144
7.3.4. Princípio da Precaução .....	145
7.3.5. Princípio da Prevenção.....	146
7.3.6. Princípio do equilíbrio .....	147
7.3.7. Princípio do limite.....	147
7.3.8. Princípio da responsabilidade.....	148
7.3.9. Princípio do poluidor-pagador .....	148
7.4. Histórico do Direito Ambiental Brasileiro.....	150

## **Capítulo 8 - A Política Nacional do Meio Ambiente – Lei 6.939/1981 .....**

8.1. O SISNAMA.....	165
8.2. Instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente..	170

## **Capítulo 9 - O Sistema Nacional de Unidades de Conservação.....**

9.1. Objetivos, diretrizes e gerenciamento .....	181
9.2. Categorias de Unidades de Conservação.....	184
9.3. Criação, Implantação gestão de UCs.....	190

**Capítulo 10 - O “Novo Código Florestal Brasileiro” – Lei 12.651/2012 .....195**

- 10.1. Histórico de discussão e importância do Código Florestal ..... 195
- 10.2. Lei 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção de vegetação nativa ..... 198
- 10.3. O Cadastro Ambiental Rural e outras providências..211

**REFERÊNCIAS .....218**

**DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES .....223**

## APRESENTAÇÃO

Toda área do conhecimento científico é marcada por perguntas norteadoras, que direcionam o pensamento e as pesquisas de seus investigadores. Para a Ecologia isso não seria diferente. A partir desse ponto, pergunta-se: quais seriam as questões centrais de ecologia para o século XXI?

Desde seu início, a Ecologia descreveu a distribuição e a abundância dos diferentes organismos da Terra e tentou responder perguntas básicas como: (1) o que faz com que alguns lugares possuam tantos organismos, enquanto que em outros quase não há nenhum? (2) O que faz com que certos lugares tenham, ao mesmo tempo, espécies tão abundantes e outras tão raras? As interações que as espécies fazem consigo mesmas e com o ambiente que as cerca são os princípios-chave para responder à essas perguntas. Contudo, além destas, novos questionamentos ecológicos têm surgido ao longo do século XX e XXI, fruto de uma crise ambiental ocasionada pela espécie humana, direcionando novas perguntas e pesquisas de seus investigadores. Discussões sobre mudanças climáticas globais, controle de pandemias, desenvolvimento sustentável, além de demandas sociais locais sobre

alimentação saudável livre de agrotóxicos, correta destinação e reciclagem do lixo familiar; enfim, tudo isso tem permeado a mente das pessoas.

Ecologia não tem sido encarada unicamente como uma ciência para a compreensão do funcionamento da natureza; mas, sim, como uma *ciência aplicada* para a resolução de problemas ambientais atuais e futuros, causados pelo ser humano, com base nas mesmas ferramentas de compreensão dos principais processos que explicam a distribuição e abundância dos organismos. Assim, os mesmos princípios ecológicos utilizados para as respostas às primeiras perguntas em Ecologia, têm sido utilizados também para responder aos novos questionamentos sobre problemas ambientais, atendendo às demandas atuais da sociedade e se tornando novos desafios dessa disciplina.

Da mesma forma que a Ecologia precisa atender à uma demanda social clara, por conservação e manutenção da qualidade ambiental, esta mesma demanda só pode ser suprida com um conhecimento sólido de ciência básica, dos principais fatores que interferem no funcionamento dos diversos ecossistemas do mundo em suas particularidades. Diante disso, este material não visa ser mais um livro de Ecologia; inclusive, já existem opções relevantes no mercado. Contudo, a verdade é que a grande maioria dos livros disponíveis nessa área, é direcionado a um público de ensino superior, cujo foco está em responder às perguntas básicas da disciplina. Este material é, portanto, um esforço em reunir assuntos importantes sobre ecologia, numa linguagem aplicada à solução de questões ambientais. Além disso, ele foi feito para ser acessível aos estudantes e profissionais de nível técnico, devido à escassez

de livros nessa área de conhecimento. Ainda de forma alternativa, este livro pode ser utilizado por alunos(as) dos primeiros anos de cursos superiores em áreas ambientais diversificadas.

Gostaríamos de ressaltar também a nossa dificuldade em encontrar bons materiais de legislação ambiental para cursos técnicos. A carência é notável! Claro que se fizermos uma busca na internet de livros na área de Direito Ambiental, certamente encontraremos arquivos importantes e de relevância. Contudo, se filtrarmos essa busca para livros aplicados à área técnica, dificilmente encontraremos algum. Sabemos que o direito ambiental é altamente multidisciplinar, pois este depende muito de outras disciplinas, a maioria externa ao próprio Direito (como Ecologia), para sua compreensão e aplicação. Muitos conceitos relativos ao meio ambiente não provêm do Direito; mas, sim, de outros ramos das ciências naturais, *como ecologia, meio ambiente, ecossistema, espécie, biodiversidade, patrimônio genético, manejo ecológico*, dentre outros. Segundo Antunes (2010), a complexidade dos ecossistemas e das múltiplas interações existentes em seu interior demonstram a total impossibilidade da adoção dos métodos tradicionais do direito para a compreensão desta nova realidade. Vê-se, claramente, que o jurista, o estudante de direito e o aluno de curso técnico que lida diariamente com as normas técnicas e jurídicas para fazer o seu trabalho, deverá buscar na ecologia moderna conceitos básicos para a proteção ambiental desejada pela sociedade. Diante disso, criamos uma parte especial para tratarmos das legislações ambientais mais importantes para o desempenho de carreiras técnicas ambientais, com explicações acessíveis sobre o desenvolvimento da questão ambiental no ordenamento jurídico

brasileiro e destaque às leis mais importantes relativas ao meio ambiente.

Ao longo das páginas que virão, abordaremos temas básicos e centrais em ecologia e meio ambiente, contudo também traremos diversas aplicações dessa ciência para problemas ambientais do século XX e XXI, que é demanda social e objeto de estudo nas diversas carreiras técnicas ambientais no atual momento. Esperamos que esta obra possa capacitar técnicos em formação continuada, assim também como futuros técnicos em formação.

Cordialmente,

*Roger Maia D. Ledo*

*Fábio Barbosa Passos*

# CAPÍTULO 1

## Ecologia: o que é e como estudá-la?

### 1.1 Ecologia é uma manifestação humana que está em todo lugar e através de todos os tempos

Desde as épocas mais antigas, nas primeiras estruturas sociais humanas, as pessoas tinham uma preocupação em entender o ambiente que viviam. Cavernas se tornaram um ambiente ideal para proteção contra climas desfavoráveis e contra inimigos ao redor. Esse ambiente também permitia a representação do cotidiano por meio da pintura e entalhe em suas paredes rochosas, para a comunicação e o ensino das primeiras famílias humanas, fenômeno que chamamos atualmente de arte rupestre (Fig.1.1). Pois bem, as diversas pinturas rupestres, consideradas atualmente como uma manifestação de arte, eram mais que arte para esses homens do passado. Provavelmente eram uma forma de *descrição*, ensino e apropriação do conhecimento sobre a natureza e sobre os organismos no ambiente onde eles viviam. Associado a essas pinturas é frequente o encontro de artefatos pontiagudos, como pontas de lança e fâças, instrumentos de caça feitos de pedra lascada.



Fig.1.1. Arte rupestre encontrada no Parque Nacional Municipal Templo dos Pilares (Alcinópolis – MS). As pinturas e gravuras nas rochas foram realizadas por povos caçadores e coletores, pré-ceramistas, há aproximadamente 11 mil anos (A). Essas pinturas eram representações do ecossistema que os habitantes vivenciavam em seu cotidiano, além de possíveis elementos cosmológicos e religiosos. Por exemplo, em B e C podemos notar a ilustração de um sapo e de um lagarto, respectivamente (Fotos de Roger Ledo).

É bem provável que os primeiros homens das cavernas eram de alguma forma “ecólogos”, guiados pela necessidade de entender onde e quando suas caças e pescas estavam disponíveis,

para serem capturadas; e onde e quando seus predadores eram encontrados, para serem evitados. As estruturas sociais humanas posteriores já continham agricultores e provavelmente eram ainda mais sofisticadas: conheciam o funcionamento da sua fonte de alimento e já aplicavam esse conhecimento para seu próprio benefício, manejando suas fontes de alimento e as domesticando. Estes próximos “ecólogos” eram, portanto, semelhantes a “ecólogos aplicados”, procurando entender a distribuição e a abundância de organismos a fim de aplicar aquele conhecimento para si próprios. Como resultado, deixaram de ser nômades, conseguiram produzir mais alimento e as estruturas sociais permitiam mais pessoas convivendo e trabalhando juntas, em relações sociais mais complexas, como na artesanaria e na religião.

Essa breve introdução tem o objetivo de destacar a enorme dependência que a espécie humana tem da natureza que o cerca, além de destacar uma vontade interna do ser humano em *descrever* as coisas ao seu redor, a fim de melhor compreendê-las e de tentar *explicá-las*. Isso não é diferente para nenhuma das ciências, sobretudo para a Ecologia. Apesar de temas ecológicos existirem desde o surgimento da humanidade, com destaques na Grécia de Aristóteles e com exemplos práticos na seleção de variedades vegetais em diversas sociedades pré-colombianas (ex.: milho), essa disciplina se firma como ciência semelhante a que estudamos atualmente a partir do século XIX.

Antes do termo “Ecologia” ser cunhado, os assuntos dessa disciplina estavam enquadrados de forma dispersa nos textos de diversos naturalistas e dentro de um escopo conhecido como *Economia da Natureza*, da qual Carl von Linné (o pai da taxono-

mia) é precursor, no século XVIII. Algumas décadas mais tarde, na transição entre o séc. XVIII e XIX, Alexander von Humboldt realizou uma grande expedição pelas Américas Central e do Sul com o objetivo de compreender como as condições físicas da Terra alteravam a distribuição da vida vegetal e animal. No mesmo período, o brasileiro José de Bonifácio D'Andrada-e-Silva, importante figura no processo de independência do Brasil e defensor do fim da escravidão, era um profícuo estudante e defensor dos princípios da *Economia da Natureza*. Por fim, grandes nomes como os de Alfred Russel Wallace e Charles Darwin também produziram muito conhecimento nessa área no século XIX, apesar de serem mais conhecidos por suas teorias evolucionistas<sup>1</sup>. Após esses naturalistas, a palavra *Ecologia* foi utilizada pela primeira vez pelo cientista alemão Ernest Haeckel, em 1869, trazendo novos significados à *Economia da Natureza* de Linné. *Ecologia* deriva do grego *oikos*, que significa casa; e *logos*, estudo (ou seja, o estudo da casa). Segundo Haeckel, *Ecologia* significa o estudo científico das interações dos organismos entre si e deles com seu ambiente. Essa definição ressalta que todos os organismos vivos não se comportam de forma independente, mas fazem parte de uma teia de relações, sejam elas tanto do tipo organismo-organismo quanto do tipo organismo-ambiente.

A definição de Ernest Haeckel para *Ecologia* tem sido amplamente utilizada na literatura desde então. Contudo, muitas vezes os ecólogos não conseguem determinar as interações claramente, mas sim o resultado delas no aumento das populações ou na mu-

---

1 Vale ressaltar que as Teorias evolucionistas de Charles Darwin e Alfred R. Wallace possuíam uma forte base ecológica nas suas explicações, sobretudo na compreensão da competição como um fenômeno de seleção dos indivíduos mais aptos.

dança na distribuição dos organismos. Krebs (1972) sugeriu uma outra definição de Ecologia, mais simples e abrangente, como o estudo científico das interações que determinam a distribuição e a abundância dos organismos. Essa definição é mais simples por incluir todas as interações possíveis entre os organismos (organismo-organismo e organismo-ambiente) como “interações” simplesmente e, ainda, por incorporar questões práticas relativas aos organismos, como a distribuição e a abundância deles. Em outras palavras, Krebs inclui como parte da definição compreender onde os organismos ocorrem, quantos ocorrem e o porquê de ocorrerem em um lugar. Begon (2007) se apropria dessa definição e a desmembra em duas partes, sendo uma **descritiva**<sup>(1)</sup> e outra **explanatória (explicativa)**<sup>(2)</sup>, propondo a seguinte definição:

*Ecologia é o estudo científico da distribuição e abundância dos organismos<sup>(1)</sup> e das interações que determinam a distribuição e a abundância deles<sup>(2)</sup>*

Dessa forma, essa definição de Ecologia mostra que os cientistas, de uma forma geral, possuem duas preocupações: a de descrever o funcionamento das Natureza (primeira preocupação) e a de explicar o porquê da Natureza se comportar de tal maneira (segunda). Em relação à esta ciência, podemos observar ainda que os organismos possuem características peculiares (fisiológicas, fenológicas, comportamentais etc.) que se refletem no uso do ambiente no qual estão inseridos, na sua distribuição e na sua abundância. Mensurar a distribuição e a abundância dos organismos poderia ser considerado o componente descritivo da Ecologia. Já analisar os fatores (interações) que justificam as distribuições e as abundâncias dos organismos pode ser considerado como o com-

ponente explanatório da referida disciplina.

Os ecólogos atuais, diferentemente dos primeiros habitantes das cavernas descritos no início do capítulo, não têm apenas o interesse de descrever como a distribuição dos organismos ocorre; mas também, o interesse de explicar o porquê da distribuição desses animais ser de uma determinada forma. Ou seja, além do componente *descritivo* da natureza, os ecólogos também têm como objetivo *explicar, compreender* como a natureza funciona. Esse componente explanatório/explicativo em Ecologia permite uma maior compreensão do todo, de forma que seja possível extrapolar um conhecimento de um ambiente para outro, fazer conjecturas, sínteses e, ainda, projeções de uma época para uma outra futura. Assim, por meio desse componente *explanatório* em Ecologia, é possível prever fenômenos, além de propor formas de aplicá-la para a solução das mais diversas questões ambientais, mesmo que elas ainda nem tenham ocorrido de fato (exemplo: catástrofes relativas às mudanças climáticas globais).

O componente explanatório da Ecologia é muito útil para se entender o funcionamento da natureza. Todavia, essa compreensão pode também ser útil para a resolução de problemas ambientais atuais e futuros, com base na compreensão dos principais processos que explicam a distribuição dos organismos e de suas interações. Por exemplo, o lago Paranoá, lago artificial localizado logo em Brasília – DF, de vez em quando permite o surgimento de uma massa densa, viscosa e de coloração verde em alguns trechos de sua superfície (Fig.1.2). Analisando esse material de uma forma mais minuciosa ao microscópio percebemos que essa massa é formada por inúmeras células de uma espécie específica,

*Microcystis aeruginosa* (Fig.1.2). O interessante é que essa espécie é altamente tóxica (hepatotóxica) e já esteve envolvida em um caso de morte generalizada, com pacientes de hemodiálise em Caruaru – CE. Diante disso se poderia perguntar: mas por que essa espécie ocorre com tanta abundância nos lagos e demais corpos d'água? Que fatores permitem que ela, de vez em quando, aumente sua quantidade de tal maneira que mude o aspecto da superfície de um lago ou ainda cause tantos danos, inclusive à vida? Tentar responder à essas perguntas consiste no trabalho do ecólogo, mais precisamente no componente explicativo/explanatório da disciplina em questão. O fato é que essa bactéria (e inúmeras outras) podem crescer em altas quantidades em corpos d'água que sofreram a adição de nutrientes em excesso, pelo despejo de lixo e adubos químicos, fenômeno conhecido como **eutrofização**.



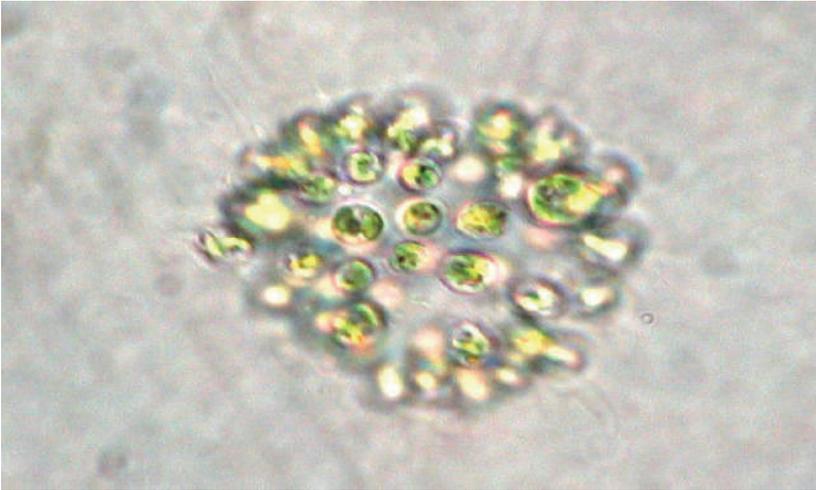


Fig.1.2. Floração de bactérias da espécie *Mycrocystis aeruginosa* em um corpo d'água, evidenciando a consistência pastosa e a coloração esverdeada do material. Em análise com microscópio, percebe-se que cada esfera na figura consiste num indivíduo da espécie; e que, mesmo não tão aparentemente, elas estão envolvidas entre si por uma substância incolor, chamada de bainha de mucilagem. Fotografia: Reuters (acima) e Wikipédia (abaixo). Licença *creative commons* BY – AS 3.0.

Por fim, não há como utilizar o componente explanatório de Ecologia para um determinado organismo, sem buscar compreender quais são suas interações mais importantes; sejam elas com outros organismos ou com o meio. Desconsiderando elementos aleatórios, as interações que os seres vivos realizam, não importam em que ordem ou magnitude, são os componentes fundamentais para a compreensão do porquê de uma espécie ocorrer em algum lugar e não em outro, ou ainda do porquê de uma espécie ocorrer com uma determinada abundância em uma região e não em outra.

## 1.2 Como a Ecologia é estudada atualmente?

Após apresentar as melhores definições para o estudo da Ecologia, alguém pode se perguntar como ela é realmente estudada, no dia a dia de um pesquisador. Para se estudar Ecologia são necessárias algumas delimitações prévias, para que um determinado estudo seja feito sem a interferência de fatores indesejados, e também para que ele possa ser replicado (refeito) sempre que necessário. Para isso, inevitavelmente, três escalas são delimitadas: as *escalas espacial, temporal e “biológica”*. Definir o nível de análise de cada uma dessas escalas é de suma importância para se efetuar comparações corretas e para se apropriar de conclusões sustentáveis sobre os diversos fenômenos observados nessa ciência.

A **escala biológica** diz respeito à hierarquia biológica (taxonômica, filogenética ou funcional), podendo começar de um organismo simples, como uma bactéria, até se chegar à todas as formas de vida do planeta. Em Ecologia, dividimos essa escala, tradicionalmente, em quatro níveis:

<b>1. Organismo</b>	Corresponde ao indivíduo, incluindo seus comportamentos, respostas fisiológicas e biológicas.
<b>2. População</b>	Conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que habitam algum determinado local e tempo.

<p><b>3. Comunidades</b></p>	<p><i>Conjunto de populações de diferentes espécies em um determinado lugar e tempo. Uma comunidade pode ainda ser submostrada levando em consideração a função similar que alguns organismos desempenham (ex.: guildas – uma guilda de polinizadores, envolvendo insetos, pássaros e morcegos) ou a relação de parentesco (taxocenose ou assembleia; ex.: taxocenose de roedores, que são todos mamíferos pertencentes à ordem <i>Rodentia</i>).</i></p>
<p><b>4. Ecossistemas</b></p>	<p><i>Associação entre comunidade biológica e ambiente físico.</i></p>

O nível de organismo está associado aos estudos de como os indivíduos de uma determinada espécie são afetados pelo seu ambiente e como estes o afetam em resposta. O nível de população se relaciona a fenômenos de mortalidade, natalidade, taxas de crescimento, razão macho e fêmea, curvas de crescimento, flutuações populacionais, migração, além de outros eventos relacionados à estrutura e dinâmica das populações. O nível de comunidades geralmente está focado em estudos de riqueza (quantidade de espécies em uma determinada área), equidade, dominância e raridade, além do efeito da presença de uma espécie sobre as outras co-ocorrentes (predação e competição); incluindo, não obstante, estudos de sucessão ecológica. O nível de estudo de ecossistemas está associado ao estudo dos fluxos de energia e de matéria, bem como sua transformação, através dos elementos vivos e não vivos (Fig.1.3). Estudos sobre mudanças climáticas globais são também

frequentes nesse nível de estudo.

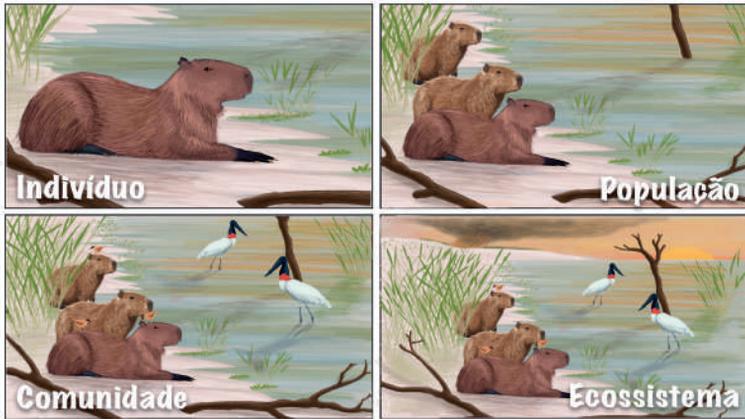


Fig.1.3. Escalas biológicas de estudo em Ecologia, de organismo a ecossistema. População corresponde a um conjunto de indivíduos de uma determinada espécie num mesmo local e num determinado tempo (representado por capivaras na ilustração). Comunidade corresponde à ocorrência de mais de uma espécie num determinado local e tempo (ilustrado na figura por capivaras, tuiuiús e siriris). Ecossistema corresponde à associação entre a comunidade local e fatores abióticos, representado pelo efeito de queimadas (ao fundo) sobre a comunidade. Ilustração de Roger Ledo.

No mundo vivo, não existe uma área tão pequena nem tão grande que não contenha algum aspecto ecológico que possa ser identificado e estudado (Fig. 1.4). A **escala espacial** de estudos em Ecologia pode contemplar, tanto estudos em nível *micro*; como, por exemplo, uma célula individual em que duas populações de patógenos interagem pelos recursos que ela oferece; ou em nível *macro*, como por exemplo, sobre os efeitos das mudanças climáticas globais nos padrões de distribuição de aves migratórias. A delimitação da escala em estudos de Ecologia é essencial para que se possa realizar comparações entre eles, nas diversas regiões do globo, e se extrair conclusões.

Além dessas escalas “biológica” e espacial, os ecólogos também trabalham com uma variedade de escalas temporais, que podem incluir algumas horas ou dias, ou incluir anos, décadas ou até séculos. Por exemplo, estudos de crescimento bacteriano podem ser suficientes dentro de algumas horas ou dias de estudo. Dependendo do ambiente, bactérias conseguem se multiplicar muito rapidamente, a cada vinte minutos por exemplo.

Estudos de *sucessão ecológica* (processo de colonização e substituição de espécies de maneira sequencial e contínua num local perturbado) só podem ser acompanhados em décadas, para incluir todos esses processos de substituição de espécies. Uma ilha que sofreu erupção vulcânica, por exemplo, provavelmente ficará sem nenhuma planta sobrevivente. Provavelmente, ela receberá sementes das primeiras espécies vegetais pelo mar ou por aves migratórias que usarem a ilha como local de descanso. As primeiras sementes a sobreviverem e crescerem ali serão, provavelmente, adaptadas a condições de solo exposto e alta irradiação solar. Essa espécie coloniza a região e gera, como consequência, sombra e matéria orgânica para o desenvolvimento de outras espécies vegetais. Esse processo sequencial geralmente se prossegue até se atingir um estágio de clímax.

Existem, até então, alguns pesquisadores que tentam entender como o clima e a distribuição e abundância de algumas espécies vegetais variaram, desde épocas muito remotas (por exemplo, há 21.000 anos, na Última Grande Glaciação) até o presente. Para isso, tentam acessar o registro fóssil em camadas mais profundas do solo ou de geleiras, ou ainda acessar algumas espeleotemas (estalactites e estalagmites) de cavernas e serrá-las ao meio, para ana-

lisar as dimensões das camadas de cristalização delas e utilizá-las como indicativos da existência de épocas mais úmidas ou mais secas no passado (caso alguma estalactite demore 100 anos para crescer um centímetro de altura, uma estalactite com pouco mais de 1,5m de comprimento pode possuir informação climática de mais de 15.000 anos! Vide Fig.1.5). Ademais, caso algum estudo avalie a sucessão de espécies de insetos necrófagos/decompositores (alguns grupos de moscas, parasitoides e alguns besouros) em carcaças de animais mortos, esses estudos podem durar alguns dias ou poucas semanas.



Fig.1.4. Escalas espaciais de estudo em Ecologia. O espaço de estudo em Ecologia pode ser tão pequeno quanto a área da roseta de uma bromélia, ou tão grande quanto toda a Amazônia (imagens em domínio público. *Licence creative commons BY-AS 3.0*. Obtida em Wikipédia).



Fig.1.5. Espeleotemas podem ser utilizados na datação de eventos climáticos, como períodos mais úmidos ou secos, há dezenas de milhares de anos no passado. Como exemplo, uma estalagmite na Gruta de São Miguel, Mato Grosso do Sul (Brasil). Foto de Roger Ledo.

### **1.3 Ecologia e atualidade: novos desafios para a sociedade contemporânea**

Desde o surgimento das primeiras sociedades humanas mencionadas no início do capítulo até os dias atuais, passamos por uma extrema complexificação das relações interpessoais. Novas relações comerciais e de produção, desde as grandes navegações até a Revolução Industrial, fizeram com que apenas uma parcela da sociedade tenha real contato com a terra e vivencie a luta diária de se conseguir produzir alimento em larga escala. Outras pessoas não têm mais o contato direto com a terra e seu alimento, simplesmente comprando seus mantimentos em mercados e restaurantes. Essa complexificação das relações permitiu inclusive o

avanço da ciência, com o controle de diversas doenças e vacinação em larga escala. Todo esse fenômeno, por fim, tem permitido um aumento expressivo da população humana no Planeta, saltando sete vezes mais apenas no século passado (Fig. 1.6). Essa grande população humana acaba por consumir mais do que o ambiente consegue suportar, de forma que se evidencia frequentemente a conversão de áreas naturais em áreas de cultivo vegetal ou de pastos, sobretudo no Brasil. Além disso, a produção de resíduos pela espécie humana tem aumentado consideravelmente, contaminando o solo, corpos d'água e o ar. Tudo isso acarreta uma redução da qualidade de vida humana e promove uma crise ambiental, na qual a espécie humana, ao imaginar que não está conectada com o seu ambiente, o degrada a ponto de prejudicar a si próprio e as futuras gerações.

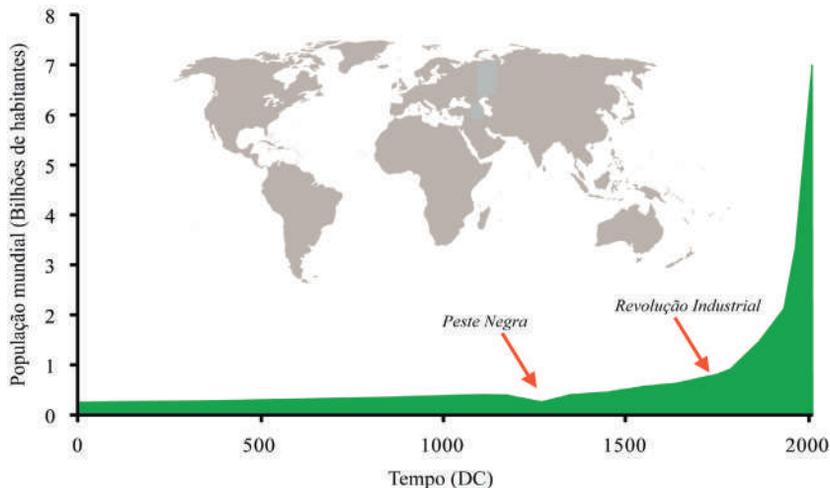


Fig. 1.6. Estimativa do tamanho da população humana mundial entre os anos zero d.C. e 2012 d.C. Observe que o tamanho da população aparentemente se mantinha em equilíbrio até o marco das revoluções agrícola e industrial. Ilustração de Roger Ledo.

A Ecologia, atualmente, está cada vez mais inserida nos problemas sociais e ambientais humanos, frutos de uma atividade humana despreocupada com o ambiente. Dessa forma, Ecologia também tem sido refletida para a solução de problemas ambientais que foram criados pela atividade humana e/ou para os que ainda serão criados. Nesse sentido, a compreensão e aplicação de princípios ecológicos não é apenas uma necessidade prática, mas também representa um desafio científico no controle e mitigação de problemas ambientais antrópicos. Em outras palavras, para se realizar conservação correta e não apenas “de boca”, precisamos entender os princípios ecológicos existentes aqui e aplicá-los às realidades que vivemos.

Um exemplo interessante de aplicação dos conhecimentos básicos de Ecologia para a resolução de problemas ambientais ocorre em casos de floração (do inglês: *bloom*) de bactérias/algas em lagos como o Paranoá mencionado no tópico anterior. Este é frequentemente utilizado para recreação da população de Brasília. Entretanto, alguns trechos dele podem se tornar tóxicos, tanto para peixes quanto para o ser humano, quando ocorrem florescimentos de cianobactérias (algas azuis). Algumas dessas algas produzem toxinas capazes de sobrecarregar e destruir o fígado de vertebrados, como no caso de *Microcystis aeruginosa*.

A maioria dos riachos de Brasília são oligotróficos (pobres em nutrientes). Entretanto, na cidade, a maioria das águas represadas em lagos perto de cidades são eutróficas (ricas em nutrientes). Isso ocorre devido aos descartes pontuais de esgotos ou a aportes de origem difusa (e.g. carregado pela água das chuvas, como é o caso de fertilizantes em plantações perto de lagos). Esses mate-

riais carregados e despejados nos rios, apesar de serem considerados sem valor para o ser humano, contém nutrientes essenciais para muitas bactérias, permitindo que elas cresçam e se reproduzam, aumentando a população delas em quantidades enormes e, por fim, gerando o florescimento.

Todas essas mudanças na comunidade de algas do lago afetam a qualidade da água e podem, devido à presença de toxinas, causar até a morte humana. Contudo, conhecendo a ecologia dessas espécies e os fatores que geraram seu florescimento (entendendo o componente *descritivo* e o *explicatório* da distribuição e abundância dessas espécies envolvidas no florescimento), medidas de tratamento podem ser formuladas e implementadas. Um dos tratamentos adotados pela CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal) no controle deste florescimento é a adição de sulfato de cobre na água, como um agente algicida<sup>2</sup>. Ademais, é feita uma fiscalização periódica na orla do lago em busca de descartes pontuais de esgoto e, caso alguma floração ocorra, medidas de contenção e monitoramento são realizadas durante o processo de autodepuração do lago (processo de assimilação dos nutrientes em excesso pelos organismos vivos do próprio lago até que esses níveis retornem ao equilíbrio inicial).

Um outro exemplo interessante ocorre na utilização de princípios de ecologia, como os de nicho e de sucessão ecológica, na restauração de solos expostos. Frequentemente, áreas degradadas e sem nenhuma cobertura vegetal sofrem com desmoronamentos (formando voçorocas), além de sofrerem com a perda de umidade

---

2 A palavra algicida é empregada para designar qualquer agente químico, natural ou artificialmente sintetizado, capaz de, influenciando na fisiologia celular, eliminar algas.

e diversidade de micro-organismos pela exposição do solo. A adição de espécies vegetais com raízes fasciculadas (que se ramificam em vários eixos de crescimento, formando uma espécie de trama ou rede logo abaixo do solo), como gramíneas, podem conter o solo no local, além de servirem de base para uma sucessão ecológica. Além disso, diversas gramíneas são anuais e conseguem crescer e se reproduzirem rapidamente, ocupando todo o espaço de solo exposto em pouco tempo. Ainda, algumas pessoas têm sugerido o uso de bananeiras como espécie pioneira, visto que ela gera sombra e consegue acumular muita água em seu caule e folhas. Em seguida, ela é derrubada e suas partes são inseridas em locais específicos do solo, para mantê-los úmidos e permitir o crescimento de espécies mais sensíveis à umidade, típicas de comunidades clímax, dependendo da região.

Vale ainda ressaltar que Ecologia também tem se ramificado em diversas frentes de trabalhos de estudos atuais, como Ecologia da Conservação, Ecologia da Restauração, Ecologia Numérica, Ecologia Quantitativa, Ecologia Teórica, Macroecologia, Ecofisiologia, Agroecologia, Ecologia da Paisagem, Ecologia Molecular. Cada uma dessas disciplinas possui perguntas específicas a serem respondidas. Contudo, inevitavelmente, elas estão associadas aos mesmos objetivos gerais iniciais da Ecologia básica.

## 1.4 EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. O que vem a ser crise ambiental? Disserte sobre este tema.
02. Diferencie uma escala de estudo em nível de população de uma escala de estudo em nível de comunidade.
03. Diferencie uma escala de estudo em nível de comunidade de uma escala de estudo em nível de ecossistema.
04. Como o crescimento populacional humano pode afetar os diversos ecossistemas do mundo?
05. Na sua opinião, qual é a importância da *descrição* e da *explicação* de fenômenos da natureza pela ecologia?
08. Reveja as diferentes definições de Ecologia. Qual você considera que é mais adequada e por quê?



## CAPÍTULO 2

### Habitat e nicho, condições e recursos

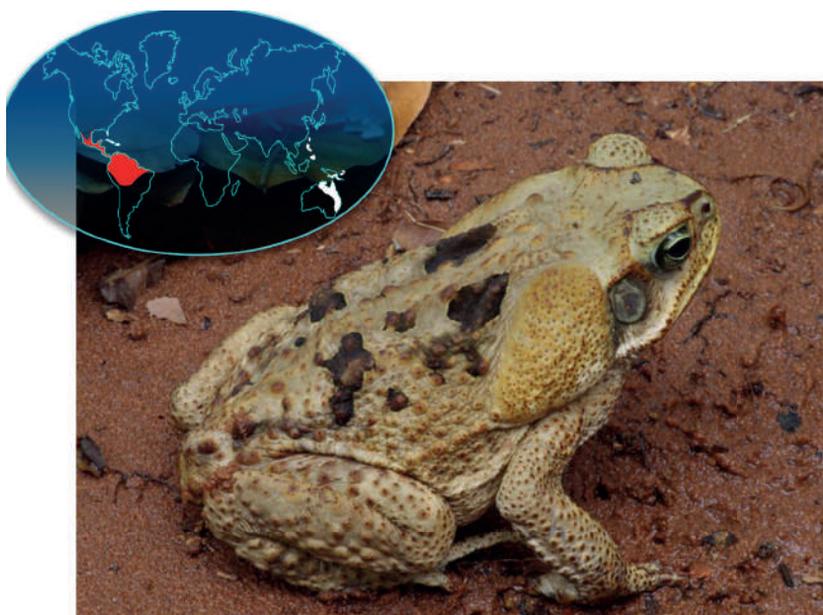


Fig. 2.1. Mapa no topo à esquerda: distribuição original do sapo-cururu, *Rhinella marina* (cor vermelha), e locais onde a espécie é encontrada por meio de introduções humanas (cor branca). Apesar disso, vale ressaltar que houve tentativas, sem sucesso, de introduzir a espécie nos desertos da Turquia. Fotografia ao centro: um exemplar de *R. marina* (foto gentilmente cedida por Guarino R. Colli).

O sapo-cururu *Rhinella marina* é nativo de florestas tropicais úmidas das Américas Central e do Sul e foi introduzido na Austrália (em 1935) em um esforço de controlar pragas de besouros

de cana-de-açúcar (Easteal, 1981). Contudo, o esforço de controle dessa peste falhou e *R. marina* se tornou uma espécie invasora e praga na Austrália, causando prejuízos para a fauna local. Sua densidade populacional é de 50 a 100 vezes maior onde foi introduzido, comparada às **áreas nativas**, e tem causado declínios populacionais de espécies nativas da região, como mamíferos, répteis e anfíbios (Fig. 2.1). Estima-se que existam mais de 200 milhões de sapos somente dessa espécie na Austrália. Mamíferos australianos (exemplo: *quolls*, do gênero *Dasyurus*) que predam sapos nativos não toleram a toxina do sapo-cururu e também não aprenderam a evitá-los. Como consequência, esses animais se tornaram localmente extintos e estima-se que a população desses animais reduziu em 97%. Em contrapartida, tentativas de introduzir essa espécie em outros lugares, como no Egito (em 1937), não foram bem-sucedidas (Easteal, 1981), visto que a espécie não foi capaz de sobreviver e se reproduzir nesses locais.

A situação relatada acima é apenas um exemplo dos efeitos negativos da introdução de uma espécie exótica em uma área natural. Entretanto, é interessante notarmos que essa espécie não possui a capacidade de ocorrer em todos os locais do globo, visto que tentativas de introdução dessa espécie no Egito foram malsucedidas. E, além disso, essa espécie possui distribuição naturalmente limitada nas regiões tropicais úmidas da América Central e do Sul, não ocorrendo em toda a extensão do continente americano. Logo, é provável que existam fatores que limitem a distribuição dessa espécie em seu ambiente natural e nas áreas onde ela foi introduzida. Relembrando o Capítulo 1 deste livro, onde destacamos a Ecologia como uma ciência *descritiva* e *explanatória*, ou seja, capaz de

explicar as interações que determinam a distribuição e abundância das espécies, para esse caso, poderíamos fazer a seguinte pergunta: como explicar as populações do sapo-cururu (*Rhinella marina*) conseguirem se desenvolver em áreas como a Austrália, Filipinas e Caribe, e não em outras áreas, como no Egito? Para respondermos a esta pergunta de maneira mais adequada, necessitamos aprofundar nossos conhecimentos sobre condições e recursos das espécies, bem como o conhecimento sobre o nicho delas.

## 2.1. Habitat e Nicho

Muitas pessoas fazem confusão entre as definições de *habitat* e *nicho*. Por isso, torna-se necessário fazer uma distinção entre os dois termos. Habitat corresponde ao local onde uma determinada espécie reside. O nicho, todavia, está mais associado à forma que o organismo vive no ambiente, como ele se relaciona e o que ele necessita do ambiente para sobreviver, crescer e reproduzir. Dentre diversas definições para esse conceito, nicho pode ser definido como o conjunto de tolerâncias e exigências que uma espécie necessita para sobreviver, crescer e reproduzir.

Voltemos ao exemplo do sapo-cururu *Rhinella marina*. Ela ocorre em áreas úmidas tropicais das Américas do Sul e Central, chegando a alcançar até o sul do Texas. Ela ainda ocorre em áreas onde ela foi introduzida, como Austrália, Filipinas e Caribe. Sua dieta é ampla e onívora, podendo comer invertebrados e pequenos vertebrados, além de plantas, restos orgânicos e resíduos domésticos. Ele é mais ativo durante à noite. Depende de locais quentes e úmidos para sobreviver e reproduzir e utiliza a água para a postura de ovos.

Diante de toda a informação dessa espécie relatada no parágrafo anterior, podemos distinguir claramente o habitat da espécie e o nicho dela. Para o habitat, poderíamos inferir toda a distribuição da espécie (áreas úmidas tropicais das Américas do Sul e Central). Já, para o nicho, poderíamos inferir suas atividades, necessidades e tolerâncias (*se alimenta de forma onívora, comendo invertebrados e pequenos vertebrados, além de plantas, restos orgânicos e resíduos domésticos; é mais ativo à noite; depende de locais quentes e úmidos para sobreviver e se reproduzir e utiliza a água para a postura de ovos*). Provavelmente, essa espécie conseguiu sobreviver na Austrália, Filipinas e Caribe, quando introduzida, porque esses locais devam ter características do ambiente compatíveis com o nicho dela. De modo similar, o Egito é conhecido por ser mais seco que os ambientes tropicais onde *R. marina* sobrevive, de forma que as características do ambiente são diferentes das do nicho dessa espécie.

Vejam os outros exemplos de animal. Imaginemos um tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*). Vide Fig. 2.2. Este é sul-americano, ocorrendo desde a Venezuela até o sul do Brasil e Uruguai. Ele ocorre em áreas de floresta e savana, sendo muito frequente em matas de galeria no Cerrado. Muito interessante é sua restrição alimentar: alimenta-se unicamente de formigas (daí o nome em tupi “tamandua”, que significa comedor de formigas), sendo considerada uma espécie *especialista* no que se refere à sua dieta/alimentação. Portanto, quando tratamos dessa espécie, poderíamos retratá-la de duas formas: primeiramente sobre o habitat, quando nos referimos à sua distribuição geográfica e locais onde ela vive; em segundo lugar, sobre o nicho dela, quando men-

cionamos sua dieta predileta (formigas), horários de atividade e uso do ambiente (Fig. 2.3).



Fig. 2.1. Exemplar de tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*) fotografado na Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – DF. Foto de Roger Ledo.

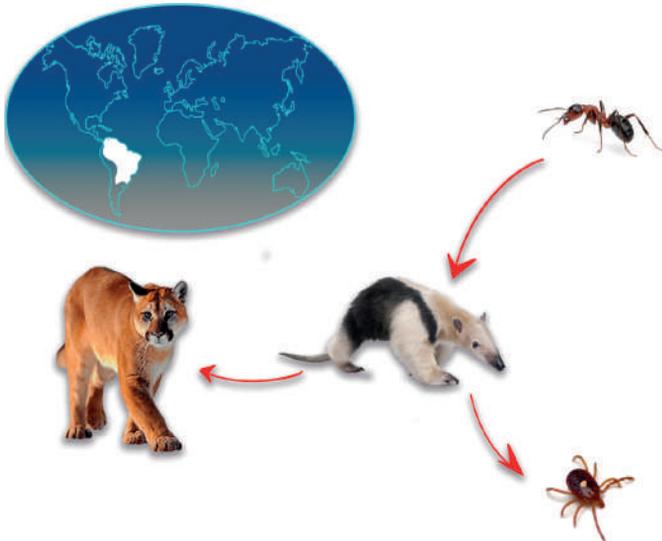


Fig. 2.3. Acima e à esquerda, o mapa de distribuição do tamanduá-mirim (cor branca), indicando seu habitat. Ao centro e à direita, exemplos de relações desempenhadas pela espécie como predador (da formiga), presa (da onça parda) e hospedeiro de um parasita (carrapato); ou seja, parte de seu nicho, segundo a proposta de Charles Elton.

Nicho é uma ideia central em Ecologia e, por isso, muitos pesquisadores defendem seu uso nos mais diversos estudos. Ele não é algo concreto, mas sim um conceito. Até o presente, existem mais de uma definição de nicho nessa disciplina. Uma outra definição, proposta por Charles Elton (1927), descreve-o como o status de um organismo em sua comunidade, indicando o que ele está ‘fazendo’. Em outras palavras, o nicho de um organismo significa seu papel no ambiente biótico, sua relação com o alimento e inimigos. Corresponde ao que uma espécie desempenha no ambiente, suas relações (Fig. 2.3), e não ao seu local geográfico.

**Habitat:** local geográfico de ocorrência de uma espécie.

**Nicho:** papel que a espécie desempenha no ambiente, suas relações. Ou ainda: o conjunto de tolerâncias e exigências ambientais que uma espécie possui para sua sobrevivência, crescimento e reprodução.

## 2.2. Espécies generalistas e especialistas

Com base nas informações de nicho acima dispostas, poderíamos distinguir os diferentes organismos em generalistas e especialistas, de acordo com quanto uma espécie tolera e exige do ambiente. Espécies generalistas se desenvolvem numa grande variedade de condições ambientais, enquanto espécies especialistas são extremamente exigentes. Veja os exemplos do sapo-cururu (*Rhinella marina*) e do tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*) acima apresentados. Percebamos que, em termos de alimentação, *R. marina* possui uma dieta muito mais vasta que o tamanduá-mi-

rim. Enquanto essa espécie de sapo possui uma dieta basicamente onívora, o tamanduá-mirim se alimenta apenas de formigas. Nesse caso, poderíamos dizer que *R. marina* possui uma dieta generalista, enquanto *T. tetradactyla* possui uma dieta especialista.

Em termos de distribuição geográfica (relativa ao habitat), muitas espécies podem estar amplamente distribuídas, enquanto outras podem estar distribuídas restritamente. O agente causador da cólera e da febre tifóide (*Vibrio cholerae* e *Salmonella typhi*) são bactérias que ocorrem em águas e alimentos contaminados em todo o mundo. Esses organismos, portanto, são considerados generalistas de habitat, visto que ocorrem numa gama de locais no mundo inteiro. Já o agente causador do Ebola ainda possui distribuição muito restrita, ocorrendo apenas em alguns lugares da África. De modo similar, o coronavírus (SARS-COV2) tinha uma distribuição muito restrita até o final de 2019, quando se disseminou contaminando pessoas em todo o mundo. Apesar de ser amplamente distribuído, o vírus só se replica dentro de células de mamíferos, o que garante também uma especificidade de nicho (como é para todo vírus).

### **2.3. Condições e recursos**

Compreendendo bem as definições de habitat e nicho, bem como suas diferenças, podemos avançar em dois novos conceitos: condições e recursos. Elas são propriedades distintas do ambiente que determinam e regulam a sobrevivência, crescimento e reprodução dos organismos. As condições são características físicas do ambiente, como: temperatura, umidade em ambientes aquáticos, pH e salinidade. Mesmo que o organismo consiga alterar as con-

dições em seu ambiente imediato (ex.: uma árvore que muda a temperatura e a umidade imediatamente abaixo da sua copa), em uma escala maior as condições não são consumidas nem esgotadas pelas atividades dos organismos.

Recursos ambientais, ao contrário das condições, são características físicas, químicas e biológicas do ambiente que são consumidas pelos organismos no curso da sua sobrevivência, crescimento e reprodução. Por exemplo, muitos organismos decompositores utilizam o corpo de outros organismos como fonte alimentar. Nessas situações, o corpo do organismo predado não ficará mais disponível para outro predador (a serpente consumida por um carcará, por exemplo, não ficará disponível para outro carcará). Isso gera uma consequência importante: os organismos podem competir entre si para capturar uma porção de um recurso limitado. Veja outros exemplos: a obtenção de íons nitrato do solo por plantas também são exemplos de recursos do ambiente, uma vez que cada íon capturado por uma planta não ficará disponível para outra planta utilizá-lo; de semelhante modo, em ambientes desérticos a água é um recurso limitante, de forma que plantas podem competir entre si para se manterem com as quantidades mínimas de água necessárias para sua sobrevivência.

Os organismos podem responder de maneira distinta às condições e recursos ambientais (Fig. 2.4). Vejamos o exemplo de uma planta bastante conhecida do Brasil, o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). Essa espécie é típica da floresta ombrófila mista da Mata Atlântica do Sul brasileiro (subtropical), ocorrendo entre 500 até 2.300m de altitude, nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e localmente em São Paulo, Minas

Gerais e Rio de Janeiro (informações de seu habitat). Em consequência, ela ocorre nesses locais porque sobrevive e consegue crescer em faixas de temperatura relativamente baixas (meses frios com médias de temperatura entre 8-12°C, com temperatura mínima abaixo de 0°C), porém bastante úmidas (pluviosidade entre 1.500 e 2.000mm). Essas são informações das condições climáticas de sua sobrevivência e crescimento; portanto, de seu nicho. Nessas condições, a araucária consegue crescer até 50m. Sendo plantada sob condições diferentes, mesmo conseguindo sobreviver, é bem provável que ela não consiga crescer e se reproduzir tão bem quanto nos ambientes descritos de seu nicho. Como exemplo, é notável o crescimento desfavorecido de araucárias plantadas na Capital Federal do Brasil, não atingindo nem 20m de altura (Fig. 2.4).



Fig.2.4. Pinheiro-do-Paraná, também conhecida como araucária (esquerda. Foto: Webyster Nunes. *Licence creative commons BY-AS 3.0*. Acessado em Wikipédia). O seu nicho pode ser caracterizado como o de ambientes frios do sul do Brasil. Em termos de condições, a planta sobrevive em ambientes com temperaturas baixas e que, eventualmente, nevam ou sofrem geadas. Ambientes mais quentes (em latitudes menores que 20 graus) não são ideais para o crescimento e reprodução da espécie (Foto: Felipe Menegaz. *Licence creative commons BY-AS 3.0*. Acessado em Wikipédia). A figura da direita, por exemplo, é um pinheiro-do-Paraná plantado em Brasília – DF, cidade cujo clima é mais quente que o original da espécie. Perceba, nessa imagem, que a espécie nem atingiu seu tamanho habitual (Foto: Fábio Passos).

## 2.4. Aplicação de condições e recursos para compreensão do nicho das espécies e solução de problemas ambientais

Um grande problema ambiental que pode ser compreendido em termos de condições e recursos (e do nicho dos organismos, conseqüentemente) é o poder devastador das espécies invasoras. Relembrando o caso do sapo-cururu *Rhinella marina*, narrado no início deste capítulo, é perceptível que a espécie obteve sucesso de introdução em regiões compatíveis com o seu nicho. Ou seja, a espécie conseguiu sobreviver, crescer e se reproduzir justamente em locais cujas condições climáticas semelhantes (locais úmidos e relativamente quentes) e com recursos abundantes (diversos insetos e pequenos vertebrados do local, serviram de presas para ela). Além disso, a ausência de predadores eficientes fez com que a espécie aumentasse sua densidade populacional, conseguindo concentrar populações com 50 vezes mais indivíduos que em seus ambientes originais. Considerando os prováveis efeitos danosos da adição de uma espécie invasora na comunidade animal da Austrália, a medida governamental de maior sucesso para o controle de populações de sapo-cururu é a liberação da caça do animal nessas regiões, tanto das formas adultas (quando concentradas em um lago, por exemplo) quanto de seus ovos.

Problemas ambientais com espécies invasoras são cada vez mais comuns. Um outro exemplo ocorre com as espécies de peixe-leão (*Pterois volitans* e *P. miles*), espécies típicas do oceano Índico e Pacífico, mas que foram introduzidas no oceano Atlântico a partir da costa da Flórida, expandindo sua distribuição enormemente ao longo de apenas duas décadas. Em apenas 10 anos, a espécie se alastrou por todo o golfo do México, leste dos Estados Unidos

da América e Bermudas, avançando sua distribuição pela costa da América do Sul. A espécie é carnívora, reduzindo a diversidade de peixes recifais nessas regiões. Além disso, a espécie possui diversos espinhos em suas nadadeiras. Outro aspecto importante **é o fato desse peixe** ser venenoso, não possuindo predadores naturais. Acredita-se que, em pouco tempo, o peixe-leão conseguirá transpor barreiras naturais de água doce, como a foz do rio Amazonas, e expandirá sua distribuição até o litoral sul do Brasil. Isso se deve também ao fato de as águas tropicais do oceano Atlântico possuírem condições muito similares às suas águas de origem, no oceano Índico.

Vejamos a aplicação de condições e recursos em outro exemplo: cianobactérias que crescem em lagos poluídos, fenômeno conhecido como *bloom* (floração), decorrente da eutrofização. Os corpos d'água de uma maneira geral são oligotróficos, ou seja, possuem pouca (*oligo*) quantidade de nutrientes (*trophos*). Entretanto, a forma de vida nas cidades gera uma imensa quantidade de resíduos (dejetos alimentares e excessos de adubos químicos nas fazendas) que podem ser carregados pelas chuvas até lagos, aumentando a quantidade de nutrientes nesses locais. Isso muda as características químicas do corpo d'água, aumentando a quantidade de recursos nesse ambiente (exemplos: fósforo, nitrogênio e potássio, nutrientes comuns dos adubos do tipo NPK). Em consequência, recursos que antes eram escassos (limitantes para o crescimento de micro-organismos) se tornam abundantes, o que propicia o crescimento desenfreado de bactérias nos lagos. Infelizmente, o crescimento de cianobactérias (ex.: *Mycrocystis aeruginosa*) na superfície dos lagos promove um consumo quase que total

do oxigênio dissolvido na água, o que acarreta uma enorme mortandade de peixes e plantas aquáticas. Neste caso, a quantidade de oxigênio dissolvido na água se torna um recurso essencial para a sobrevivência de peixes em lagos poluídos.

A vantagem de considerar condições e recursos para se descrever o nicho dos organismos (em vez de apenas se analisar as relações que esses organismos desempenham) **é que ele pode ser quantificado**. Dessa forma, profissionais em Controle Ambiental e saneamento poderão analisar a quantidade de nutrientes dos corpos d'água, e inferir se eles estão eutrofizados o suficiente para permitirem o crescimento microbiano, a ponto de impactarem outras formas de vida. Mesmo, em caso de eutrofização, medidas poderão ser tomadas para se reduzir esses níveis de nutrientes até parâmetros desejados; controlando, em consequência, o crescimento de organismos indesejados.

Partindo do princípio de que cada espécie apresenta uma resposta ótima a uma dada condição ou recurso (Fig. 2.5), podemos identificar as quantidades mínimas e máximas para seu crescimento, definindo esse intervalo como parte do nicho da espécie. Essa forma de quantificar o nicho se assemelha muito à proposta de Hutchinson (1957), definindo-o como um hipervolume composto de todas as condições e recursos ambientais sob os quais uma espécie de interesse possui uma taxa de crescimento positiva (ou seja, que consegue sobreviver, crescer e reproduzir). Ela se difere da proposta de Elton (apresentada no início deste capítulo) por não descrever o “papel” da espécie no ambiente, mas por descrever o que uma espécie necessita para sobreviver, crescer e se reproduzir, ou seja, suas tolerâncias e exigências. Dependendo da

forma de atuação do profissional, essas duas maneiras de se compreender o nicho de uma espécie poderão ser utilizadas na solução de um determinado problema ambiental.

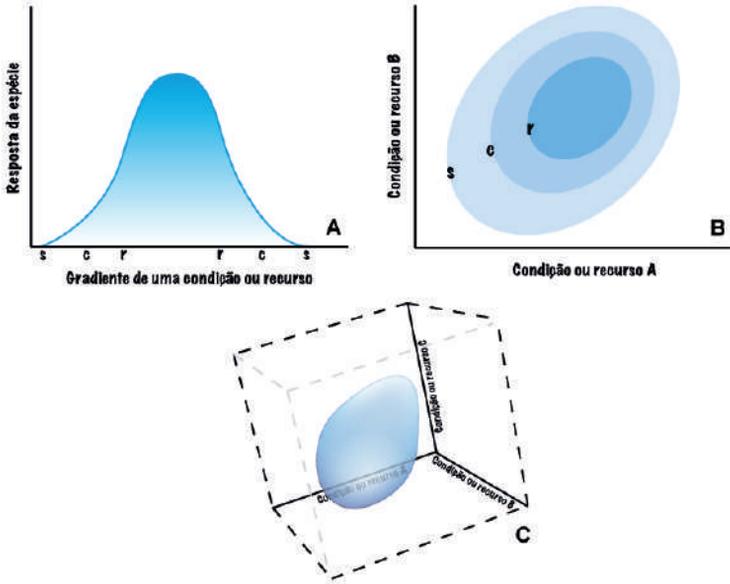


Fig. 2.5. Possíveis respostas de uma espécie a gradientes de condições e recursos. No caso A, a resposta de uma espécie em termos de sobrevivência (s), crescimento (c) e reprodução (r) para um único gradiente. No caso B, a resposta de uma espécie para dois gradientes de condição ou recurso. Para o caso C, para três gradientes de condição ou recurso. As ilustrações apenas fazem menção à ideia de nicho como algo quantificável, em termos de condições e recursos do ambiente, similar à proposta de nicho de Hutchinson. Ilustração de Roger Ledo.

## 2.4. EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Diferencie habitat de nicho.
02. Diferencie condição de recurso.
03. O que é uma espécie generalista e uma espécie especialista? Dê exemplos de cada caso.
04. Como o estudo das condições e recursos pode explicar a ocorrência de espécies invasoras, a exemplo do sapo-cururu (*Rhinella marina*), que é originária apenas da Amazônia, mas que atualmente é encontrada na Austrália e em ilhas do Caribe? Além disso, explique também a incapacidade de sobrevivência dessa espécie em outros ambientes, como o da Turquia?
05. Discuta a seguinte afirmação: “Um leigo pode descrever a Antártica como um ambiente extremo, mas um ecólogo jamais deveria proceder assim”.
08. Por que os cientistas estão tão preocupados com a elevação dos níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera? Explique isso com base em seu conhecimento sobre o nicho das espécies?

## CAPÍTULO 3

# Ecologia de Populações



Fig. 3.1. Pastagem natural seca, chamada de "pajonale", presente nas lagunas altiplânicas chilenas *Miñiques* e *Miscanti*, a mais de 4.000m de altitude. A pastagem, de cor dourada (gen. *Festuca*, parte inferior da figura), consegue sobreviver à baixa disponibilidade de água, graças a uma distribuição homogênea entre seus indivíduos (parte superior da

figura), como resultado da competição intraespecífica. Imagens de Roger Ledo.

O deserto do Atacama é considerado o deserto mais seco do mundo, possuindo algumas regiões que não recebem uma única gota de chuva há séculos. A água de algumas lagoas altiplânicas, como *Miñiques* e *Miscanti*, vem do degelo de montanhas (Fig. 3.1). Tudo isso faz com que a água seja um recurso (vide Capítulo 2) limitante para diversas plantas típicas da região, como no caso das plantas do gênero *Festuca* (Família das gramíneas, *Poaceae*). Vide fig. 3.1. Vistas de longe, esse tipo de planta parece ser uma das únicas capaz de sobreviver sob tais condições e pobreza de recursos, recobrando a paisagem altiplânica como uma espécie de tapete dourado. Contudo, ao se olhar de perto, a disposição dessas plantas é interessantíssima: elas mantêm uma distância homogênea entre si, formando pequenas moitas de espaçamento uniforme. Enfim, um belo capricho da natureza. Toda essa beleza, logicamente, possui uma explicação (eco)lógica. Trata-se da melhor disposição capaz de reduzir a competição intraespecífica por água. Em outras palavras, caso alguma planta crescesse próxima de alguma outra já estabelecida, provavelmente não sobreviveria, pois sofreria demasiadamente para obter o mínimo de água necessária para sua manutenção e, com isso, morreria desidratada. Todo esse “jogo” de sobrevivência e morte num ambiente com poucos recursos, como o do deserto do Atacama, acarreta esse padrão homogêneo de distribuição. Logicamente, esse padrão de distribuição pode ser encontrado não apenas no Atacama, mas em qualquer outra vegetação desértica, como na Patagônia (Argentina), Sonora (México e Estados Unidos), dentre outras.

### 3.1. Estrutura Populacional

Uma população consiste em um conjunto de indivíduos de uma mesma espécie, habitando um determinado local e sob um mesmo intervalo de tempo. A partir dela, ecólogos podem extrair diversas informações, como sua estrutura populacional no espaço ou ao longo de suas classes etárias. No exemplo do início deste capítulo, nota-se que a distribuição da vegetação típica das lagoas altioplânicas chilenas é homogênea, em decorrência da carência de água no solo. Há, contudo, outros padrões de distribuição espacial das populações, como a agrupada e a aleatória (Fig. 3.2), decorrentes de processos diferentes do apresentado no início do capítulo. A distribuição agrupada tende a ocorrer em situações (ambientais e/ou comportamentais) opostas às da distribuição homogênea. Ambientes com alta concentração de recursos em manchas de habitat geralmente permitem que organismos convivam proximamente dentro dessas manchas (ex.: anfíbios dependentes de lagoas para reprodução). Fatores comportamentais também podem explicar distribuições agrupadas, como a predisposição genética em formar grupos (ex.: insetos sociais – cupins, formigas e abelhas) ou a tendência da prole em ficar com seus progenitores, auxiliando-os na caça e/ou na proteção contra ataques – leões, lobos, elefantes, suricates, capivaras etc.). Distribuições aleatórias geralmente se encontram entre esses extremos. Geralmente podem ter a mesma probabilidade de ocupar qualquer ponto do habitat, sem as consequências do antagonismo social ou da atração mútua da mesma população.

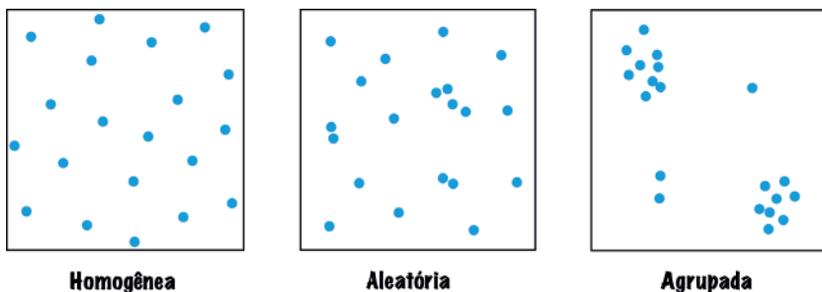


Fig. 3.2. Padrões de distribuição descrevendo o espaçamento entre indivíduos de uma população. Esses padrões de distribuição também podem ser nomeados com sinônimos (exemplos, da esquerda para a direita: distribuição regular ou uniforme, ao acaso e agregada). Ilustração de Roger Ledo.

Outros aspectos da estrutura populacional, como o número de indivíduos recém-nascidos, o crescimento, investimento reprodutivo, o tamanho da ninhada para cada fêmea, a mortalidade e a duração da vida compõem a história de vida de uma determinada espécie e podem ser resumidas em tabelas de vida. A partir de uma *coorte* (*cohort*, grupo de indivíduos que nascem no mesmo período) essas informações podem ser registradas ao longo da vida desses organismos; tanto em campo, quanto em ambientes mais controlados (cativeiro). Como exemplo, apresentaremos a tabela de vida de uma população de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) brasileira (Moreira 1995).

Diferente dos demais roedores, os filhotes de capivaras já nascem com os olhos abertos e cobertos de pelagem. Eles também já conseguem andar após algumas horas e conseguem ingerir alimento sólido após alguns dias de nascido. Nascem em média com 1,5Kg, alcançam cerca de 22 Kg após o primeiro ano de vida e, ao fim de dois anos, alcançam 40Kg (Ojasti 1973). Crescem em média  $53,6 \pm 1.9\text{g/dia}$ . Entre 1,5 e 2 anos de vida, com

aproximadamente 30Kg, elas podem ser consideradas sexualmente maduras, com alta produção de espermatozoides nos machos e surgimento de características sexuais secundárias, como glândulas nasais e anais. As fêmeas também estão maduras e podem ser fertilizadas nessa mesma idade e peso. Diferente dos demais roedores, capivaras possuem gestações longas (120 dias em média) e ninhadas pequenas (em torno de quatro filhotes). Vide Fig. 3.3. Esses animais são *iteróparos* (podem se reproduzir diversas vezes ao longo da vida), possuindo um pico gestacional com 4 anos de vida, seguido por um declínio reprodutivo e aumento da mortalidade (Tabela 3.1). Animais que apenas se reproduzem uma vez na vida, gastando toda a energia e esforço nesse único evento (e muitas vezes morrendo em seguida), são chamados de *semelparos*.



Fig. 3.3. Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) amamentando sua ninhada. Foto de Bernard Dupont. Local da foto: Rio São Lourenço, Porto Jofre, Poconé, Mato Grosso – BRASIL. Figura apresentada sob *licence CC BY-SA 2.0*.

Tabela 3.1. Tabela de vida estática de uma população de capivaras na ilha do Marajó, Brasil (adaptado de Moreira, 1995).

Idade	Frequência ( $f_x$ )	Proporção da <i>coorte</i> original sobrevivente no ano X ( $l_x$ )	Proporção da <i>coorte</i> original morta no ano X ( $d_x$ )	Taxa de fertilidade (fêmeas produzidas por cada fêmea no ano)
1	227	1.000	0.680	–
2	76	0.320	0.129	1.60
3	47	0.191	0.073	1.94
4	30	0.118	0.049	3.21
5	18	0.069	0.036	1.91
6	9	0.033	0.028	–
7	1	0.005	–	–
Média				2.70

As informações contidas na tabela de vida da população de capivaras estudada (Tabela 3.1) sugerem uma alta taxa de mortalidade ao longo do primeiro ano (68%), sendo que essa taxa tende a reduzir no segundo ano e assim sucessivamente. Apesar da alta mortalidade nos primeiros anos de vida, a tabela de vida mostra que a taxa de fertilidade (última coluna) da população é relativamente alta (nascimento médio de 2.70 fêmeas para cada fêmea), sugerindo que para essa *coorte* a população está em crescimento, e não em declínio. Caso os valores de taxa de fertilidade fossem menores que um, a população estaria em declínio. Esse exemplo demonstra que uma simples tabela de vida é capaz de trazer inúmeras informações sobre a estrutura etária e fecundidade de uma população; podendo, inclusive, inferir a “saúde” dessa população: se ela está estável, em crescimento ou declínio. Logicamente, esse resultado estaria associado a uma complexa relação entre a popu-

lação e as condições e recursos do ambiente, bem como com seus predadores.

As informações da proporção de sobreviventes em cada ano ( $l_x$ ) também podem ser transformadas para escala logarítmica (“linearizando” diferenças muito abruptas de mortalidade,  $\text{Log}_{10}(l_x)$ ) e podem ser apresentadas de forma gráfica (Fig. 3.4). Essa representação pode ser útil para se avaliar como a população se comporta no tempo. Nota-se, pelo gráfico, que as taxas de mortalidade permaneceram relativamente constantes entre o primeiro e quinto ano de vida. Após o grande investimento reprodutivo típico do quarto ano de vida das capivaras (Moreira, 1995) a taxa de mortalidade aumentou em demasia.

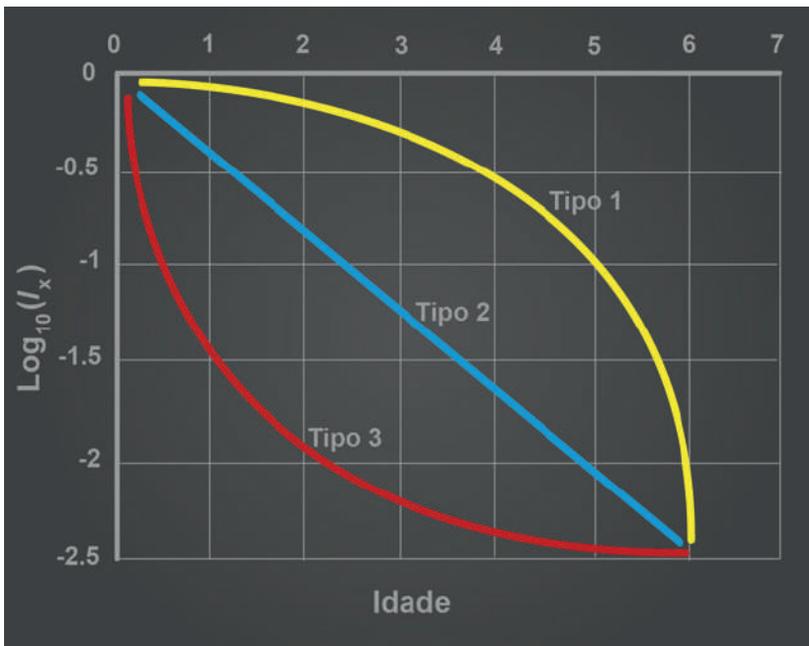


Fig. 3.4. Curva de sobrevivência de uma população de capivaras brasileira, gerada a partir dos dados de Moreira (1995), à esquerda, e modelos de curva de crescimento (à

direita). Populações que geralmente não possuem grandes ninhadas, mas que ao mesmo tempo não possuem grandes perdas nos primeiros anos de vida se enquadram no padrão Tipo 1. Populações que possuem taxas de mortalidade constante se enquadram no padrão Tipo 2. Populações que geralmente geram grandes ninhadas, mas que ao mesmo tempo possuem grande mortalidade nos primeiros anos de vida e progressiva diminuição das taxas de mortalidade, à medida que os indivíduos crescem, se enquadram no modelo Tipo 3.

Com base na Fig. 3.4, podemos dizer que as diferentes populações da Terra se enquadram em uma das três possibilidades de curvas de sobrevivência. Em países ditos desenvolvidos, com maior produto interno bruto, índice de desenvolvimento humano e um sistema de saúde de qualidade, a população humana tende a se enquadrar no padrão Tipo 1, com baixa taxa de mortalidade nos primeiros anos de vida e aumento de mortalidade nos últimos anos de vida, por causas naturais. A população de capivaras descrita neste capítulo aparentemente se enquadra no modelo Tipo 2, onde a taxa de mortalidade segue um padrão mais ou menos constante ao longo dos anos/*coortes*. Populações de tartarugas marinhas possivelmente se enquadrem na categoria Tipo 3, assim como a maioria dos organismos vivos nas comunidades naturais da Terra. Nesse modelo, ocorre grande mortalidade nos primeiros anos de vida e progressiva diminuição das taxas de mortalidade à medida que os indivíduos crescem.

### **3.2. Estrutura populacional e a Ecologia Aplicada**

É bem provável que um recurso ambiental não esteja distribuído homogeneamente no espaço, bem como os possíveis predadores de uma determinada espécie. Ademais, a atuação humana tem fragmentado ambientes naturais, confinando populações animais e vegetais em manchas de habitat com condi-

ções adequadas para a sobrevivência. Levando isso em consideração, ecólogos têm considerado que uma determinada população esteja fragmentada em grupos menores (subpopulações) com alguma mobilidade entre si. Dessa forma, o conjunto de subpopulações de uma mesma espécie que não se encontram ligadas entre si, mas cujos indivíduos conseguem eventualmente se mover de uma subpopulação para outra é chamado de metapopulação (Fig. 3.5). Logicamente, fatores associados à preservação e qualidade ambiental entre manchas de habitat podem permitir que alguns indivíduos consigam se mover mais facilmente entre essas manchas do que em algum lugar com menor qualidade entre fragmentos de habitat.

Todo esse escopo de conhecimentos tem permeado disciplinas como a genética de populações e a ecologia da paisagem, no objetivo de avaliar a viabilidade das subpopulações nas diferentes manchas de habitat e, ainda, conseguir localizar possíveis regiões com características ambientais que permitam maior mobilidade e migração de organismos entre as subpopulações, fenômeno que pode aumentar a variabilidade genética da metapopulação como um todo. Com base nas informações dessas disciplinas, ecólogos com enfoque conservacionista podem sugerir áreas prioritárias para a conservação, levando-se em consideração a análise da viabilidade das subpopulações; podendo identificar regiões-fonte (ambientes com maior qualidade e, por consequência, com capacidade de manter populações viáveis, com maiores taxas de fecundidade por indivíduo e maior diversidade genética) ou, ainda, propor alterações no ambiente entre manchas de *habitat*, como

corredores ecológicos<sup>3</sup>.

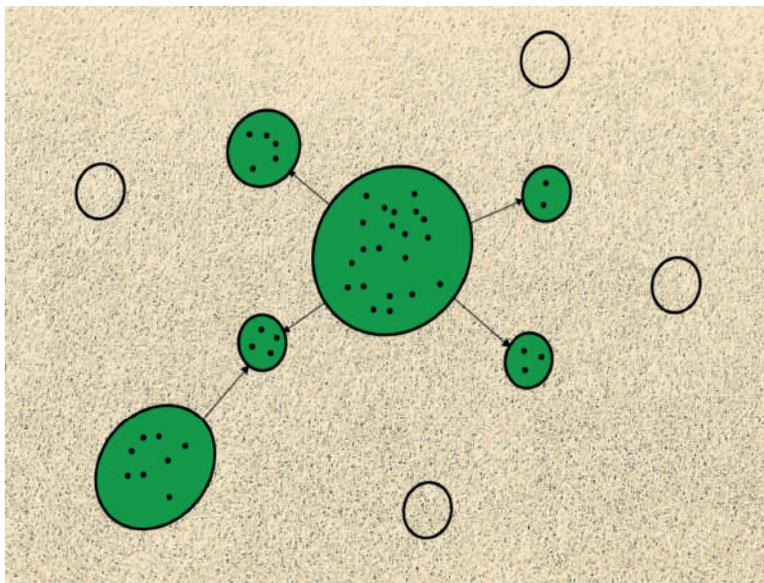


Fig.3.5. Representação de um modelo de metapopulação. Cada ponto preto representa um indivíduo da população. Locais habitados estão na cor verde e locais inabitados estão transparentes. Setas sugerem o sentido de migração de indivíduos. Dessa forma, locais com maior área comportam maiores subpopulações e se tornam regiões-fonte para outras áreas. Locais menores, que apenas recebem indivíduos, são chamados de sumidouros. Ilustração de Roger Ledo.

### 3.3. Modelos de crescimento populacional

Em *A origem das espécies*, Charles Darwin deixa claro que todo ser vivo naturalmente cresce a uma taxa tão alta que, se não contido por forças de predação ou parasitismo, a Terra seria co-

---

3 Corredores ecológicos são porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela(s) das unidades individuais (Brasil, 2000).

berta rapidamente pela progênie de um único casal. Ele justificou sua afirmação utilizando potencial de crescimento populacional de elefantes, muito conhecidos pela demora em atingir a maturidade reprodutiva (somente a partir dos 30 anos de idade), pela longa gestação (entre 18 e 22 meses) e pelo pequeno tamanho da ninhada (apenas um filhote por gestação). Partindo do princípio que fêmeas de elefante têm, em toda a sua vida (100 anos), no máximo seis filhotes, Darwin estimou que em pouco mais de 700 anos, a população de elefantes chegaria a 19 milhões a partir de um único casal.

O comportamento populacional da espécie humana não é diferente ao dos demais organismos vivos. Desde o domínio da agricultura, há cerca de 10.000 anos atrás, a população humana tem crescido consideravelmente sobre a face da Terra. Acrescido à revolução agrícola medieval e à Revolução Industrial, o contingente mundial conseguiu atingir a marca de 1 bilhão de pessoas pela primeira vez, no início do século XIX. Desde então, a população tem crescido exponencialmente, fruto dos avanços na área de alimento e saúde, gerando mais recursos para crescimento, reprodução e redução das taxas de mortalidade humana. De semelhante modo, acredita-se que a capacidade de pessoas existentes no Planeta, já extrapolou o limite em suportá-la (atualmente, 7.8 bilhões de pessoas). Como esse efeito retornará à humanidade é ainda incerto. Entretanto, acompanhado do crescimento da população, está a degradação ambiental e a produção de resíduos, que reduzem a qualidade do ambiente em que a própria espécie humana vive e tanto necessita.

Na ausência de predadores e na abundância de recursos, as

populações tendem a crescer de forma exponencial ou geométrica (Fig. 3.6). A característica principal desses modelos é que a variável tempo ( $t$ ) se localiza no expoente.

Função exponencial, onde  $r$  é a contribuição *per capita* para o crescimento populacional, medido pela diferença entre a natalidade ( $b$ ) e mortalidade ( $d$ ),  $r = b - d$ .

Função geométrica, onde  $r$  é a taxa de crescimento anual *per capita*, medida pela diferença entre as taxas anuais de nascimento ( $B$ ) e de mortalidade ( $D$ ),  $r = B - D$ .

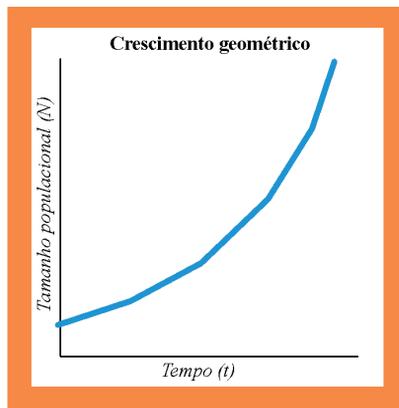
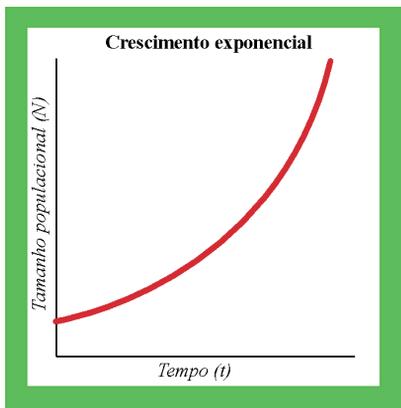


Fig. 3.6. Modelos de crescimento exponencial (cor verde) e geométrico (cor laranja). Ambos, em termos práticos, são complementares. Ilustração do autor.

Para populações cujo nascimento ocorra continuamente ao longo do ano, como a população humana, o modelo exponencial pode ser o mais adequado. Contudo, caso o incremento de novos indivíduos ocorra num único momento, como na estação chuvosa, a função geométrica é mais adequada. Contudo, ambos os modelos são complementares, de forma que eles podem descrever os mesmos dados com a mesma qualidade (Fig. 3.6).

Na ausência de recursos, populações apresentam um outro

comportamento de crescimento, mais próximo do padrão logístico (Fig. 3.7). Esse padrão de curva sugere que, a cada incorporação de novos indivíduos à população, a taxa de crescimento *per capita* ( $r$ ) não será mais uma constante. Neste caso, haverá uma diminuição progressiva, que ocorrerá de forma linear. Chegará um momento em que ela alcançará o patamar zero ( $r = 0$ ); ou seja, a taxa de entrada de indivíduos *per capita* se igualará à taxa de mortos, estabilizando a curva de crescimento em torno do máximo que a população consegue atingir naquele local. Esse valor máximo foi nomeado pela letra **K**, considerada a **capacidade suporte do ambiente**, o ponto mais alto que a população consegue atingir.

Função logística (curva sigmoide): a contribuição *per capita* para o crescimento populacional ( $r$ ), diminui à medida que a população cresce;  $t$  representa o tempo;  $i$  representa o tempo onde a taxa de crescimento da população é máxima, representando um ponto de inflexão da curva logística. Este, equivale à metade do tamanho máximo da população (**K**); ou seja, para  $i$ , o tamanho populacional será de  $K/2$ .

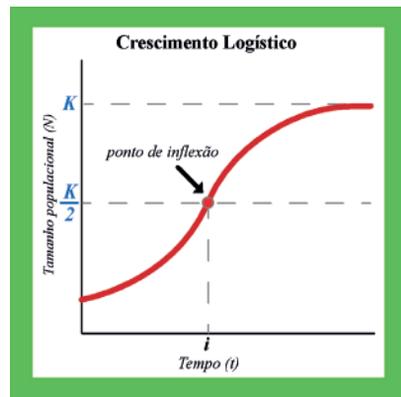


Fig. 3.7. Função (esquerda) e curva de crescimento logístico (direita), indicando o ponto de inflexão e sua correspondência com a capacidade suporte do ambiente ( $K$ ). Ilustração do autor.

A realidade é que, para diversos organismos da natureza, a curva de crescimento logístico faz mais sentido. Existem diversos fatores que são dependentes da densidade populacional e podem preponderar à medida que a população se aglomera (exemplo: maior competição por recursos, maior exposição a predadores, parasitas e maior facilidade de transmissão de doenças), agindo como moduladores do crescimento populacional. Todos esses fatores agirão diretamente na população e indiretamente na qualidade individual para a fecundidade e inclusão de novos indivíduos.

Diante do cenário exposto pela curva de crescimento logístico, nota-se que o crescimento populacional ocorre com valores superiores de  $r$ , devido à própria capacidade humana em gerar mudanças significativas no ambiente, convertendo áreas naturais em agricultáveis e, por consequência, produzindo resíduos em demasia. Como esse efeito retornará à população humana é ainda incerto. Contudo, toda reflexão acerca desse aspecto se torna-se necessária.

### 3.4. EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Quais fatores determinam a distribuição homogênea de uma espécie?
02. O que é avaliado numa tabela de vida?
03. O que é uma metapopulação?
04. O que vem a ser a capacidade suporte do ambiente (K) nos modelos de crescimento populacional? Caso não houvesse capacidade de suporte, como se comportariam os crescimentos populacionais?
05. Com base em seu conhecimento acerca da espécie humana, em qual modelo de crescimento populacional ela se enquadraria? Justifique.



## CAPÍTULO 4

### Interações ecológicas



Fig. 4.1. Predação de sementes de uma barriguda (*Ceiba speciosa*) por uma maritaca (*Pionus* sp.). Foto de Fabio Passos.

Como visto no primeiro capítulo deste livro, todos os organismos vivos presentes num determinado local estabelecem relações entre si. E, por meio delas, sobrevivem, crescem e se reproduzem no ambiente. Essas relações são frequentemente chamadas

de relações ecológicas ou interações ecológicas. Podem apresentar caráter benéfico para ambos os participantes ou podem ser prejudiciais para um dos envolvidos ou para ambos. É importante notar também que essas relações são dinâmicas no tempo. Ou seja, num determinado momento, dois indivíduos de uma mesma espécie podem aparentemente não estabelecer relação. Contudo, em outros momentos (geralmente na época reprodutiva), esses mesmos indivíduos podem competir de maneira a se prejudicarem simultaneamente.

Uma das principais interações existentes num ecossistema é a interação consumidor-recurso. Dentro dela se agrupam as relações de predador-presa, herbívoro-planta e parasita-hospedeiro. Os psitacídeos, por exemplo, são encontrados em todos os biomas brasileiros, com comportamento alimentar generalista de acordo com a disponibilidade de recursos locais. Dessa forma, podem atuar como influenciadores ou serem influenciados pela vegetação onde estão inseridos, como predadores e dispersores de sementes ou como polinizadores, de acordo com o hábito alimentar especializado. Como dispersores de sementes, podem contribuir para o recrutamento de espécies nativas. Ao exercerem o papel de predadores, podem interferir positivamente no controle das espécies. Nesse grupo de aves, as maritacas (*Pionus* sp.), por exemplo, consomem as sementes imaturas das barrigudas (*Ceiba speciosa*). Apesar disso ser algo negativo para a planta, esse tipo de predação pode atuar positivamente, pois uma vez aberto o fruto, há uma dispersão das sementes por anemocoria (dispersão pelo vento).

#### **4.1. Uma compreensão evolutiva das relações ecológicas**

Nenhum organismo está sozinho no ambiente. Na verdade, qualquer organismo convive e interage constantemente com outros organismos da mesma espécie ou de espécies diferentes. O resultado dessas interações repercute inevitavelmente no sucesso (sobrevivência, reprodução e adaptação) de um indivíduo e de uma espécie no ambiente. Ao longo das gerações, no tempo evolutivo, essas relações podem ganhar contornos ainda mais peculiares, deixando o estudo delas ainda mais belo e atraente. Algumas relações podem assumir contornos muito estreitos e benéficos, como um mutualismo, a ponto de uma espécie não conseguir sobreviver sem a outra. Em outros casos, algumas espécies tendem a evitar outras (ex.: uma presa em relação a seu predador) e sua coloração e anatomia parecem ter sido selecionadas para se camuflar melhor no ambiente (Fig. 4.2). De igual modo, o predador assume estratégias que evitam a identificação de sua presença no ambiente, o que potencializaria a sua captura de presas. Em ambos os casos, as relações ecológicas e a evolução “caminharam” juntas, num fenômeno conhecido como coevolução. Portanto, muitas das relações ecológicas só fazem sentido se analisadas dentro de um contexto evolutivo, que envolve sucessivas gerações ao longo do tempo.



Fig. 4.2. A semelhança na coloração e forma de um inseto com o caule de uma árvore geralmente o deixa camuflado, tanto para predadores quanto para biólogos treinados. Esses tipos de “caprichos da natureza” podem ser explicados por meio de relações ecológicas envolvendo uma triangulação entre predador, presa e ambiente, numa espécie de coevolução. Foto de Fábio Passos.

#### **4.2. Tipos de interações ecológicas e seus efeitos nas populações**

As interações ecológicas podem ocorrer entre indivíduos de uma mesma espécie (relações intraespecíficas) ou entre indivíduos

de espécies distintas (relações interespecíficas) (Fig. 4.3). As relações ecológicas podem ser classificadas, ainda, como: harmônicas (positivas), quando há benefícios ou cooperação entre os indivíduos envolvidos; e desarmônicas (negativas), quando há prejuízo para, pelo menos, um dos indivíduos envolvidos. A partir dessas definições, daremos destaque a algumas interações ecológicas a seguir.



Fig. 4.3. Exemplo de uma interação intraespecífica (imagem superior) e de uma interação interespecífica (abaixo). Fonte: Pixabay.

### 4.2.1. Relações intraespecíficas

#### a) Colônia

A colônia é uma associação benéfica entre organismos de uma mesma espécie, cujos indivíduos estão anatomicamente conectados. A separação de uma colônia pode implicar na morte dela ou na formação de uma nova colônia. Uma colônia pode ainda ser **isomorfa**, caso não haja variação de forma e função entre os indivíduos que a compõem, ou **heteromorfa**, caso haja variação de forma e função entre os indivíduos que a compõem (hetero = diferente; morfa = forma). Colônias de algas que crescem num lago eutrofizado ou colônias de bactérias que vivem no intestino de mamíferos são isomorfas (Fig. 4.4a). Por sua vez, pólipos ou a caravela portuguesa são cnidários que se enquadram como colônias heteromorfas, já que possuem alguns indivíduos que apresentam as seguintes funções: alimentar (gastrozoides); reprodutiva (gonozoides) e, ainda, a função exclusiva de defesa e captura de presas (dactilozoides) (Fig. 4.2b). Apesar de estar flutuando e parecer um indivíduo, uma caravela portuguesa é, na verdade, uma colônia heteromorfa levada pela força dos ventos e da maré, de forma errante.

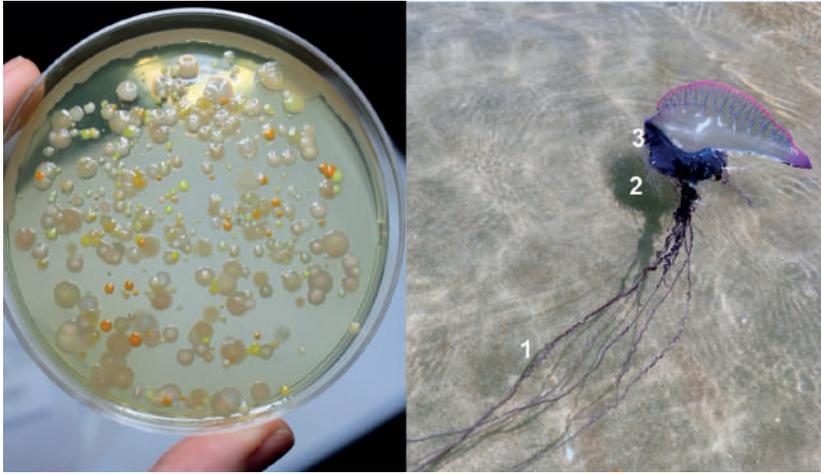


Fig 4.4. À esquerda, colônias isomorfas (com formas similares) de bactérias. Cada colônia, nesse caso, é originária de apenas um indivíduo. À direita, uma colônia heteromorfa (caravela portuguesa). Cada número indica uma forma específica de cada um dos membros da colônia (1: dactilozóides – com função de defesa, cheio de cnidócitos; 2: gastrozóides – com função de captura de presas e pré-digestão; 3: gonozóides – com função reprodutiva). Imagens de Peyton Kikalo (esquerda) e de de Arthur Mota (direita). Imagens obtidas gratuitamente pela licença Canva For Education.

## **b) Sociedade**

A sociedade é uma associação benéfica entre organismos de uma mesma espécie, cujos indivíduos possuem liberdade de locomoção. A sociedade possui um grau de cooperação complexo, de comunicação e de divisão de trabalho extremamente organizado. Esse elevado grau de divisão de trabalho aumenta a eficiência do conjunto e contribui significativamente para a sobrevivência de todos os integrantes. A comunicação entre esses indivíduos ocorre quimicamente, geralmente por ferormônios, descritos como hormônios sociais, que regulam respostas e a diferenciação dos diversos trabalhos. Insetos sociais como abelhas, vespas, formi-

gas e cupins; alguns mamíferos como castores, gorilas e a própria espécie humana podem ser enquadrados como organismos que vivem em sociedade.

Como exemplos, abelhas e formigas se diferenciam em rainha, que é a única fêmea que reproduz e faz a postura; em zangão, que é o macho com funções reprodutivas e em operárias e soldadas, com funções de manutenção (limpeza, produção de cera e coleta de pólen) e de defesa. Percebe-se que cada indivíduo trabalha de maneira cooperativa. Mas, ao contrário da colônia, possuem movimentação independente e, caso um indivíduo seja isolado, a sociedade não desaparecerá (Fig. 4.5).



Fig. 4.5. Abelhas são exemplos de insetos sociais, com liberdade individual de locomoção e com divisão de trabalho. Imagem de PixaBay.

### c) Canibalismo

O canibalismo é uma relação em que um indivíduo mata e se alimenta de outro indivíduo da mesma espécie. Um exemplo

clássico ocorre com fêmeas de louva-a-deus, que se alimentam dos machos durante a cópula. Outro exemplo ocorre com fêmeas de viúva-negra, que se alimentam dos machos pretendentes à cópula (Fig. 4.6). Para essas espécies, a morte dos machos garante a reprodução ao “entreter” a fêmea durante a cópula. Pode representar, ainda, reserva nutricional para uma futura postura de ovos ou gestação. Ambos os casos se enquadram como canibalismo sexual.

O canibalismo pode também ocorrer em situações de estresse, quando há um elevado aumento da população, comprometendo os recursos alimentares. Por exemplo, o rato almiscarado (*Ondatra zibethicus*) vive em grupos familiares, numa toca ou buraco nas margens do rio (Fig. 4.5). A fêmea pode dar **à luz** a várias ninhadas num ano. Quando a população aumenta a ponto de faltarem recursos, os machos matam e se alimentam de fêmeas e filhotes indefesos. Há, ainda, o canibalismo intrauterino, a exemplo de algumas espécies de tubarão, como o tubarão cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), onde os embriões mais desenvolvidos se alimentam de embriões menos desenvolvidos, ainda no útero da mãe.



Fig. 4.6. O canibalismo é comum durante a cópula de viúvas-negras e marrons do gênero *Lathrodectus*. Ao centro, uma fêmea de *Lathrodectus geométricus* (viúva-marrom) e, no canto inferior esquerdo, bolsas de ovos da mesma espécie. Imagens de Willem Van Zyl e de Vinisouza128, obtidas e produzidas gratuitamente com Canva For Education.

#### **d) Competição intraespecífica**

Competição intraespecífica consiste num conjunto de respostas agonísticas de um indivíduo à presença de outro indivíduo. Esses tipos de respostas decorrem da escassez de recursos alimentares ou de parceiros sexuais (recursos limitantes), por exemplo. Em épocas reprodutivas, machos de algumas espécies geralmente lutam para determinar seu espaço e aumentar seu acesso às fêmeas.

Por exemplo, os cervos-macho podem brigar agressivamente entre si pelo direito de copular com as fêmeas da população. Apesar de apenas um se beneficiar com a vitória, todos os cervos-macho sairão feridos, com desgaste físico e com a possível perda dos cornos<sup>4</sup> (Fig. 4.7).



Fig. 4.7. Embate agonístico entre machos de antílopes (Órix-do-cabo ou guelengue, *Oryx gazella*). Embates desse tipo são comuns para acesso a melhores porções de um território ou por acesso a mais fêmeas. Foto de Catherine Withers-Clarke obtidas gratuitamente com Canva For Education.

A competição por recursos alimentares é também comum entre animais, plantas e outros seres vivos. Em plantas, a competição por nutrientes do solo e por acesso à luz do sol é muito comum. Sementes que germinam e se tornam plântulas, geralmente esta-

---

4 Os cornos são uma projeção óssea do osso frontal do crânio envolta por uma camada de queratina, que cresce além da projeção óssea. Apresentam crescimento contínuo, não são bifurcados e não são trocados durante a vida. Os chifres são estruturas ósseas sólidas, ramificadas e cobertas por uma camada de pele muito vascularizada denominada de veludo. São trocados, normalmente, a cada ano quando se tornam “maduros”. Quando o chifre atinge esse último estágio, o fluxo sanguíneo no veludo é cortado, a pele morre e o osso é revelado, o que ocasiona a queda do chifre.

rão próximas da planta-mãe. Além disso, estarão rodeadas ou de plântulas da mesma espécie, ou de outras de espécies diferentes. Todas elas disputarão recursos nutricionais do solo, água, luz e espaço para sua sobrevivência e desenvolvimento. Nessas situações, em consequência, é comum notar que as plântulas investem mais rapidamente em crescimento primário (crescimento do caule em sentido vertical, para cima), assim que conseguem uma brecha de luz, a fim de se sobreporem a seus competidores.

#### **4.2.2. relações harmônicas interespecíficas**

Findado o tópico anterior, abordaremos relações ecológicas que ocorrem entre indivíduos de espécies diferentes. Para essas relações, utilizaremos os símbolos de positivo (+), negativo (-) e neutro (0) para simbolizar interações que beneficiam ambos (+,+), que beneficiam apenas um dos organismos (+,-, ou ainda +,0) ou que prejudicam ambos os organismos (-,-).

##### **a) Protocooperação e Mutualismo (+,+)**

Protocooperação e mutualismo são relações em que ambos os organismos são beneficiados. Relações desse tipo são relativamente comuns na natureza e podem evoluir progressivamente para um maior grau de intimidade entre as espécies envolvidas. Essa talvez seja a principal diferença entre ambas as relações: na protocooperação, os indivíduos interagentes possuem independência entre si, de forma que uma espécie consegue sobreviver na ausência da outra. No mutualismo, a relação se tornou tão íntima ao longo do tempo evolutivo que a falta de uma das espécies acarreta obrigatoriamente na morte da outra espécie. Enquanto a

protocooperação pode ocorrer de forma facultativa ou ocasional, o mutualismo é obrigatório.

Um bom exemplo para a protocooperação é a relação entre o crocodilo e o pássaro-palito. Enquanto um crocodilo fica com a boca aberta, o pássaro-palito come sanguessugas e restos alimentares entre os dentes do crocodilo. Com isso, o crocodilo livra-se de parasitas e possíveis incômodos enquanto o pássaro-palito se alimenta de maneira segura, livre de possíveis predadores. Com destaque, é perceptível notarmos que tanto o crocodilo quanto o pássaro-palito conseguem sobreviver na ausência um do outro, contudo ambos se beneficiam quando vivem em parceria.

A embaúba (gênero *Cecropia*) é uma árvore encontrada nas bordas de matas e ambientes degradados. Ela apresenta caule com partes “propositalmente” ocas (o termo embaúba deriva do tupi-guarani e significa literalmente ‘árvore oca’) e se beneficia da interação com as formigas. Enquanto a embaúba oferece abrigo e alimento (corpúsculos nutritivos) para esses animais, as formigas a defendem de herbívoros e plantas trepadeiras, além de contribuir na dispersão das suas sementes (Fig. 4.8). Trata-se de uma relação de protocooperação que possui graus ainda maiores de intimidade, visto que são notáveis adaptações anatômicas, fisiológicas na embaúba que favorecem essa relação. Em contrapartida, notam-se mudanças comportamentais nessa espécie de formiga em favor dessa relação coevolutiva. Ainda assim, tanto uma embaúba quanto a espécie de formiga em questão conseguem viver caso não ocorra simpatria num determinado lugar.



Fig. 4.8. A embaúba (gênero *Cecropia*) é uma planta mirmecófita, ou seja, que possui partes ocas que permitem a nidificação de formigas. Na base dos pecíolos foliares existem também regiões especializadas na produção de glicogênio para formigas. Isso garante a presença de formigas (gênero *Azteca*) que habitam o interior da planta e a protegem contra possíveis parasitas ou trepadeiras. Imagem das folhas de embaúba de Vi Gregnol, obtidas gratuitamente com Canva For Education.

O mutualismo é uma relação mais comum do que se imagina. Um exemplo disso são os líquens: uma associação entre cianobactérias unicelulares e certos fungos. Nessa associação, as cianobactérias sintetizam matéria orgânica e fornecem parte desse recurso ao fungo. Em contrapartida, os fungos retiram água e sais minerais do substrato e fornecem às cianobactérias para a produção do alimento. Além disso, eles protegem as cianobactérias da desidratação, envolvendo-as em suas hifas (Fig. 4.9). Plantas leguminosas possuem em suas raízes nódulos que abrigam bactérias do gênero *Rhizobium*. Essas bactérias fixam nitrogênio atmosférico e os transformam em íons nitrogenados, os quais são assimilados pelas raízes de leguminosas (soja, feijão, ervilha, dentre outras) e utilizados como matéria-prima na construção de compostos or-

gânicos nitrogenados. Por sua vez, as leguminosas fornecem às bactérias heterótrofas, a matéria orgânica que ela necessita para desempenhar suas funções vitais (Fig. 4.10).

Ruminantes, como os bovinos e caprinos, são animais poli-gástricos (possuem quatro câmeras em seu estômago). Na câmara maior (pança ou rúmen), esses animais abrigam milhares de bactérias capazes de digerir a celulose dos vegetais ingeridos (Fig. 4.13). Por outro lado, esses microrganismos são mantidos dentro do rúmen desses animais, numa espécie de **simbiose**<sup>5</sup>, que também os beneficia.

Protozoários do gênero *Trichonympha* também desempenham uma relação mutualística no intestino de cupins, haja vista que este protozoário também consegue digerir a celulose.

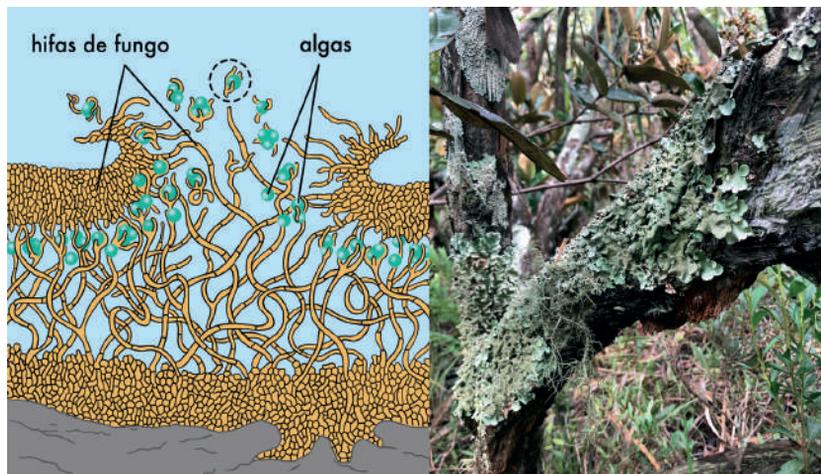


Fig. 4.9. Representação esquemática de um líquen (à esquerda), evidenciando a asso-

5 Simbiose significa literalmente “viver junto”, é frequentemente associado apenas ao mutualismo e gera discussões. Contudo, de acordo com Ricklefs (2003), simbiose é compreendido como a relação de diferentes espécies intimamente ligadas, podendo ser benéfica ou adversa a ambas. O parasitismo, por exemplo, também estabelece uma relação simbiótica, assim como o mutualismo.

ciação entre as hifas de um fungo e algas. A circunferência tracejada indica um soréδιο (célula fotossintetizante de alga circundada por hifas), com função de reprodutiva. À direita, diversos tipos de líquens (crostosos, foliosos e fruticosos) crescendo em um galho de canela-de-ema (gen. *Vellozia*). Imagem da esquerda modificada e adaptada a partir de LOPES, S. G. B. C.; CHOW, F. Características gerais, relações filogenéticas e importância dos fungos. In: *Diversidade e evolução de fungos e animais*. São Paulo: USP/Univesp/Edusp. 2014. Foto da direita de Roger Ledo.



Fig 4.10. É comum que plantas leguminosas (ex.: soja, feijão, ervilha, grão-de-bico) realizem mutualismos com bactérias do gênero *Rhizobium*, as cultivando em suas raízes em troca de nitratos, que são nutrientes essenciais para o crescimento da planta. Na imagem, nódulos em raízes de soja. Da esquerda para a direita, fotos de kellymarken e de NNhering, obtidas gratuitamente com Canva For Education.

## b) Comensalismo e inquilinismo (+,0)

O comensalismo é caracterizado como uma interação entre espécies em que uma delas é beneficiada enquanto a outra não é significativamente afetada, nem positivamente nem negativamente (+,0). A palavra comensalismo significa, literalmente, “comer na mesma mesa” (*commensalis*, do latim *com* = junto; *mensa* = mesa). Geralmente o comensal (espécie que se beneficia da rela-

ção) obtém nutrientes e/ou locomoção da outra espécie. Normalmente, a relação comensal envolve um hospedeiro grande e um comensal pequeno. Rêmoras possuem nadadeiras ventrais modificadas em forma de ventosas e vivem associadas a tubarões. Assim, a rêmora é transportada pelo tubarão enquanto se alimenta dos restos de sua alimentação.

O inquilinismo é uma relação em que uma espécie vive sobre ou dentro de outra espécie hospedeira, mas sem prejudicá-la. O principal objetivo da relação de inquilinismo é a busca de abrigo e moradia. Como exemplos, poderíamos citar: os diversos anfíbios e insetos que aproveitam os tanques de água estocados pelas folhagens de bromélias, para ali viverem e, inclusive, colocarem seus ovos; os famosos peixes-palhaço (no ambiente marinho), que conseguem viver dentro dos tentáculos de anêmonas do mar, sem sofrerem nenhum dano. Se utilizam daquele ambiente como esconderijo, enquanto a anêmona não é aparentemente afetada; orquídeas e bromélias, que se aproveitam dos troncos e copas de árvores sem parasitá-las ou prejudicá-las, apenas como sustento e para alcançarem maior quantidade de luz (Fig. 4.11).



Fig. 4.11. Rêmoras (família Echeneidae) possuem a primeira nadadeira dorsal modificada em uma ventosa e com ela se fixam em tubarões para viajar longas distâncias ou, ainda, obter alimento mais facilmente (esquerda). Bromélias são plantas epífitas que podem crescer sobre troncos de árvores e se expor melhor à luz do sol, numa forma de inquilinismo (direita). Fotos de Jakob Ziegler (obtidas gratuitamente com Canva For Education) e de Falco (obtidas gratuitamente pelo Pixabay), respectivamente.

### c) Amensalismo (-,0)

Amensalismo é uma relação em que uma população é reduzida, destruída ou inibida por outra espécie, enquanto esta não é afetada. Ela é também conhecida como antibiose e é, geralmente, caracterizada pela liberação de substâncias químicas repelentes no meio. Fungos do gênero *Penicilium* liberam diversas substâncias antimicrobianas que matam bactérias ao redor. Uma dessas substâncias deu origem ao antibiótico penicilina, amplamente utilizado por nós no tratamento de infecções bacterianas (Fig.4.12). Diversas espécies de pinheiro também liberam toxinas que impedem o crescimento de outras plantas ao seu redor, de forma que florestas de pinheiros geralmente são mais pobres em diversidade do que outras florestas.



Fig. 4.12. Representação do amensalismo entre fungos do gênero *Penicillium* (organismo com textura rugosa na placa de Petri) e bactérias (de coloração branco-amarelada, na mesma placa). Modificado e adaptado por Roger Ledo.

#### **d) Parasitismo (+,-)**

Parasitismo é uma relação simbiótica entre duas espécies, onde uma delas vive sobre (ectoparasita) ou dentro (endoparasita) de outra (hospedeiro), causando-lhe algum dano em troca de sua sobrevivência, crescimento e reprodução (Fig.4.13). Geralmente, o parasita é estruturalmente adaptado ao seu hospedeiro e ao seu modo de vida; enquanto que o hospedeiro também possui características corporais que impedem infecções. Parasitas podem levar

um hospedeiro a óbito ou não.

Vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, altamente específicos a seus hospedeiros e geralmente os levam a óbito. Muitos organismos também parasitam mais de um tipo de hospedeiro durante seu ciclo de vida. Por exemplo, o protozoário *Trypanosoma cruzi* parasita o trato digestivo de barbeiros da subfamília *Triatominae* num momento do seu ciclo de vida. Como o barbeiro é hematófago (se alimenta de sangue de mamíferos), é durante a alimentação do barbeiro que este defeca, eliminando o protozoário e o colocando em contato com a pele da vítima. Esta, que se infesta pelo ato de coçar o machucado, permite que o protozoário se adentre na ferida da picada e complete seu ciclo. A espécie humana é hospedeira definitiva do *Trypanosoma cruzi* (a espécie se reproduz em fagócitos e em diversos tecidos humanos, inclusive o cardíaco e o nervoso), enquanto que o barbeiro é hospedeiro intermediário.

Outro exemplo de parasitas que parasitam mais de um tipo de hospedeiro durante seu ciclo de vida ocorre com a malária. Esta é causada por um protozoário do gênero *Plasmodium*, que infecta a espécie humana através da saliva do mosquito-fêmea do gênero *Anopheles*. Contudo, para este caso, o mosquito é o hospedeiro definitivo do parasita (nele há reprodução sexuada do *Plasmodium*). O ser humano é o hospedeiro intermediário. Dentro do ser humano, o protozoário entra na corrente sanguínea e se aloja no fígado, onde se reproduz assexuadamente.



Fig.4.13. Parasitas são mais comuns do que se imagina. Em destaque, um carrapato, que além de ser ectoparasita de diversos mamíferos, pode ainda transmitir doenças, como a febre maculosa, causada por bactérias do gênero *Rickettsia* (nesse caso, endoparasitas). Foto de Catkin, obtida gratuitamente em Pixabay.

### e) **predação e herbivoria (+,-)**

A **predação** é caracterizada como uma interação desarmônica onde um organismo de uma espécie (predador) consome um organismo de outra espécie (presa) para satisfazer suas demandas energéticas. A população da presa é afetada negativamente pela redução do número de indivíduos num determinado local para a manutenção da população de predadores (Fig. 4.14). Do ponto de vista ecológico, a predação regula a densidade populacional de presas e de predadores num local. A predação pode manter a densidade populacional das presas em níveis baixos e, da mesma forma, predadores terão sua densidade populacional afetada pela quantidade de presas disponíveis.

Enquanto os predadores matam suas presas logo após atacá-las e consomem diversos indivíduos no decorrer da sua vida, os

**herbívoros** não necessariamente matam seus recursos. Geralmente apenas partes da planta são consumidas por esses organismos (principalmente as folhas e frutos) (Figura 4.14). Todavia, mesmo sobrevivendo, a planta consumida poderá ter seu crescimento e fecundidade comprometidos.



Fig. 4.14. Herbivoria, onde há consumação total da planta com animais pastadores (zebra à esquerda) ou de partes das plantas, como em lagartas (à direita). Fotos de Lana Jade e Pro2sound, obtidas gratuitamente com Canva for Education.

Um estudo clássico de longa duração da interação predador-presa envolveu o lince (predador) e lebres (presa). A densidade de lebres pode aumentar pela disponibilidade alimentar encontrada na estação anterior. A lebre, todavia, é a principal presa do lince, de forma que a densidade populacional de lincas também variou com a disponibilidade de recursos (Fig. 4.15). O gráfico abaixo

evidencia uma sincronização na relação presa-predador.

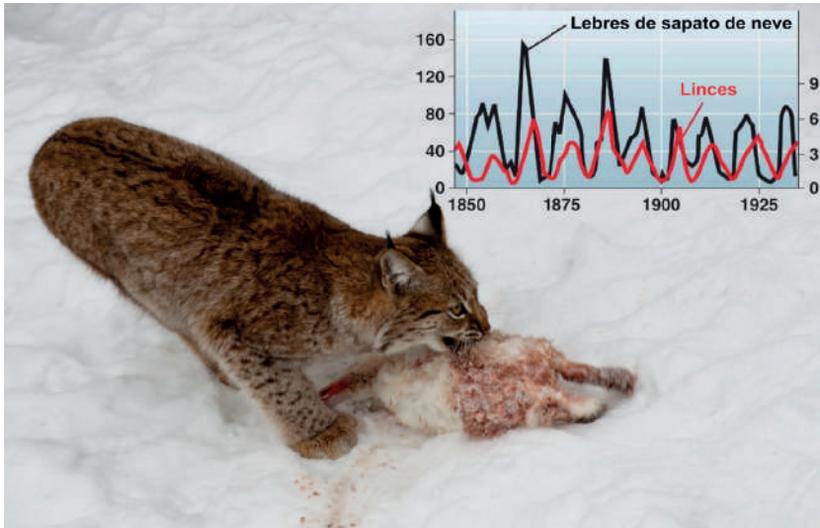


Fig. 4.15. Exemplo de uma relação presa-predador (lince e lebre de sapato de neve), onde um animal mata e se alimenta de um indivíduo de outra espécie. No canto superior direito está um modelo da dinâmica populacional da relação presa (lebre) e predador (lince) ao longo de 75 anos. Foto de falun, obtido gratuitamente com Canva for Education.

### e) **Facilitação (+,0)**

As interações podem mudar ao longo do ciclo de vida ou uma relação direta tornar-se indireta. Um tema crescente e importante é a distinção, muitas vezes, indefinida entre competição e várias formas de **facilitação**, como o comensalismo e o mutualismo. Um caso proeminente em pauta é o fenômeno das plantas. A **facilitação** é caracterizada por indivíduos que modificam os recursos ou as condições ambientais de modo a beneficiar outros indivíduos com diferentes funções ecológicas. Um exemplo prático com espécies facilitadoras (ou enfermeiras), é aquele em

que o indivíduo de uma espécie facilita a germinação e o crescimento de uma segunda espécie. Dentre as espécies do Cerrado, há algumas delas, como a lobeira (*Solanum falciforme*), que proporcionam locais protegidos com copa, para aves e outros dispersores de sementes; além de um solo para a germinação, desenvolvimento e crescimento de alguns grupos de plantas.

À medida que aquela cresce, ela pode ter um efeito crescentemente negativo sobre os recursos usados pela sua planta facilitadora. As formas de crescimento das duas espécies normalmente diferem tanto, que seu crescimento é limitado por fatores diferentes, e eles podem coexistir. Dessa maneira, há uma tolerância, de acordo com a disponibilidade de recursos. Posteriormente, pode ocorrer um microadensamento no local, gerando uma competição pelos recursos no ambiente (água, luz, nutrientes) e podendo ocorrer a inibição ou supressão de algumas espécies desses grupos, como a espécie facilitadora.

Essas plantas facilitadoras, em alguns momentos, podem ser caracterizadas como colonizadoras em áreas abertas, a exemplo das savanas e clareiras. Esses tipos de plantas, normalmente, podem tolerar o estresse do calor e água de um ambiente completamente aberto. A sombra e os materiais orgânicos do solo, proporcionados por estas plantas facilitadoras, permitem que outras espécies ocupem a área, tal como a lobeira facilita o estabelecimento de diversas plantas, como as florestais, o adensamento da vegetação e a sucessão ecológica.

#### **f) esclavagismo (+,+ e +,-)**

É também conhecida como **sinfilia**. Nessa relação, uma

espécie (esclavagista) se aproveita do trabalho, atividades ou até mesmo do alimento de outra espécie. Essa associação pode ser tanto harmoniosa, quanto desarmoniosa entre as espécies. Um exemplo envolve pulgões e formigas (Fig. 4.16). Os pulgões são insetos parasitas de algumas plantas, retirando de seus vasos liberianos (floema) a seiva elaborada, rica em compostos orgânicos, para sua alimentação. Pulgões ingerem uma grande quantidade de seiva para se nutrir e sintetizar suas proteínas. O excesso de açúcar consumido é eliminado pelos pulgões através do ânus. As formigas se aproveitam para se alimentarem do excesso de açúcar eliminado pelos pulgões, levando-o para seus formigueiros, próximos às raízes de plantas vivas. Nestas, os pulgões continuam extraindo a seiva elaborada; enquanto que as formigas, lambendo seus abdômes, aproveitam-se do excesso de açúcares eliminados. Esta relação beneficia as formigas, que garantem alimento; assim também como beneficia os pulgões que, mesmo servindo às formigas, são protegidos por elas contra predadores, como as joaninhas. O termo em questão é pouco discutido na Ecologia em abordagens teóricas e práticas; estas podem ser melhor contempladas como uma **protocooperação**, a exemplo do que foi descrito acima.



Fig. 4.16. Afídeos (pulgões) retiram a seiva elaborada (água e carboidratos) de plantas para sua nutrição (parasitismo), porém parte é excretado, servindo de alimento para formigas. Em alguns casos, formigas apresentam comportamentos de criação de pulgões. Foto de noumae, obtido gratuitamente com Canva for Education.

As abelhas são insetos que realizam importante trabalho na polinização e muitos de seus produtos são utilizados pelo ser humano. Ao criar abelhas, através da apicultura, o homem obtém diversos produtos: mel, geleia real, própolis, cera e veneno, utilizados pelas indústrias em larga escala. A ranicultura e a bovinocultura, de igual modo, também se enquadram dentro do **esclavagismo**. No primeiro caso, o homem cuida e protege as rãs para a obtenção da carne e do couro. Já na bovinocultura, o homem também cuida e protege os bovinos para a obtenção de produtos como: carne, leite, couro, ossos e outros.

### **g) competição interespecífica (-,-)**

A competição interespecífica ocorre quando duas espécies distintas que vivem numa mesma comunidade disputam os mesmos recursos do ambiente. Para que isso ocorra, é provável que pelo menos algum aspecto do nicho ecológico (necessidades e exigências para sobrevivência, crescimento e reprodução) seja semelhante para ambas as espécies. Neste caso, é comum afirmarmos que há sobreposição de nicho entre as espécies. Nesse tipo de competição, indivíduos de uma população podem ter redução na fecundidade, no crescimento ou na sobrevivência. Tudo isso em função da interferência da outra espécie na exploração de recursos e vice-versa, tendo um efeito negativo para ambas (-,-).

Um dos primeiros estudos sobre o tema foi realizado pelo ecólogo russo G. F. Gause (1934). Num experimento de laboratório, Gause cultivou duas espécies de protozoários ciliados intimamente relacionados: *Paramecium aurelia* e *Paramecium caudatum*. Ele cultivou as duas espécies, a princípio separadamente, e depois de forma conjugada, em condições estáveis, adicionando diariamente uma quantidade constante de alimento. Quando Gause cultivou as duas espécies em separado, cada população cresceu de forma rápida e, em seguida, estabilizou-se na aparente capacidade de suporte da cultura. Todavia, quando Gause cultivou as duas espécies juntas, *P. caudatum* tornou-se extinta na cultura (Fig. 4.17).

Baseado nessa experiência, ele concluiu que duas espécies proximamente aparentadas (competindo pelos mesmos recursos), os quais sejam limitantes (escassos), não será possível a coexistên-

cia permanente dessas espécies no mesmo local. Na ausência de distúrbios, uma espécie utilizará os recursos de modo mais eficiente e se reproduzirá mais rapidamente do que se estivesse competindo. Mesmo uma leve vantagem reprodutiva no final conduzirá à eliminação local do competidor inferior. Para esse conjunto de resultados, Guase cunhou o princípio da exclusão competitiva.

Espécies potencialmente competidoras coexistem em um local por diferenças em seus nichos. Contudo, se não existirem diferenças de nicho e/ou se a estrutura do habitat não inibir a competição, umas das espécies competidoras inevitavelmente excluirá a outra. Geralmente, a exclusão competitiva ocorre em espécies proximamente aparentadas (ex.: *Paramecium aurelia* e *P. caudatum*, do mesmo gênero).

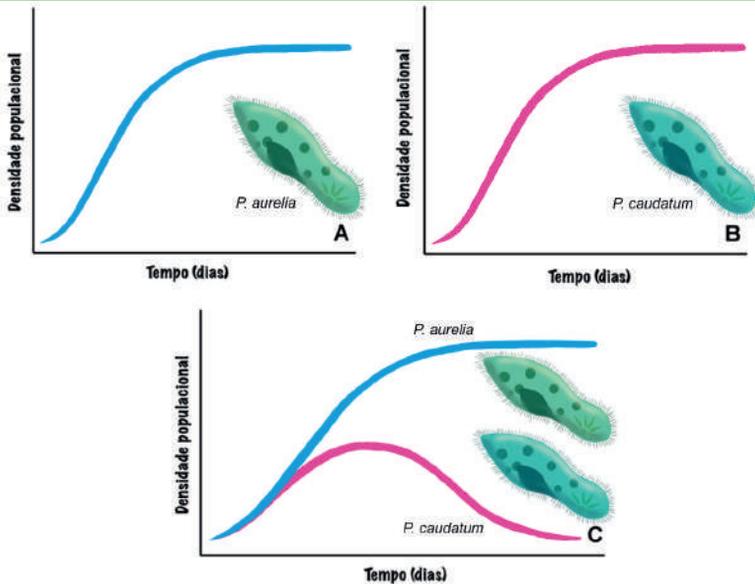


Fig. 4.17. Exclusão competitiva entre duas espécies de protozoários (*Paramecium aurelia* e *Paramecium caudatum*). Quando cultivadas isoladamente, *P. aurelia* e *P. caudatum* desenvolvem-se e reproduzem-se normalmente (imagens A e B). Entretanto, quando cultivadas conjuntamente, o *Paramecium caudatum* não se desenvolve (imagem C).

Diante da evidência de competição entre espécies, ecólogos diferenciam o nicho das espécies em dois: **nicho fundamental** e **nicho realizado**. O nicho fundamental corresponde ao nicho que uma determinada espécie pode ocupar na ausência de interações prejudiciais a ela. Nicho realizado corresponde à uma situação real em que uma espécie ou população se encontra. Leva em consideração não só os fatores abióticos e necessários para a sobrevivência de um organismo; mas também, as relações interespecíficas existentes, competitivas, predatórias, dentre outras.

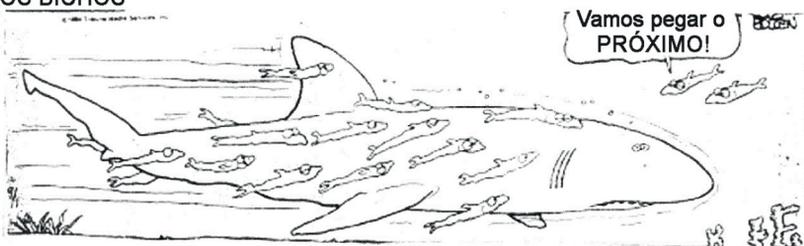
Para avaliar se o nicho de uma espécie pode ser influenciado pela competição interespecífica, Joseph Connell realizou um experimento com duas espécies de cracas (*Chthamalus stellatus* e *Balanus balanoides*) que co-ocorrem (com distribuição estratificada) sobre rochas ao longo da costa da Escócia. *C. stellatus* é geralmente encontrada, com mais frequência, nas partes mais altas do que *B. balanoides*. Para determinar se a distribuição de *C. stellatus* resulta da competição interespecífica com *B. balanoides*, Connell removeu *B. balanoides* das rochas em vários locais. Como resultado, *C. stellatus* propagou-se para a região anteriormente ocupada por *B. balanoides*. A partir disso, Connell concluiu que a competição interespecífica torna o nicho realizado de *C. stellatus* muito menor do que o seu nicho fundamental.

### 4.3. EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Diferencie predação de canibalismo. Se possível, dê exemplos que justifiquem sua explicação.

02. Observe a tira abaixo. A que relação ecológica o desenho se refere? No que ela se difere de um inquilinismo?

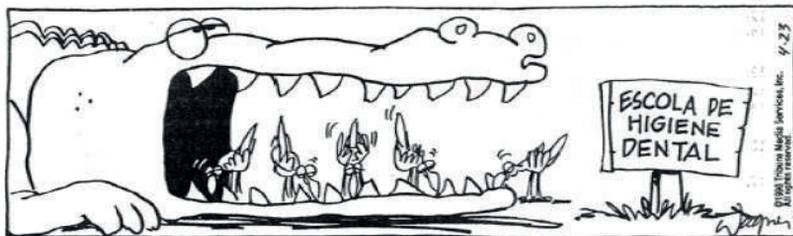
OS BICHOS



03. Observe a tira abaixo. A que relação ecológica o desenho se refere? No que ela se difere do mutualismo?

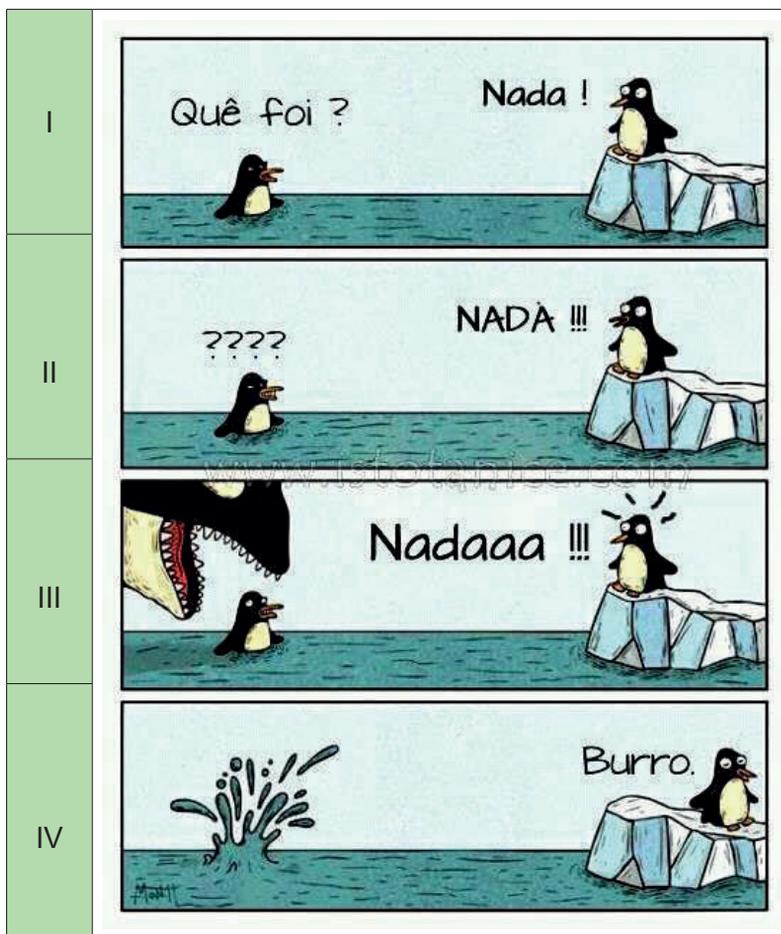
OS BICHOS

Fred Wagner



Disponível em: <http://cienciasprovas.blogspot.com.br/2012/05/banco-de-atividades-de-ciencias.html>  
Acesso em: 16 out. 2017 (Adaptado).

04. (CESPE – UnB 2016) Na figura abaixo, as tiras III e IV evidenciam uma relação ecológica. Nomeie essa relação e cite suas consequências para o crescimento populacional das espécies em questão.



05. Diferencie predação de herbivoria.

06. Diferencie predação de parasitismo.

07. O que são micorrizas? Qual a sua importância para os organismos envolvidos?

08. Diferencie uma colônia isomorfa de uma colônia heteromorfa.



## CAPÍTULO 5

# Ecologia de Comunidades

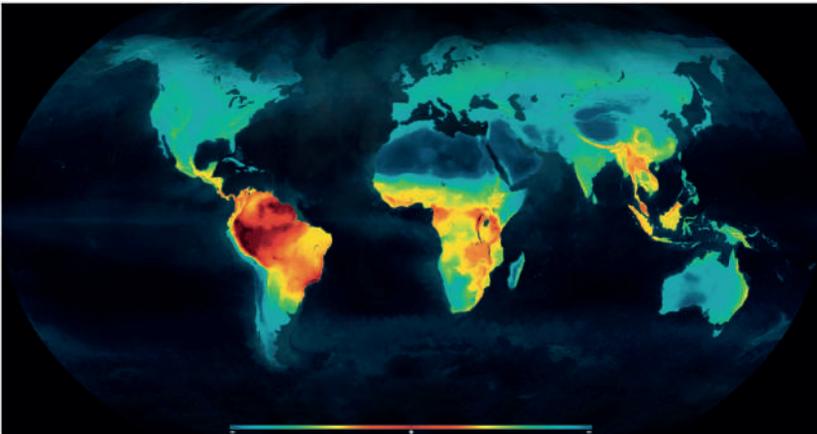


Fig. 5.1. Gradiente latitudinal de biodiversidade. A distribuição atual dos vertebrados indica uma alta concentração de espécies nas regiões equatoriais (cores quentes), declinando em direção aos pólos (cores frias). Em destaque está a América do Sul e o Brasil, com uma alta distribuição de cores quentes, entre o vermelho e o amarelo. Figura obtida a partir de *Mannion, P. D. (2014). Patterns in Palaeontology: The latitudinal biodiversity gradient. Palaeontology Online, Volume 4, Article 3, 1-8* (<https://www.palaeontologyonline.com>). *Licence CC BY 3.0.*

O que vem à sua mente quando você escuta que um país é **megadiverso**? Essa expressão é utilizada para informar que grande parte das espécies da Terra estão concentradas em apenas alguns países. O Brasil é privilegiado nesse sentido, abrigo entre

15 e 20% de toda a diversidade mundial. Ele possui mais de 120 mil espécies de invertebrados, em torno de 9 mil espécies de vertebrados e 4 mil espécies de plantas vasculares. Agora, lembrando que Ecologia possui um componente explicativo associado à descrição de um padrão (Capítulo 1), como conseguimos explicar toda essa diversidade no Brasil? Que fatores (biogeográficos, ambientais, ecológicos, evolutivo etc.) explicam toda essa diversidade, localizada em regiões tropicais, sobretudo no Brasil? Podemos dizer que essa é uma questão central em Ecologia, apesar de ainda existir muito debate em torno das respostas. Na verdade, tanto essa questão, como diversas outras, que envolvem a ocorrência de várias espécies num mesmo local, faz parte do escopo da **Ecologia de Comunidades**.

### 5.1. Estrutura de Comunidades

Podemos definir uma comunidade como o conjunto de populações de diferentes espécies, habitando um determinado local e sob um determinado intervalo de tempo. Uma vez que consideramos todas as espécies que ocorrem num local, é natural que os efeitos de suas interações também tomem algum destaque; sejam elas relações cooperativas, de predação, competição, parasitismo; ou, ainda, relações com condições ambientais.

Ao se caracterizar uma comunidade, um dos elementos básicos dela é sua **composição**, que é a identificação das espécies que ocorrem num determinado local. A partir dessa informação, muita coisa pode ser extraída sobre os papéis (nichos) realizados por cada espécie: níveis de parentesco de espécies próximas, presença de espécies exóticas e possíveis interferências humanas no ambiente.

Tudo isso de forma indireta. Uma outra ferramenta de descrição básica da comunidade é a sua **riqueza** (S); ou seja, a quantidade de espécies diferentes que aquele local possui. Uma comunidade com muitas espécies é uma **comunidade rica** ou muito diversa. Uma comunidade com poucas espécies é uma **comunidade pobre**, com pouca diversidade. Essa riqueza também pode ser medida não apenas pelo número de diferentes espécies que ocorrem num local; mas também (em termos funcionais) pelo papel que elas desempenham. É possível, ainda, que a comunidade possua uma alta riqueza de organismos pastadores (veados, pacas, cutias); polinizadores (abelhas com e sem ferrão, besouros, beija-flores); carniceiros (moscas, besouros, aves, mamíferos) etc.

Além da descrição da comunidade em termos de riqueza, ela também pode ser caracterizada pela quantidade de indivíduos de cada espécie presentes na comunidade, mensurada em termos de **abundância**. Esta pode ainda ser colocada em termos de proporcionais, sendo chamada de **abundância relativa**. Espécies com abundância relativa alta são consideradas dominantes na comunidade; enquanto que espécies com baixa abundância relativa são consideradas raras. A partir dessas informações, uma medida da igualdade na distribuição de indivíduos para cada espécie pode ainda ser tomada, chamada de **equidade**. É possível que comunidades com uma mesma composição e riqueza apresentem diferenças de equidade, dependendo da qualidade ambiental em que estão inseridas ou de algum outro fator (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Duas comunidades hipotéticas com mesma composição e riqueza, porém variando em suas abundâncias para cada espécie. O resultado é que elas terão valores diferentes de equidade, sendo que comunidades com abundâncias mais bem distribuídas entre as espécies (Comunidade A) terão maiores valores de equidade do que comunidades com espécies dominantes e raras (Comunidade B).

Comunidade A			Comunidade B		
Composição	Abundância	Abundância relativa ( $p_i$ )	Composição	Abundância	Abundância relativa ( $p_i$ )
Espécie A	20	0.2	Espécie A	80	0.8
Espécie B	20	0.2	Espécie B	5	0.05
Espécie C	20	0.2	Espécie C	5	0.05
Espécie D	20	0.2	Espécie D	5	0.05
Espécie E	20	0.2	Espécie E	5	0.05
Total	100	-		100	-
Equidade*		<b>1</b>			<b>0.31</b>

\*Equidade ( $E$ ) medida por meio da diversidade observada de Simpson ( $D_{obs}$ ) dividida pela diversidade máxima de uma comunidade ( $D_{max}$ ), que equivale à riqueza ( $S$ ) da comunidade. Considerando o índice de diversidade de Simpson ( $D$ ) como  $\frac{1}{\sum p_i^2}$ , onde  $p_i$  é a abundância relativa de cada espécie; o índice de Equidade será  $\frac{D}{S}$ , com  $S$  representando a riqueza da comunidade.

## 5.2. Quantas espécies existem numa determinada comunidade?

A não ser que uma comunidade consiga ser medida de forma total, coletando todos os indivíduos do local, é improvável determinar com exatidão a riqueza ( $S$ ) de uma comunidade. Na verdade, a grande maioria das regiões amostradas é enorme e não haveria como se coletar todos os organismos vivos daquele local

(ex.: riqueza de uma floresta, de uma parcela de 10ha de Cerrado nativo, dentro de um riacho). Para contornar esse problema são realizadas coletas sucessivas, a fim de tentar se aproximar ao máximo da riqueza real de um determinado local. Dessa forma, estamos afirmando que os valores de riqueza, abundância relativa e equidade de uma comunidade são totalmente dependentes da qualidade das coletas realizadas em campo. Muitas vezes, para se estimar a riqueza de animais ou plantas de um local é necessário muito esforço amostral, passando meses e anos, a fim de se ter uma estimativa mais precisa e abrangente.

Mas, quando saber que o número amostrado de espécies está próximo do número de espécies real da comunidade? Uma alternativa para responder a esta questão é o emprego de **curvas de acumulação de espécies**. Essa ferramenta consiste na construção de gráficos de dois eixos: amostras x riqueza acumulada. À medida que novas amostras da comunidade vão sendo acrescentadas, espera-se que novas espécies sejam encontradas. Inicialmente, muitas espécies poderão ser acrescentadas com poucas amostras. Contudo, a partir de um determinado momento, a riqueza não sofrerá acréscimos, mesmo após sucessivas amostragens. Isso sugere, em termos práticos, que o esforço empregado na coleta de novas espécies deverá ser muito maior, podendo não compensar todo o gasto de tempo e recursos financeiros para tal resultado. Assim, mesmo não se sabendo a riqueza total de uma comunidade, a curva de acumulação de espécies poderá sugerir um número de riqueza observado, que tenderá a estar perto da riqueza real, devido à qualidade do esforço amostral (Fig. 4.3).

## Curva de acumulação de espécies

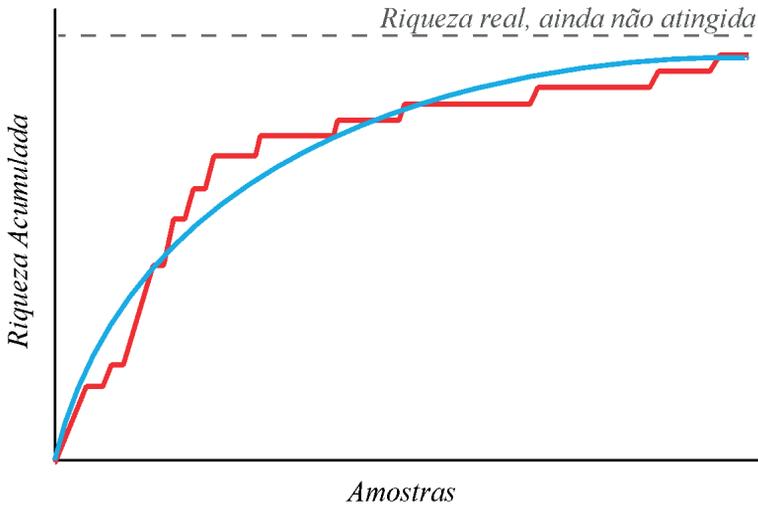


Fig.4.3. Curva de acumulação de espécies realizada numa área de estudos hipotética (vermelha) e curva de acumulação de espécies realizada de forma computacional, a partir da mesma base de dados; porém, resumida pela média após a geração de inúmeras curvas de acumulação pela aleatorização na ordem das amostras, gerando um efeito mais “polido” (azul). Como a riqueza de uma comunidade é refletida na qualidade do esforço amostral empregado, a linha tracejada em cinza sugere a riqueza real que, por pouco, difere da riqueza observada. Ilustração do autor.

A riqueza obtida por curvas de acumulação de espécies é amplamente utilizada em Ecologia. Além disso, ela pode ser utilizada para se comparar comunidades com esforços amostrais diferentes, a partir do momento em que são igualadas à quantidade de amostras ou de indivíduos coletados. Esse fenômeno é chamado de **rarefação**, uma vez que a comunidade que possui mais amostras coletadas (ou indivíduos coletados) terá sua amostragem reduzida, rarefeita, para se igualar à amostragem da comunidade com menos amostras e, assim, permitir comparações e conclusões.

Curvas de acumulação têm uma grande importância também em estudos de avaliação da qualidade ambiental. Num estudo realizado em matas de galeria do Cerrado, avaliou-se o efeito da largura dessas matas na manutenção de espécies nativas da região, especificamente de lagartos. Notou-se que matas de galeria com 100 metros de largura conseguiam preservar toda a comunidade de lagartos típicas da região (11 espécies). Entretanto, matas de galeria que foram desmatadas até o limite que a lei permite (deixando 30 metros de vegetação em pé, 15 metros de cada lado da margem do riacho) mantiveram apenas duas espécies de lagartos, com habitat e nicho generalistas (Fig. 4.4).

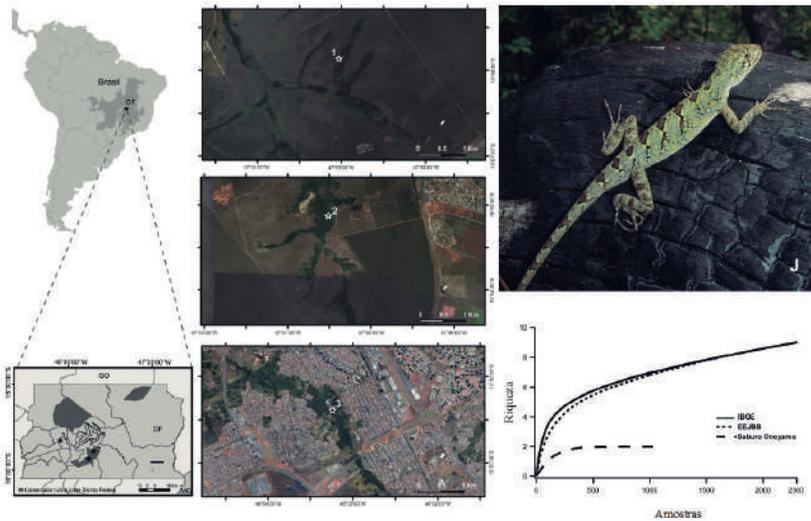


Fig. 4.4. Estudo realizado por Ledo & Colli (2016), avaliando a eficiência do código florestal brasileiro na preservação de matas de galeria no Cerrado e manutenção de espécies nativas nesses locais. A partir de um levantamento da comunidade de lagartos em três locais (vistos ao centro da figura), sendo dois deles preservados (matas 1 e 2, Reserva Ecológica do IBGE e Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília – EEJBB, respectivamente) e um fragmentado pela construção de cidades no entorno (mata 3, Parque Ecológico Saburo Onoyama), notou-se que o ambiente fragmentado perdeu 80% da

diversidade de lagartos da região (imagem inferior à direita). Espécies endêmicas e recém descritas, como *Enyalius capetinga*, são as mais sensíveis à alteração das matas de galeria na região (imagem superior à direita). Imagens de Roger Ledo.

### 5.3. Qual é o papel da interação nas comunidades?

Apesar de haver uma definição conservadora sobre o que seja uma comunidade (conjunto de populações de diferentes espécies habitando um determinado local num determinado tempo), ecólogos ainda debatem a importância das interações na caracterização delas. Alguns autores consideram as interações tão importantes que o desaparecimento de uma espécie pode provocar uma desestabilização das interações com reflexo na extinção de diversas outras espécies. Isso sugere que as espécies da comunidade convivem há um considerável tempo e coevoluíram estreitando suas relações, de forma que uma comunidade se tornaria muito mais do que a soma das partes individuais. Outros autores consideram que a co-ocorrência de espécies em um determinado local é apenas um evento fortuito, de caráter aleatório, e sem nenhum propósito acima do nível de espécie. Dessa forma, o desaparecimento de uma espécie pode não afetar em nada a comunidade.

O debate acerca da real importância das interações na estruturação das comunidades, vem ocorrendo desde o início do século XX, a partir dos estudos de Ecologia de Comunidades de *Frederic Clements* e *Henry Gleason*. O primeiro estudou comunidades vegetais no Hemisfério Norte e as considerou como **superorganismos**, como uma unidade discreta, com fronteiras definidas e organização singular (conceito holístico de comunidade). *Gleason*, por outro lado, sugeriu que as comunidades eram meramente uma associação fortuita de espécies cujas adaptações e requisitos

as permitiam viver juntas. Para ele, uma comunidade era meramente uma coincidência (conceito individualista de comunidade). Pode-se dizer que, dependendo da comunidade analisada, as ideias de um dos autores poderá ser mais bem empregada em sua caracterização. Além disso, entre esses dois conceitos extremos, há um intervalo conceitual enorme onde diversas comunidades podem se encaixar, com algumas espécies com intensa coevolução e outras ocorrendo apenas como fruto do acaso.



Fig.4.5. Coevolução entre a orquídea *Angraecum sesquipedale* e sua mariposa polinizadora, *Xanthopan morgani* é um exemplo da importância das interações nas comunidades. Darwin teve um grande susto quando recebeu de Robert Bateman uma orquídea endêmica de Madagascar, *A. sesquipedale*. Ela simplesmente possuía um nectário com cerca de 30cm de comprimento, e Darwin sugeriu que provavelmente haveria uma mariposa polinizadora com um aparelho bucal sugador longo o suficiente para alcançar o néctar no final do nectário. Na tentativa de obter o néctar, essa mariposa esticaria seu aparelho bucal ao máximo e, inevitavelmente, esfregaria sua cabeça na flor, carregando

o pólen que seria levado para a próxima orquídea visitada. Quarenta anos após essa hipótese, a mariposa foi descoberta: *Xanthopan morgani*, se caracterizando como um exemplo preditivo interessante da evolução na interação entre espécies. No entanto, este exemplo de coevolução entre duas espécies não é tão comum assim, se tornando mais uma exceção do que uma regra. Mais informações sobre esse assunto podem ser vistas em Kritsky G (1991) Darwin's Madagascan hawk moth prediction. *American Entomologist* 37: 206–209. Imagens disponibilizadas pelo Museu de História Natural de Londres (*Licence CC BY 3.0*).

#### 5.4. Dinâmica de comunidades e sucessão ecológica

As comunidades podem variar no tempo, tanto pela chegada de novas espécies, como pela extinção ou ainda pela evolução, com o surgimento de novas espécies. Num processo de **sucessão ecológica**, se não houver nenhuma perturbação adicional ao longo do tempo; inicialmente, o número de espécies aumenta pela colonização de novas numa dada área. Mas, posteriormente, decresce devido à chegada de novos entrantes, aumentando a competição e exclusão. O gradiente sucessional é uma consequência necessária da colonização gradual de uma área pelas espécies de comunidades próximas e, em diferentes estágios de sucessão. Porém, isso é apenas um retrato de toda a história, uma vez que a sucessão também envolve o processo de substituição de espécies e, não necessariamente, a mera adição de novas.

Imagine que você estivesse em alto mar, numa região tropical e visualizasse uma ilha que sofreu recentemente uma erupção vulcânica. Imagine também que a lava vulcânica destruiu praticamente todas as formas de vida da região. O solo aos poucos será reconstruído, pela ação do intemperismo físico e químico (e biológico, a partir dos novos entrantes a colonizarem a região). Além disso, notar-se-á que os efeitos da radiação solar seriam muito

mais intensos, uma vez que não haveria uma vegetação capaz de absorver parte dessa radiação. Diante desse cenário, imagina-se que espécies adaptadas à alta irradiação solar (chamadas *heliófilas*), anuais e *semelparas* (que se reproduzem apenas uma vez na vida, gastando toda a energia e esforço nesse único evento e, como consequência, produzindo uma prole de grande quantidade – vide Capítulo 3, de Ecologia das Populações) terão maior vantagem sobre espécies adaptadas a ambientes com sombra (*ombrófilas*) e com reprodução tardia.

As espécies iniciais, num processo de colonização, provavelmente serão aquelas com melhor potencial de colonização e competição em espaços abertos. Em poucos anos, elas já provêm de condições e de alguns recursos capazes de promover alguma heterogeneidade no ambiente. Essa alteração ambiental permitirá o estabelecimento de novos entrantes, capazes de crescerem em ambientes com um pouco mais de umidade e nutrientes. Geralmente são espécies *iteróparas*, se fixando num local, apresentando crescimento mais lento e se reproduzindo mais vezes do que as espécies anuais. Em consequência, poderão ter raízes mais profundas que as espécies anuais, podem produzir lenho e, com suas folhagens, sombrear a área ao seu redor. O estabelecimento dessas espécies permitirá a entrada de espécies ombrófilas, que excluirão gradualmente as espécies heliófilas da região. À medida que a comunidade vegetal constrói um ambiente mais ombrófilo, a heterogeneidade ambiental tende a reduzir. Em função disso, a diversidade ambiental também reduzirá, marcando a mudança nos estágios sucessionais. Chamaremos de *clímax* o estágio “final” de estabelecimento de espécies nessa comunidade (Fig. 4.6).

A sucessão ecológica é um fenômeno comum nas comunidades e seu estudo possui grande relevância para a Ecologia Aplicada, sobretudo para a Ecologia da Restauração. Dependendo da definição de comunidade que um pesquisador adote (como um superorganismo ou como uma associação de individualista e aleatória de espécies), as medidas adotadas para a restauração ambiental poderão ser variadas. De igual modo, a intensidade do distúrbio possui grande importância no processo de sucessão. Distúrbios de grandes proporções (ex.: derramamento de lavas de vulcão em ilhas, maremotos, desmatamento para atividades de mineração etc.) retirarão a comunidade biológica do local, quase por completo, e desencadearão um processo de sucessão como o descrito nos parágrafos acima, chamado de **sucessão primária**. Nesses ambientes, o solo ficou exposto e a funcionalidade da vegetação foi perdida. Entretanto, alguns distúrbios podem ser de proporções menores (ex.: abertura de clareiras numa mata pela queda de árvores, queimadas no cerrado, retirada da vegetação numa área pequena, porém mantendo algumas espécies típicas da região na área desmatada e no seu entorno) e desencadearão um processo de **sucessão secundária**, marcado pela colonização do espaço aberto por espécies que já se encontrarão ali (plântulas, sementes ou árvores e trepadeiras já estabelecidas, que direcionarão seu crescimento para as áreas de clareira). Dessa forma, além das definições de comunidade a serem adotadas no processo de recomposição da vegetação, o tipo e a magnitude da perturbação também precisam ser levadas em consideração no processo de restauração ambiental.

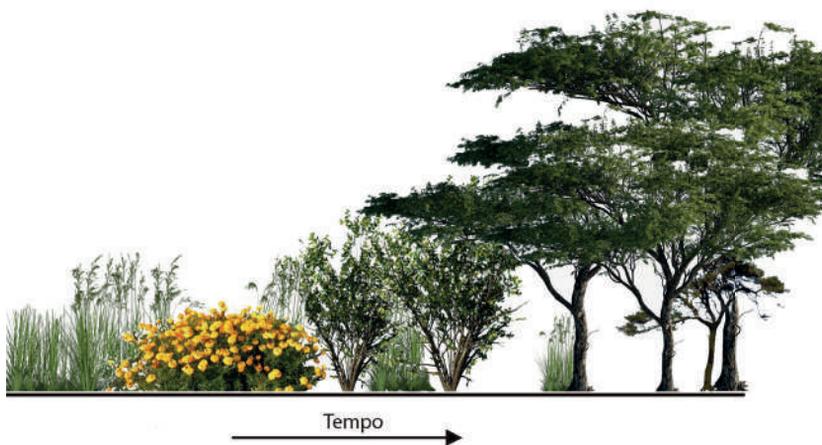


Fig. 4.6. Processo hipotético de sucessão ecológica primária, a partir de uma perturbação que removeu toda a comunidade local. Notar que no início da escala temporal as primeiras espécies vegetais são gramíneas e plantas anuais, adaptadas ao ambiente com muita luminosidade (heliófilas). Em seguida (centro da figura), espécies de arbustos co-ocorrem com gramíneas e, em seguida, são substituídas por espécies de grande porte (árvores), criando condições de sombreamento no solo ao final da sucessão (considerado clímax, para o exemplo hipotético). Arte de Roger Ledo.

De uma forma simplificada, podemos caracterizar a sucessão ecológica como:

*O processo gradual de alteração na composição, riqueza e abundâncias relativas de uma comunidade devido a alguma perturbação ambiental.*

Algumas pessoas podem imaginar que o estágio clímax de uma comunidade seja o de maior riqueza dentro dela. Contudo, isso não será necessariamente uma realidade. Muitas vezes a riqueza de uma comunidade está associada à uma alta heterogeneidade e complexidade ambiental. Isso pode ocorrer em etapas (séries) intermediárias do processo de sucessão. Dentre os pesquisadores

de Ecologia de Comunidades, Joseph Connell é famoso por propor a *hipótese do distúrbio intermediário*, sugerindo que a riqueza máxima de uma comunidade não ocorreria nas etapas iniciais e finais de uma sucessão ecológica, tampouco em ambientes sem nenhum distúrbio ou com muitos distúrbios. Ao contrário, ambientes com distúrbios moderados seriam capazes de reduzir as forças de competição entre espécies heliófilas e ombrófilas, pois criariam ambientes heterogêneos, com manchas de habitat em que cada guilda de espécies estaria melhor adaptada, permitindo assim a convivência entre diversas espécies.

Um fator na história do Brasil, que poderia nos ajudar a entender o processo natural de sucessão ecológica, ocorreu em estudos iniciados no governo de Getúlio Vargas. Nesse período, houve o processo histórico de colonização denominada “Marcha para o Oeste” brasileira, outorgado pela Portaria nº. 77/43 com a Expedição Roncador Xingu. O objetivo era atingir as confluências do Rio Culuene com o Xingu, depois de passar pelo Rio das Mortes e atingirem o ponto mais próximo da Serra do Araés. A partir dela e nos anos que se seguiram, houve diversas excursões botânicas anglo-brasileiras, no trajeto Xavantina-Cachimbo, com destaque na década de 70 para a descrição de um mosaico de vegetação contendo formações amazônicas, de cerrado e de áreas de transição. Os pesquisadores, dentre eles o britânico James A. Ratter, constataram que, naquela região, a floresta Amazônica tem avançado sobre as áreas savânicas do Cerrado.

Um das explicações, baseado na definição acima de sucessão ecológica, é que as condições do local (com o aumento da pluviosidade e da disponibilidade de CO<sub>2</sub>, importantíssimos para

a fotossíntese) ocasionaram o desenvolvimento e crescimento das espécies do Cerrado. Esse crescimento e desenvolvimento maior das árvores do Cerrado ocasionaria no aumento de suas copas e, conseqüentemente, promoveria modificações microambientais, como maior sombreamento, diminuição da temperatura e maior disponibilidade de matéria orgânica no solo. Essas modificações facilitariam a entrada de outros grupos de plantas de diferentes ambientes, no caso de florestas. Essa é uma das explicações para o nosso questionamento inicial sobre o avanço da floresta Amazônica sobre o Cerrado. É ciente que as florestas já se expandiram sobre as savanas (e vice-versa) mais de uma vez ao longo do tempo geológico, desde o último máximo glacial (cerca de 20.000 anos atrás) até o presente. Durante o avanço ou retrocesso de uma comunidade vegetal, há a dinâmica entre os modelos citados anteriormente, como o de facilitação ou inibição.

Uma das espécies arbórea bastante citada e explorada nesse processo sucessional do avanço da floresta Amazônica para o Cerrado, na região do Mato Grosso, é o carvoeiro (*Tachigali vulgaris*), da família *Fabaceae*. Esta é uma espécie típica do Cerrado e apresenta maior abundância na região do Mato Grosso e na transição Cerrado-Amazônia. Por apresentar rápido crescimento e cobertura na vegetação, favorece o estabelecimento de espécies florestais. O profissional ambiental, ao observar tais características e acompanhar o pensamento da sucessão ecológica, compreenderá a dinâmica e as interações das vegetações, conseqüentemente os processos sucessionais da vegetação a longo prazo. Muito provavelmente, uma restauração ecológica num ambiente próximo a esse poderá ser feita com o carvoeiro.

## 5.5. EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Defina o que vem a ser composição, riqueza e equidade de uma comunidade.
02. Diferencie sucessão primária de sucessão secundária de uma comunidade.
03. Imagine que um fogo passou por uma área de Cerrado, destruindo tanto áreas abertas (cerrado *sensu stricto*) quanto áreas florestais (matas de galeria). Como você imaginaria que ocorreria o processo de sucessão ecológica nesses dois ambientes?
04. O que vem a ser comunidade clímax?
05. Quais são as premissas da hipótese do distúrbio intermediário?
06. Quais os fatores responsáveis por mudanças na composição de espécies durante uma sucessão num campo abandonado?
07. Construa uma teia alimentar de seis ou sete espécies, com as quais você esteja familiarizado e que atuem em pelo menos três níveis tróficos. Considere uma espécie de cada vez e sugira o tipo de organização de comunidade necessário para que ela seja uma “espécie-chave”.
08. Por que é importante entender o comprimento das cadeias alimentares?

## CAPÍTULO 6

### Ecologia de Ecossistemas



Fig.5.1. Cartum de Alves (instagram: @cerrado.em.quadrinhos.oficial), retratando algu-

mas das diversas relações que o Cerrado possui com fatores abióticos (fogo, água, nutrientes) e sua capacidade de resistir às condições ambientais consideradas extremas para muitos (queimadas, carência de água e pobreza de nutrientes essenciais). Contudo, o cartum também ressalta os efeitos da presença humana no Cerrado, convertendo mais da metade do bioma para atividades como monocultura de exportação e pecuária. Imagem gentilmente cedida por Alves.

O Cerrado é um tipo de savana, formação vegetal composta por um misto de lenhosas (árvores e arbustos) com espaçamento variado e de gramíneas. De maneira geral, as árvores no Cerrado permitem a passagem da luz solar através de seu dossel (dossel aberto) até atingir o chão, promovendo o crescimento de arbustos e gramíneas. Logicamente, algumas formações do cerrado possuem alto adensamento de lenhosas (ex.: cerrado *sensu stricto*) e reduzem a entrada de luz através de seu dossel; reduzindo de igual modo a quantidade de gramíneas na vegetação. Essa vegetação é também altamente adaptada à sazonalidade de disponibilidade de água, com condições locais chuvosas numa das metades do ano (outubro a março) e de estiagem na outra metade (abril a setembro).

O Cerrado é também resiliente a queimadas naturais, que geralmente ocorrem no auge da estação seca. Toda essa relação da comunidade vegetal da região com os fatores abióticos do clima (temperatura/precipitação) e queimadas, fazem do Cerrado um **ecossistema** bastante singular. Logicamente, além de apresentar todas essas peculiaridades desse bioma, o cartum de Alves (Fig. 5.1) destaca as ameaças que o Cerrado vem sofrendo. Mais de 50% do bioma se encontra alterado e a conversão da vegetação para o plantio de monoculturas e pecuária é o que mais tem reduzido o bioma. O uso indiscriminado do fogo para limpeza do

terreno para plantio tem alterado o regime de queima do Cerrado para anual, se transformando numa segunda ameaça para o bioma (vide hipótese do distúrbio intermediário no Capítulo 4). Além disso, as mudanças climáticas globais são ainda uma ameaça de grandes proporções ao bioma, e estima-se que diversas espécies não resistirão a essas mudanças nas próximas décadas.

Ecossistema consiste numa comunidade biológica e suas interações com o ambiente físico. Ao relatarmos o Cerrado, podemos considerá-lo como uma comunidade em nível regional, quando tratamos apenas de suas espécies; mas também podemos considerá-lo como um ecossistema, quando consideramos toda a importância dos fatores abióticos (temperatura, precipitação, regime de queimas, características do solo, relevo etc.) na delimitação e estruturação desse bioma. De fato, todos os biomas são comunidades biológicas. Entretanto, o estudo deles não faz sentido algum se não estiverem associados ao clima, que os explica em grande parte. E é justamente por esse assunto que iniciamos o capítulo.

Além do estudo de biomas, o estudo do fluxo de energia e de matéria através dos diferentes níveis tróficos (produtores e consumidores), bem como a importância dos decompositores nessa ciclagem, são assuntos comuns para estudos em nível de ecossistema. Ademais, o estudo dos ciclos biogeoquímicos nos ecossistemas traz a base para a compreensão de uma ecologia aplicada de ecossistemas, uma vez que diversas informações sobre eutrofização, bioacumulação e amplificação biológica possuem como base alterações nos ecossistemas e em seus ciclos naturais.

## 6.1. Os determinantes dos biomas do mundo

Ao tratarmos do Cerrado, o classificamos como uma savana. Além do Cerrado, diversas outras vegetações também são consideradas savânicas, como as do Serengueti (*planícies intermináveis*, na língua Massai) na África, e as florestas esclerófilas de eucalipto na Austrália. O termo savana é, portanto, o nome dado a uma classe de vegetações que possuem características similares de presença de árvores com dossel descontínuo, permitindo a passagem de luz e crescimento de arbustos e gramíneas em conjunto. Diversos organismos, mesmo pertencentes a grupos evolutivos diferentes, acabam por assumirem a forma corporal e, por ocuparem papéis (nichos) muito similares, terminam também por habitarem regiões com condições climáticas parecidas. Esse fenômeno é conhecido como **convergência** evolutiva, e para esse caso, possui o clima como grande fator seletivo. Na verdade, essa é a base da definição de **bioma**: um sistema de classificação das comunidades biológicas do mundo com base nas semelhanças e diferenças de suas características vegetais.

Apesar da contribuição de diversos pesquisadores para o estudo do clima em todo o mundo, Robert H. Whittaker teve um importante destaque. Ele definiu inicialmente todos os biomas do mundo, com base na classificação que apresentamos logo acima. Em seguida, Whittaker construiu um diagrama de duas variáveis (temperatura média x precipitação anual) e inseriu ali os pares ordenados de temperatura média e precipitação anual de todos os biomas classificados previamente. O resultado visual é que formações vegetais similares estavam localizadas próximas umas às outras, de forma que a similaridade na aparência dos biomas do

mundo inteiro podia ser explicada pela similaridade climática que eles possuíam (Fig. 5.2). Além disso, todos os biomas do mundo se enquadravam numa área climática em forma de triângulo, cujos vértices representam os seguintes climas: quente e úmido, quente e seco, frio e seco. Trata-se de uma maneira bastante interessante de se entender os diferentes biomas do mundo (num nível ecossistêmico).

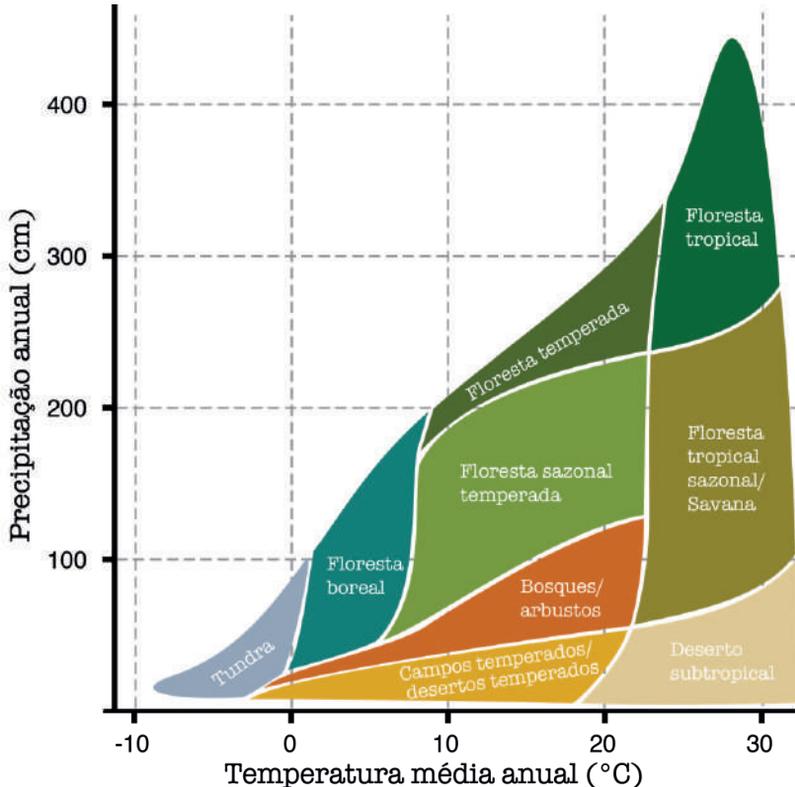


Fig. 5.2. Diagrama de Whittaker representando os diferentes biomas do mundo e seus determinantes climáticos, resumidos em termos de temperatura média anual e precipitação anual. Adaptado por Roger Ledo.

Vistos num mapa, a maioria das vegetações classificadas

como um mesmo bioma se localizam em faixas similares de latitude (Fig. 5.3), apresentando certa correspondência com o estudo de Whittaker. Relembrando conhecimentos básicos de geografia, como os movimentos de rotação da Terra, fica evidente que regiões com mesma latitude costumam receber uma mesma quantidade de incidência solar ao longo do dia, justificando sua similaridade em irradiação, temperatura (que é um reflexo da irradiação solar) e, indiretamente, de precipitação. As regiões equatoriais terão maior incidência solar, maiores temperaturas, maiores taxas de evapotranspiração e, conseqüentemente, maior precipitação (que é reflexo da evapotranspiração). O bioma mais comum para esse tipo de condições climáticas é o de floresta tropical pluvial (ex.: Amazônia, Mata Atlântica, Floresta do Congo). Geralmente essas regiões possuem uma altíssima biodiversidade. Em seguida, em latitudes um pouco superiores, tanto a Norte quanto a Sul, os efeitos da sazonalidade começam a preponderar. A inclinação de  $23.5^\circ$  do eixo de rotação da Terra, associado ao seu movimento de translação, explicam as estações do ano no planeta. Regiões entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio (ditas tropicais) terão uma metade do ano com alta incidência solar; conseqüentemente, com alta precipitação, sendo que a outra metade terá uma baixa incidência solar relativa e baixa precipitação. Os biomas mais comuns nessa faixa de latitude são florestas tropicais sazonais e savanas. Em latitudes maiores, logo após  $30^\circ\text{N}$  e  $30^\circ\text{S}$  é comum existirem regiões que ainda recebem uma considerável incidência solar; mas que, infelizmente, não se reflete em grandes quantidades de chuva, formando os desertos subtropicais.

Em latitudes acima das dos desertos subtropicais, as estações

do ano são ainda mais marcadas, de forma que são perceptíveis quatro estações (primavera, verão, outono e inverno), e não mais duas estações (verão chuvoso e inverno seco), como nas regiões tropicais. Nessas regiões ocorrem influências de outras massas de ar que não as das regiões tropicais, de forma que a precipitação é retomada em alguns biomas (florestas temperadas) e, em alguns casos, a precipitação vem na forma de neve (desertos e campos temperados, floresta boreal e tundra). Os biomas mais extremos em termos de latitude são as tundras e florestas boreais. É também comum nessas regiões a ocorrência de meses do ano com pouquíssima (ou nenhuma) irradiação solar e meses do ano com irradiação solar o dia inteiro, dado o posicionamento da área do Globo em relação aos raios solares.

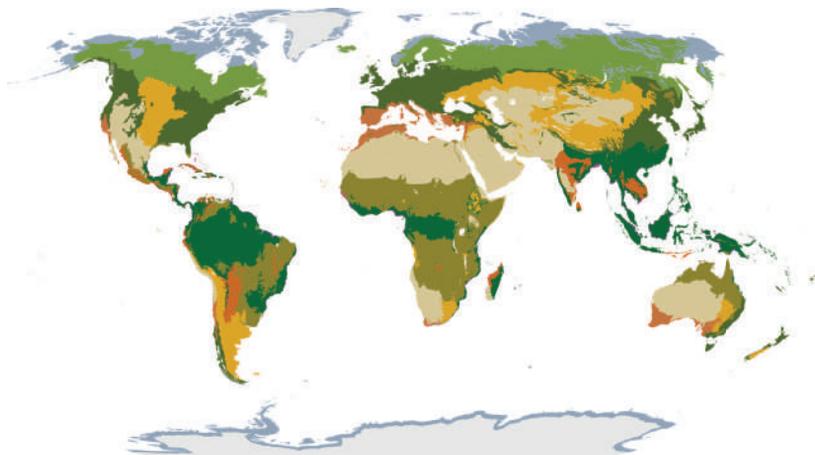


Fig. 5.3. Biomas do mundo, conforme classificação de Whittaker. As cores dos biomas no mapa correspondem às mesmas cores do diagrama de Whittaker na figura 5.3. Adaptado por Roger Ledo.

## 6.2. Ciclos biogeoquímicos nos ecossistemas e alterações antrópicas

Ao se estudar os diferentes ecossistemas, os esforços de compreensão de sua dinâmica poderão sair um pouco da relação das comunidades biológicas com o ambiente e, em vez disso, poderão incorporar **como os diferentes nutrientes, que fazem parte da matéria dos diferentes organismos transitam por toda a comunidade**. Esse tipo de estudo possui ainda uma relevância maior, dado à crise ambiental/antrópica que vivemos, visto que a ação humana nos últimos séculos tem promovido inúmeros desequilíbrios no ciclo natural de diversos nutrientes, causando superpopulações, desastres ambientais etc.

Um nutriente pode ser considerado qualquer elemento essencial para a sobrevivência e crescimento de um organismo. Eles podem ser divididos em **macronutrientes**, quando participam em quantidades superiores a 0.2% do peso orgânico seco (p.o.s) (ex.: C, O, N, P, S, Cl, K, Na, Ca, Mg e Fe), ou **micronutrientes**, quando participam em quantidades inferiores a 0.2% do pos, como Alumínio (Al), Boro (B), Cromo (Cr), Zinco (Zn), Molibdênio (Mo), Vanádio (V) e Cobalto (Co). Estudar o ciclo desses nutrientes através dos diferentes organismos de uma comunidade faz parte do escopo de conhecimentos de **ciclos biogeoquímicos**. Esse termo deriva da natureza desses ciclos, que envolve a parte viva (*bio*), o componente geológico (*geo*), visto que o meio terrestre é a fonte inicial desses nutrientes; e químicos, uma vez que todo o processo de assimilação e desassimilação dos elementos, envolve um conjunto de reações químicas.

Os ciclos biogeoquímicos mais estudados são os do Car-

bono, Nitrogênio, Enxofre e Fósforo, visto que recebem alterações muito significativas pela ação humana. A poluição e os desequilíbrios ecossistêmicos (ex.: eutrofização, efeito estufa, chuva ácida) são fruto, em última instância, de mudanças nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes.

O Carbono (C) possui a atmosfera como estoque natural, na forma de  $\text{CO}_2$ . Alternativamente, o  $\text{CO}_2$  também pode ser estocado no ambiente aquático, formando íons de carbonato e também precipitando na forma de calcário. Esse composto representa cerca de 49% do peso orgânico seco dos organismos vivos. O ciclo do carbono nos ecossistemas pode ser dividido em duas fases: rápida e lenta. A fase rápida engloba os processos químicos de fotossíntese, respiração e decomposição dos organismos vivos. É nesse sentido que classificamos a maioria dos organismos nos níveis funcionais de produtores e consumidores, sendo que dentro dos consumidores podem ainda existir seres decompositores. A fase lenta envolve a decomposição lenta da matéria orgânica morta e formação de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural). Em ambientes naturais, a formação de combustíveis fósseis fica inacessível à comunidade biológica por ficar estocada embaixo da terra. Contudo, a partir da Revolução Industrial, a expansão da produção e globalização se deu pela intensa queima de combustíveis fósseis, liberando quantidades absurdas de  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  na atmosfera. Todos estes gases contribuem significativamente para o efeito estufa e aquecimento global.

O Nitrogênio (N) é um importante elemento na constituição do DNA, de proteínas, de vitaminas e de hormônios. Ele se encontra em maior quantidade no estado gasoso ( $\text{N}_2$ ), cuja con-

centração na atmosfera (78%) é muito maior que a de gás carbônico (0.032%). Entretanto, apesar de toda essa concentração, apenas alguns grupos de organismos aproveitam o gás nitrogênio (bactérias tão somente). Bactérias que conseguem fixar o carbono a partir de  $N_2$  são *Azotobacter*, *Beijerinckia* e *Clostridium*, transformando-o em amônia. Plantas leguminosas também conseguem fazer essa fixação, graças à uma associação ecológica que fazem com bactérias do gênero *Rhizobium* (na verdade, quem faz a fixação do nitrogênio são essas bactérias). A amônia também é produzida pela decomposição da matéria orgânica morta. Contudo, a amônia (ou íon amônio) não é assimilada pelas plantas. Para que o nitrogênio seja assimilado pelas plantas e participe da cadeia trófica dos ecossistemas é necessário que o íon amônio seja ainda convertido em nitritos ( $NO_2^-$ ) e, em seguida, em nitratos ( $NO_3^-$ ), pela ação de bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, respectivamente. Todas essas bactérias citadas ao longo do ciclo do nitrogênio são autotróficas do tipo quimiotrófico, ou seja, capazes de produzir energia para a sobrevivência e a construção de compostos orgânicos a partir da matéria inorgânica. Os nitratos são a forma de absorção do íon nitrogênio pelas plantas. Em contrapartida, diversas bactérias também fazem a denitrificação, que consiste na transformação de nitratos em nitritos e, posteriormente, em óxido nitroso e gás nitrogênio, liberado na atmosfera. Dentre elas, podemos citar as do gênero *Pseudomonas*.

Alterações no ciclo do nitrogênio tem como base a produção de adubos químicos, fixando o nitrogênio fora do ciclo biogeoquímico natural para a produção de fertilizantes. Esses adubos químicos contribuem para uma maior oferta de amônia no solo

que aumenta a produtividade vegetal; mas também, carrega grande parte desse adubo para corpos d'água, deixando-os eutróficos e permitindo o crescimento desenfreado de bactérias tóxicas.

O fósforo está presente em grande quantidade nas moléculas de ácidos nucleicos (DNA e RNA), bem como nas moléculas de ATP. Ele é considerado recurso limitante para produtividade primária em diversos ecossistemas e seu reservatório natural é a litosfera (rochas fosfatadas). A liberação de fósforo na forma de fosfatos ocorre pelo processo de sedimentação das rochas e pela ação da chuva. O fosfato é a forma iônica que os organismos assimilam. Em contrapartida, com a liberação de excrementos ou morte, o fosfato pode ser assimilado novamente no ciclo ou pode retornar aos depósitos minerais. O desequilíbrio desse ciclo se dá na oferta excessiva de fósforo nos ecossistemas na forma de adubos químicos (NPK) que, assim como o nitrogênio, aumentam a produtividade vegetal, mas também são carregados em grande parte para corpos d'água, deixando-os eutróficos e permitindo o crescimento desenfreado de bactérias tóxicas.

Assim como o fósforo, o ciclo do enxofre também é sedimentar. A forma de assimilação do enxofre pelos organismos é na forma de sulfato inorgânico. Enxofre também pode ser liberado na atmosfera pela atividade vulcânica, na forma de óxidos de enxofre e gás sulfídrico. O contato desses gases com massas de ar está associado à chuva-ácida, fenômeno natural de aumento da acidez da água da chuva. Todavia, a queima de combustíveis fósseis contribui para o incremento significativo de gases do efeito estufa na atmosfera, além de óxidos de enxofre, tornando a chuva ácida muito mais frequente que o habitual. O resultado é que a

chuva ácida corrói com mais intensidade monumentos, estruturas de habitações e de veículos em grandes cidades.

### 6.3. Fluxo de energia e matéria nos ecossistemas

Assim como os ecossistemas podem ser analisados em termos do fluxo de nutrientes entre as partes vivas e não vivas (ciclos biogeoquímicos), eles também podem ser analisados quanto ao fluxo da energia e matéria dos alimentos através dos diferentes organismos. Nesse sentido, os organismos são organizados em categorias funcionais, chamadas de **níveis tróficos**. Destes, os mais basais são chamados de **produtores**, compostos por todos os organismos autotróficos fotossintetizantes, capazes de assimilar e transformar a energia, a partir de compostos inorgânicos ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ ) e da luz do sol. Todos os demais organismos serão heterótrofos, pois obterão energia e matéria para o seu funcionamento apenas destruindo uma matéria orgânica já existente, seja por relações de predação, seja por relações de decomposição. Organismos que se nutrem diretamente da matéria proveniente dos produtores, são chamados de **consumidores primários**. São animais tipicamente herbívoros. Animais que se nutrem diretamente dos herbívoros são considerados **consumidores secundários**, e assim por diante.

Ao posicionar todos os níveis tróficos, um em cima do outro, o aspecto de uma pirâmide será o mais comum, sendo por isso denominado pirâmide de energia. Esse aspecto visual (de uma pirâmide) se dá pelo fato de que grande parte da energia assimilada por cada um dos níveis tróficos (cerca de 90%) é utilizada unicamente para a manutenção orgânica dos indivíduos (respiração, processos metabólicos internos, manutenção de

temperatura, reparação de tecidos etc.); não sendo estocada e consumida no nível trófico seguinte. Ademais, considerando os diferentes níveis tróficos como sistemas que respeitam as leis da termodinâmica, os processos de transformação de energia sempre aumentarão a entropia (desordem no sistema), de forma que sempre parte da energia absorvida/produzida será transformada em outras formas de energia não aproveitáveis (ex.: calor). Dessa maneira, à medida que avançamos para cada nível trófico, a quantidade de energia disponível (e matéria) para assimilação será menor (Fig. 5.4) e, como consequência, suportando populações e comunidades menores. Portanto, a maioria das pirâmides de energia nos ecossistemas não consegue comportar mais do que três níveis tróficos de consumidores (Fig. 5.4).

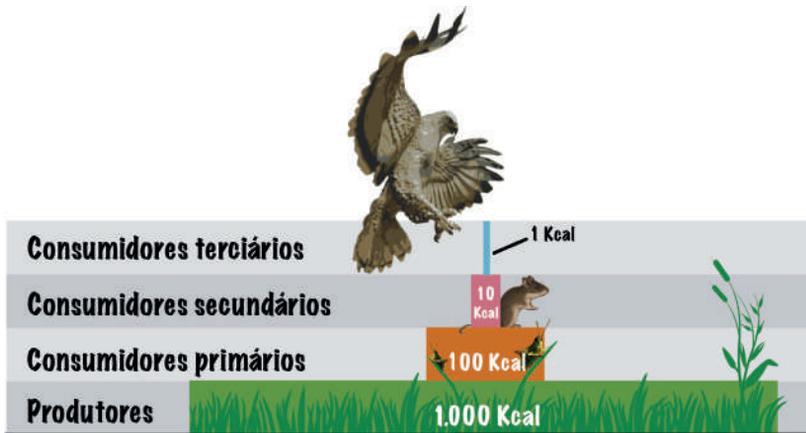


Fig. 5.4. Representação hipotética de uma pirâmide de energia, com produtores e consumidores. Note que à medida que avançamos na análise dos níveis tróficos, percebe-se que a quantidade de energia disponível será menor numa magnitude de 90%. Imagem de Roger Ledo.

Um dos aspectos interessantes do estudo de ecologia trófica aplicada em ecossistemas diz respeito à bioacumulação e amplifi-

cação biológica (também chamada de biomagnificação, ou magnificação biológica). Ambientes com muitos compostos tóxicos e recalcitrantes (pouco degradáveis, persistentes no ambiente) a exemplo do mercúrio, chumbo, DDT etc., não são eliminados com facilidade dos organismos, sendo estocados em seus tecidos corporais (adiposos). Ou seja, são compostos de natureza apolar. À medida que esses organismos crescem, tendem a acumular ainda mais desses compostos tóxicos, num fenômeno conhecido como bioacumulação. Predadores desses animais seguramente acumularão ainda mais desses nutrientes, pois não predarão apenas um organismo ao longo de suas vidas. Por consequência, predadores de topo de cadeia tenderão a acumular níveis muito altos de toxinas, em escala exponencial, fenômeno conhecido como **amplificação biológica**. Fenômenos desse tipo são muito conhecidos, como o Mal de Minamata (região do Japão), cujo lago recebeu muitos aportes de mercúrio nas décadas de 1930. Após uma década, diversas crianças nasceram com deformidades corporais e problemas mentais. O principal motivo dessas ocorrências, está no fato de que os pais dessas crianças acumularam muitos metais pesados pela ingestão frequente de peixes contaminados do referido lago.

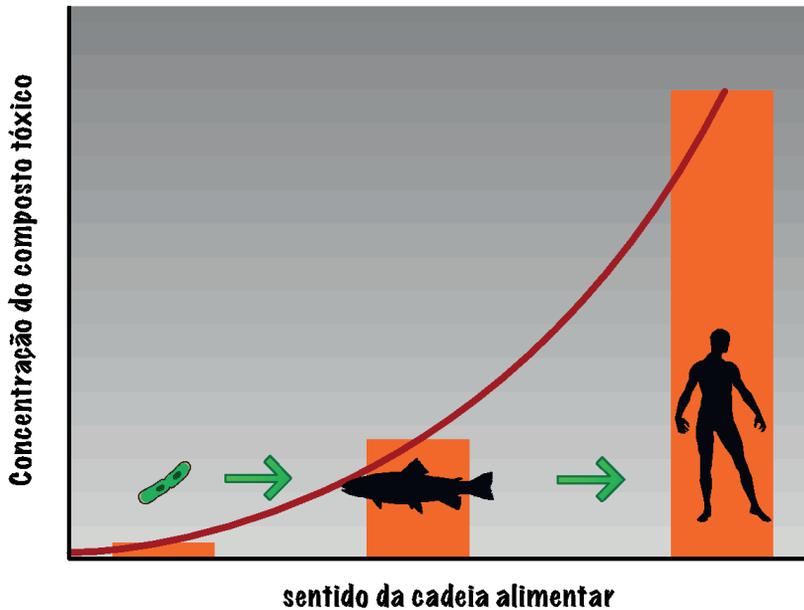


Fig. 5.5. Representação da amplificação biológica para um composto tóxico hipotético. Considerando que o composto possui baixíssima degradação no ambiente (composto recalcitrante) e é apolar (ou seja, não é eliminado pelas excreções corporais; e, sim, acumulado nos tecidos corporais dos organismos vivos), consumidores de topo de cadeia tenderão a acumular maiores níveis de toxinas (escala exponencial) em relação às suas presas. Isso se deve ao fato de um predador não consumir apenas uma presa ao longo de sua vida, mas inúmeras delas. Imagem de Roger Ledo.

## 6.4. EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. Defina o que é bioma?
02. O Cerrado se enquadraria em qual tipo de bioma?
03. Com base no diagrama de Whittaker apresentado na fig. 5.2, quais seriam as faixas de variação de precipitação e temperatura de um deserto subtropical e de uma Floresta Boreal?
04. O que as cadeias alimentares nos dizem sobre a reciclagem de energia e matéria orgânica num ecossistema?
05. Por que a produtividade de muitas comunidades terrestres e aquáticas é limitada por nutrientes?
06. O ciclo hidrológico prosseguiria com ou sem a presença de uma biota. Discuta como a presença da vegetação modifica o fluxo de água através de um ecossistema.
07. Por que na maioria das comunidades muito mais energia é processada através do sistema decompositor do que através do sistema consumidor de matéria viva?
08. Além de estimar e monitorar a dinâmica populacional de espécies, como o conhecimento da ecologia de uma espécie, pode ajudá-la em termos de conservação?

## CAPÍTULO 7

# Princípios de direito ambiental e principais legislações brasileiras para a temática ecológica

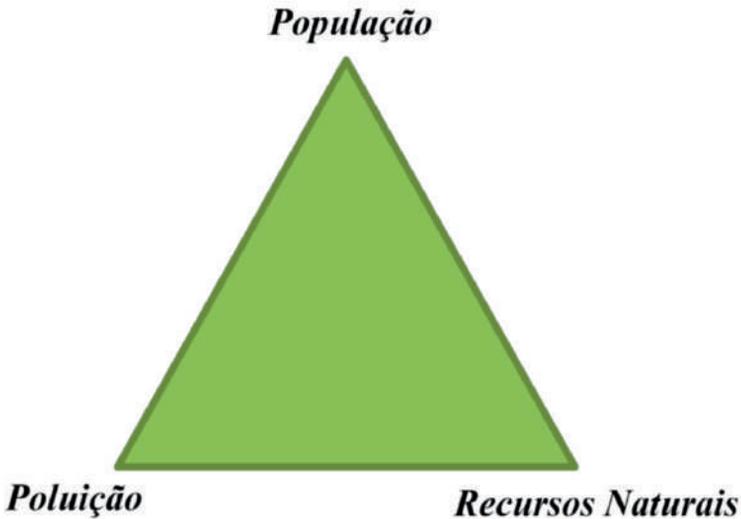


Fig.6.1. Principais componentes da crise ambiental: o aumento demasiado da população mundial associado à uma redução contínua da qualidade e quantidade dos recursos naturais e aumento na geração de poluição. Imagem dos autores, adaptado de Braga, Hespanhol et al. (2005), Introdução à Engenharia Ambiental.

Direito Ambiental é um dos mais recentes ramos do Direito e, certamente, o cuidado jurídico sobre essa disciplina é irreversível; haja vista a magnitude das discussões acerca do meio ambiente e de seu impacto sobre a sociedade, tanto localmente quanto in-

ternacionalmente. Segundo Antunes (2010), a preocupação fundamental do Direito Ambiental é organizar a forma pela qual a sociedade se utiliza dos recursos ambientais, estabelecendo métodos, critérios, proibições, permissões e definindo o que poderia ou não ser apropriado, econômica e ambientalmente.

O surgimento desse ramo do Direito está intimamente relacionado à expansão desenfreada do modelo de produção capitalista, onde a busca pelo poder econômico ultrapassa o respeito ao ambiente natural, social, cultural; assim também como a dignidade da pessoa humana. Segundo Buarque (2002), até a metade do século XX, a ideia predominante no Brasil, e em boa parte do mundo, era a de que a Natureza se comportava como uma despensa, onde se poderia retirar, sem parcimônia, o máximo possível; e também o depósito de lixo, onde se poderia jogar todos os resíduos do processo produtivo. Essa forma de pensamento foi responsável pela promoção de uma crise ecológica, consequência da má administração do meio natural e do crescimento desenfreado das populações humanas. Atualmente, essa visão do meio ambiente tem sido substituída pela de que os recursos naturais são finitos e que a vida humana necessita deles para sua manutenção ao longo das gerações. Ainda, o modelo produtivo atual é insustentável a longo prazo e tem sido responsável, em grande parte, pela destruição do meio ambiente, tanto pela supressão de ecossistemas, quanto pela ampla poluição e dissipação de doenças. Todas essas consequências danosas, oriundas de um poder econômico desordenado, fizeram com que essa realidade ganhasse uma repercussão maior no mundo normativo, culminando na criação de normas capazes de estabelecer comandos e regras para dar um

novo tratamento à deterioração do meio ambiente. Essas regras teriam como valor e objetivo maior a conservação de tudo aquilo que é essencial à vida. Em suma, o Direito Ambiental é, portanto, um conjunto de normas que estabelece mecanismos capazes de disciplinar as atividades humanas em relação ao meio ambiente.

### **7.1. Definição de Meio Ambiente no Direito**

Para entendermos o foco e a abrangência do Direito Ambiental, é também importante definirmos ainda, nesse início, o que é meio ambiente. Segundo Begon; Townsend; Harper (2007), ambiente consiste no conjunto de influências externas exercidas sobre um organismo, as quais são representadas por fatores e fenômenos. Essa é uma definição ecológica do que é meio ambiente, como o conjunto de condições e recursos que regem a vida e, sem o qual, a vida não se sustenta. Poderíamos citar como exemplo de influências externas sobre qualquer ser vivo, o clima (dinâmica da precipitação, de temperatura nas diferentes regiões da Terra), a topografia de uma região e, ainda, a presença de outras espécies com as quais um organismo se relaciona. A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938, de 1981) traz uma definição semelhante de meio ambiente, definindo-o como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. No Direito Ambiental, contudo, a essa definição de meio ambiente é dado um destaque especial ao ser humano, suas atividades e seus produtos.

O ser humano é bastante peculiar. Diferente dos demais organismos, ele possui a capacidade de habitar diferentes ambientes,

incluindo os que ele mesmo produziu. Soa até engraçado, por exemplo, percebermos que o ser humano é tão bem-sucedido à vida na Terra que consiga estendê-la até à Lua eventualmente, devido às suas conquistas tecnológicas. Ou ainda, que o homem é tão adaptado à vida na Terra que conseguiu expandir suas áreas de atuação para o espaço, Marte ou até os confins do Universo. De fato, o ser humano apresenta bastante peculiaridades. Juntamente com isso, percebemos que a espécie humana também desenvolve cultura, linguagem, arte, conhecimento, religião, dentre várias outras referências. É frequente, com base nessas características do ser humano, textos jurídicos que fazem alusão a outros meios influenciados pelo ser humano e que também carecem de tutela, como o meio ambiente natural, o meio ambiente urbano, o meio ambiente social e o meio ambiente cultural.

No Direito Ambiental, além de todos os elementos que compõem a definição de meio ambiente, a atividade humana (também conhecida como atividade antrópica) e seus resultados também são incluídos com destaque nessa compreensão. Conforme Antunes (2010), no Direito Ambiental, meio ambiente é considerado a natureza mais o ser humano, incluindo a modificação produzida pelo homem sobre o meio físico, químico e biológico, de onde retira o seu sustento. A partir desse conceito, portanto, não se deve imaginar que o homem está fora do mundo natural. Ao contrário, ele também é parte essencial, pois é dotado de uma capacidade de intervenção e modificação de sua realidade externa, maior que a observada nos demais organismos, lhe conferindo uma posição singular. Entretanto, mesmo assim, o ser humano também é dependente da natureza, de forma que pode se tornar

vítima, caso ocorram desarranjos agressivos ao meio ambiente. Percebe-se, pois, que a essa definição de meio ambiente é dado um destaque maior ao ser humano, haja vista que a própria Constituição Federal e normas infraconstitucionais apresentam um caráter antropocêntrico e que visam, dentre várias coisas, garantir a manutenção da espécie humana de forma digna no planeta.

Outro aspecto interessante a se notar é o histórico da nomenclatura relativa a esse estudo no Brasil. Décadas atrás se chegou a utilizar a expressão Direito Ecológico para definir o conjunto de normas referente à matéria meio ambiente. Atualmente, em concordância com outros países, utiliza-se a expressão Direito Ambiental (nome relativo em inglês, *environmental law*). Acredita-se, ainda, que o Direito Ambiental traz em si um conceito mais abrangente do que o Direito Ecológico; uma vez que o termo mais recente incluiria a ideia de conservação de ambientes emergentes, criados a partir da influência direta do ser humano, pelo menos no ponto de vista jurídico.

Segundo apresentado por Antunes (2010), em Direito Ambiental, a noção de ambiente seria mais abrangente que a de ecologia ou de natureza, uma vez que aquela incluiria o ser humano, suas atividades, interações (econômicas, sociais etc.) e seus resultados como parte integrante da matéria meio ambiente, estando sob necessidade de controle, mas também de conservação. Esse conceito também pode ser percebido nas palavras de Rodgers Jr. (1977), autor do livro *Environmental Law*: “direito ambiental não trata apenas com o ambiente natural – as condições físicas da terra, ar e água. Ela abarca também o ambiente humano – a saúde, social e outras condições feitas pelo homem, afetando o lugar do

ser humano na terra”.

Entretanto, vale também ressaltar que, em Ecologia (ciência que estuda a distribuição e abundância dos organismos, bem como as interações que determinam a distribuição e abundância deles), é crescente a inclusão de questões resultantes da atividade antrópica para a solução de problemas ambientais, mesmo em ambientes emergentes humanos (cidades e plantações, por exemplo), o que é frequentemente chamado de Ecologia Aplicada (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2008). Dessa forma, pelo menos filosoficamente, esses conceitos podem ainda ser muito semelhantes. A diferença, portanto, pode estar no enfoque maior dado ao ser humano no Direito Ambiental, como algo central, visto que as próprias leis são escritas para o ser humano (visando o bem-estar deste como prioridade).

## 7.2. Vertentes do Direito Ambiental

O Direito Ambiental brasileiro também apresenta vertentes, linhas básicas que também moldam e direcionam sua atuação, como se fossem outros aspectos que precisam ser assegurados e levados em consideração. São elas as vertentes econômica e humana. Elas são claramente percebidas, por exemplo, na Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente. O artigo 2º dessa lei apresenta claramente que «*a Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições de **desenvolvimento socioeconômico**, aos interesses de segurança nacional e à **proteção da dignidade da vida humana***”.

É interessante notar que muitos interpretam meio ambiente e economia como abordagens opostas. Entretanto, a verdade é que ambas necessariamente precisam andar juntas, visto que uma necessita da outra. Uma economia só se sustenta com um ambiente saudável. A exploração desenfreada reduz a quantidade dos recursos naturais e pode interferir significativamente na produção, reduzindo a quantidade do produto e/ou aumentando o custo de produção. A concepção de desenvolvimento sustentável abrange justamente essa nova visão, propondo a conciliação da conservação dos recursos ambientais e do desenvolvimento econômico (melhoria contínua, não necessariamente acúmulo). A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938, de 1981) foi a primeira norma legal brasileira construída sobre a base da proteção ambiental como elemento essencial para o desempenho da atividade econômica (ANTUNES, 2010). Segundo o artigo 2º dessa lei, a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida é um pré-requisito para assegurar condições de desenvolvimento socioeconômico no Brasil.

A Constituição Federal de 1988 apresenta algumas preocupações ambientais associadas às normas de Direito Econômico. No artigo 170, inciso VI, há especial menção ao meio ambiente: *“A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios: VI – defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação”*.

Vale salientar que existe uma vertente humana clara no Di-

reito Ambiental, expressa no *caput* do artigo 225 da Constituição Federal. Ele define o direito ao meio ambiente equilibrado como **de todos e essencial à sadia qualidade de vida**. Logo, subjetivamente, toda e qualquer pessoa poderia exigir esse direito. Ainda, o artigo 225 dessa constituição impõe a conclusão de que o direito ao ambiente equilibrado é um dos direitos humanos fundamentais.

Portanto, o meio ambiente, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida é de interesse comum, podendo ser tutelado judicialmente; por exemplo, por meio de ação popular, como se pode ver no artigo 5º, inciso LXXVIII, da Constituição: *qualquer cidadão é parte legítima para propor ação popular que vise a anular ato lesivo ao patrimônio público ou de entidade de que o Estado participe, à moralidade administrativa, ao meio ambiente e ao patrimônio histórico e cultural, ficando o autor, salvo comprovada má-fé, isento de custas judiciais e do ônus da sucumbência*.

A ação popular é um meio processual à qual tem direito qualquer cidadão que deseje questionar judicialmente a validade de atos que consideram lesivos ao patrimônio público (conforme lei 4.717/1965, que regula esse instituto jurídico); ou ainda, conforme redação da Constituição Federal de 1988, outras situações, como atos lesivos ao meio ambiente. Ainda, segundo Jucovsky (2000), “(...) ação popular constitucional, no Brasil, tem uma perspectiva política, de participação política do povo na construção da democracia; enfim, do Estado democrático de direito, tão almejado nas modernas sociedades”.

### 7.3. Princípios do Direito Ambiental

Princípios são os requisitos centrais instituídos como base, como alicerce de alguma coisa. Machado (2003) os considera como alicerce ou fundamento do Direito. Segundo Benjamim (1993), os princípios permitem compreender a autonomia de alguma matéria em relação às demais (exemplo: autonomia das matérias do Direito Ambiental em relação às do Direito Administrativo, Constitucional, Penal etc.), auxiliam na identificação da unidade e da coerência das normas de determinada matéria, permitem compreender a forma pela qual um determinado assunto é visto na sociedade, além de servirem de critério para uma exata compreensão e interpretação das normas que compõem um sistema jurídico.

Os princípios jurídicos podem ser implícitos ou explícitos. Explícitos são aqueles claramente escritos nos textos legais e, fundamentalmente, na Constituição. Como exemplo de princípios explícitos podemos citar os princípios do Direito Constitucional que estão claramente escritos na Carta Magna em seu artigo 1º (soberania, cidadania, dignidade da pessoa humana, valorização do trabalho e da livre iniciativa, pluralismo de ideias). Princípios implícitos são aqueles que decorrem do sistema constitucional, ainda que não se encontrem escritos. Não há um consenso doutrinário acerca dos princípios reconhecidos do Direito Ambiental e, ao mesmo tempo, existem divergências profundas sobre o significado concreto de cada um deles. É bastante comum, quando realizamos uma busca em mais de uma obra sobre os princípios do Direito Ambiental, encontrarmos diversos princípios distintos, tanto explícitos quanto implícitos; ou ainda, encontrarmos

muitas vezes princípios com uma mesma essência, mas com nomenclaturas diferentes que os definem. Isso tem variado bastante de acordo com o autor. Nesse aspecto também se revela muito a importância da Jurisprudência na solução de situações, visto que em matéria ambiental, é muito comum se perceber muitas particularidades e que circunstâncias e casos de cada hipótese não são comuns em se repetir.

Os princípios jurídicos ambientais devem ser buscados, no caso do ordenamento jurídico brasileiro, em nossa Constituição e nos fundamentos éticos que iluminam as relações entre os seres humanos. Dentro dessa perspectiva, utilizo como referência básica a obra de Antunes (2010) e destaco os seguintes princípios fundamentais relativos ao Direito Ambiental:

### **7.3.1 - Princípio da dignidade da pessoa humana**

A dignidade da pessoa humana é o centro da ordem jurídica democrática e não há como afastar a centralidade desse princípio quando se tratar de Direito Ambiental. O direito estabelecido no artigo 225 da Constituição é fundado no princípio da dignidade da pessoa humana e somente nele encontra sua justificativa final.

O reconhecimento internacional do princípio da dignidade da pessoa humana é amparado, por exemplo, nos princípios 1 e 2 da **Declaração de Estocolmo**, proclamada em 1972:

*Princípio 1 - O homem tem o direito fundamental à liberdade, à igualdade e ao desfrute de condições de vida adequadas, em um meio ambiente de qualidade tal que lhe permita levar uma vida digna, gozar de bem-estar e é portador solene de obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente, para as gerações presentes e futuras. A*

*esse respeito, as políticas que promovem ou perpetuam o “apartheid”, a segregação racial, a discriminação, a opressão colonial e outras formas de opressão e de dominação estrangeira permanecem condenadas e devem ser eliminadas.*

*Princípio 2 - Os recursos naturais da Terra, incluídos o ar, a água, o solo, a flora e a fauna e, especialmente, parcelas representativas dos ecossistemas naturais, devem ser preservados em benefício das gerações atuais e futuras, mediante um cuidadoso planejamento ou administração adequada.*

Esse princípio foi, posteriormente, reafirmado pela **Declaração do Rio**, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio 92:

*Princípio 1 - Os seres humanos constituem o centro das preocupações relacionadas com o desenvolvimento sustentável. Têm direito a uma vida saudável e produtiva em harmonia com o meio ambiente.*

O artigo 225, *caput*, apresenta esse princípio ao afirmar que “*todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida (...)*”. Apesar da discussão jurídica sobre o significado da palavra “*todos*” nesse artigo, é clara a inclusão do princípio da dignidade da pessoa humana nesse texto; destinando o meio ambiente, ecologicamente equilibrado, como um direito do ser humano. Machado (2003) nomeia esse princípio como o princípio do direito à sadia qualidade de vida e do acesso equitativo aos recursos naturais. Apesar da nomenclatura diferente, esses princípios tratam de um mesmo assunto, relativos ao princípio da Declaração de Estocolmo (1972) e da Declaração do Rio de Janeiro (1992), que

afirmam que os seres humanos constituem o centro das preocupações com o meio ambiente e que o ser humano necessita de um meio ambiente de qualidade, tal que lhe permita levar uma vida digna e gozar de bem-estar. Além de ser portador solene da obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente, para as gerações presentes e futuras.

Dessa forma percebe-se que o ser humano é o centro das preocupações no Direito Ambiental e que este existe em função dele, para que ele possa viver melhor na Terra. Contudo, existe uma corrente no Direito que visa estabelecer uma igualdade linear entre as diferentes formas de vida do planeta. Segundo Antunes (2010), essa preocupação não precisa estar efetivamente explicitada, visto que a conservação biológica também precisa ser encarada como algo excessivamente essencial para a manutenção do ser humano na Terra; devendo-se levar em consideração a conservação tanto de espécies com um nível de importância como o ser humano, quanto a de espécies aparentemente não importantes (mas, com perspectivas de virem a se tornarem). Além disso, essas espécies desempenham sua função no equilíbrio dinâmico dos ecossistemas, mesmo que aparentemente não pareçam ter.

Ainda, o autor ressalta que a relação humana com os demais animais deve ser vista de forma caridosa e tolerante, sem que se admita a crueldade, sofrimento desnecessário e exploração excessivamente danosa ou interesseira de animais e plantas. Alguns autores sugerem uma preocupação indireta do Direito Ambiental Brasileiro, a outros organismos que não o ser humano, ao indicar constitucionalmente como obrigações do Poder Público “proteger e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo

ecológico de ecossistemas”, ou ainda em “preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do país”. Logicamente, esses indícios de proteção de organismos da biota brasileira estão diretamente associados à própria manutenção da vida humana com qualidade; visto que, a inobservância dessas obrigações, pode causar danos à saúde e bem-estar da população humana. Além disso, a biodiversidade é também um bem intransponível de todos, podendo fazer parte não só do meio ambiente ecológico, mas também do meio ambiente cultural, artístico e de lazer humano.

### **7.3.2 – Princípio do Desenvolvimento Sustentável**

O desenvolvimento não se mantém se a base dos recursos ambientais é reduzida constantemente. Da mesma forma, meio ambiente não pode ser protegido se o crescimento não levar em conta as consequências da destruição dos recursos naturais e matérias-primas. O direito ao desenvolvimento (econômico, social, educacional, político, de saúde etc.) de uma sociedade é inalienável. Entretanto, é necessário verificar algumas ponderações sobre esse direito, pois o desenvolvimento não pode ser algo desenfreado. Ao contrário, ele precisa atender às necessidades da sociedade atual, sem comprometer a manutenção da sociedade futura. Esse princípio está claro no Relatório Brundtland, intitulado como Nosso Futuro Comum e publicado em 1987. Esse relatório, desenvolvido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, define desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que satisfaz às necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Esse mesmo relatório destaca

que meio ambiente e desenvolvimento não constituem desafios separados, mas inevitavelmente interligados.

O princípio do desenvolvimento sustentável pode ser percebido, por exemplo, na Constituição Federal, no *caput* do artigo 225, quando é imposto ao poder público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente para *as presentes e futuras gerações*. Além disso, esse princípio pode ser percebido na lei 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), art. 4º, incisos IV, V, X e XI, quando afirma que o SNUC tem o objetivo de promover: o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais; princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento; incentivar a pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental e valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica. Vale ressaltar que, segundo Sachs (2002), o desenvolvimento sustentável precisa estar amparado no desenvolvimento científico e na compreensão acerca do funcionamento dos diversos ecossistemas, para que se possa conhecer a diversidade de uma região; além da melhor forma de utilizar os produtos e serviços ecossistêmicos numa perspectiva de lucro e de bem-estar social e ambiental.

### **7.3.3. Princípio da gestão democrática**

O princípio da gestão democrática é fruto dos movimentos sociais, caracterizado por uma maior reivindicação e participação dos cidadãos. O princípio da gestão democrática encontra sua expressão normativa especialmente nos direitos à *informação e à participação*. Vale ressaltar que o princípio da gestão democrática diz respeito não apenas à matéria ambiental, mas também a tudo

o que for de interesse público.

O princípio da gestão democrática do meio ambiente assegura ao cidadão o direito à informação e a participação na elaboração das políticas públicas ambientais, de modo que ele assegura aos cidadãos o direito de, na forma de lei ou regulamento, participar das discussões para a elaboração das políticas públicas ambientais e de obter informações dos órgãos públicos sobre matéria referente à defesa do meio ambiente. O direito de informação está presente no art. 5º, XXIII da Constituição Federal e assegura que todos tem direito de receber dos órgãos públicos informações de seu interesse particular, coletivo ou geral. O início do art. 225 da Constituição Federal consagra o princípio da gestão democrática ao dispor que é dever do Poder Público e da coletividade defender e preservar o meio ambiente. Outro exemplo disso é o fato de estudos prévios de impacto ambiental se tornarem públicos. O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) deve ser submetido à audiência pública. Ainda, a ação popular (artigo 5º, inciso LXXVIII) é uma ação constitucional, cuja finalidade é anular ato lesivo ao patrimônio público, à moralidade administrativa, ao meio ambiente e ao patrimônio histórico e cultural.

#### **7.3.4. Princípio da Precaução**

Segundo Antunes (2010), este princípio tem origem no Direito Ambiental alemão (na década de 70 do século XX), sendo posteriormente expandido internacionalmente na Rio 92. Certamente, é uma das principais contribuições do Direito Ambiental. Rodrigues (2002) explica que o princípio da precaução é utilizado em situações onde se pretende buscar o menor risco ao meio am-

biente, em casos de incerteza científica acerca da degradação de alguma ação. Assim, quando houver dúvida científica da potencialidade de dano ao meio ambiente quanto à qualquer conduta que pretenda ser tomada (ex.: liberação e descarte de organismo geneticamente modificado no meio ambiente, utilização de fertilizantes ou defensivos agrícolas, instalação de determinada atividades ou obra), incide o princípio da precaução para prevenir o meio ambiente de um risco futuro. Esse princípio está direcionado, tanto para o presente, quanto para a qualidade de vida das futuras gerações.

O princípio da precaução é, portanto, um critério de escolha e tomada de decisão sobre possíveis ações danosas ao meio ambiente, no qual são escolhidas as ações menos danosas ou numa relação custo-benefício mais proveitosa possível, tanto para o meio ambiente, quanto para a sociedade atual e futura. Esse princípio pode ser encontrado em todo o 1º parágrafo do artigo 225 da Constituição Federal.

### **7.3.5. Princípio da Prevenção**

O princípio da prevenção é aquele que determina a adoção de políticas públicas de defesa dos recursos ambientais como uma forma de cautela em relação à degradação ambiental. Diferente do princípio da precaução, o princípio da prevenção se aplica a impactos ambientais já conhecidos e no qual se possa, com segurança, estabelecer um conjunto de nexos de causalidade que seja suficiente para a identificação dos impactos futuros mais prováveis de uma determinada ação. Assim, ao se realizar uma determinada ação danosa conhecida, se poderá prever possíveis danos e,

assim, controlá-los e minorá-los. Esse princípio é encontrado no *caput* do art. 225, quando fala sobre o dever do Poder Público e da coletividade de proteger e preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações.

### **7.3.6. Princípio do equilíbrio**

O princípio do equilíbrio é o princípio pelo qual devem ser pesadas todas as implicações de uma intervenção no meio ambiente, buscando-se adotar a solução que melhor concilie um resultado globalmente positivo; levando-se em consideração todas as possíveis variáveis. Nesse caso, ao definir uma certa ação, o poder público deverá analisar as consequências econômicas, sociais e ambientais previstas, de forma a produzir um saldo positivo à sociedade e com baixos danos ao ambiente e à saúde humana. Esse princípio é uma versão ambiental do conhecido exame de custo/benefício que, em última análise, informa toda e qualquer atividade humana realizada conscientemente.

### **7.3.7. Princípio do limite**

Também voltado para a Administração Pública, esse princípio diz respeito a fixar parâmetros mínimos a serem observados em casos como emissões de partículas, ruídos, sons, destinação final de resíduos sólidos, hospitalares e líquidos, dentre outros; visando sempre promover o desenvolvimento sustentável. Tais padrões devem, necessariamente, levar em consideração a capacidade suporte do ambiente, isto é, o limite de matéria ou energia estranha que o ambiente pode suportar sem alterar suas características básicas e essenciais. A Administração tem a obrigação de fixar padrões de

emissões de matérias poluentes, de ruído. Enfim, de tudo aquilo que possa implicar prejuízos aos recursos ambientais e à saúde humana. Os padrões são fixados de forma a resguardar a qualidade ambiental. Esse princípio pode ser percebido na constituição, no artigo 225, parágrafo 1º, inciso V, indicando ao Poder Público a incumbência de controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente.

### **7.3.8. Princípio da responsabilidade**

O princípio da responsabilidade faz com que os responsáveis pela degradação ao meio ambiente sejam obrigados a arcar com a responsabilidade (sanções penais e administrativas) e com os custos da reparação ou da compensação pelo dano causado. Esse princípio está previsto no § 3º do art. 225 da Constituição Federal, que dispõe que “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”. É importante destacar que muitos autores confundem esse princípio com o do poluidor-pagador; porém, a aplicabilidade deles ocorre em momentos distintos.

### **7.3.9. Princípio do poluidor-pagador**

O objetivo do princípio do poluidor-pagador é o de forçar a iniciativa privada a internalizar os custos ambientais, gerados pela produção e pelo consumo, quando elas degradam e rareiam os recursos ambientais. Esse princípio estabelece que quem utiliza o

recurso ambiental deve suportar seus custos, sem que essa cobrança resulte na imposição de taxas abusivas, de maneira que nem Poder Público nem terceiros sofram com tais custos. O princípio do poluidor-pagador tem sido confundido, por grande parte da doutrina, com o princípio da responsabilidade. Contudo, o seu objetivo não é recuperar um bem lesado nem criminalizar uma conduta lesiva ao meio ambiente; e, sim, afastar o ônus econômico da coletividade e voltá-lo para a atividade econômica que utiliza dos recursos ambientais (ANTUNES, 2010). Em resumo, o objetivo desse princípio é o de se evitar que ocorra a simples privatização dos lucros e a socialização dos prejuízos dentro de uma determinada atividade econômica.

Esse princípio, portanto, está ligado à parte econômica e social, de forma que o empresário que mantém um determinado empreendimento seja obrigado a pagar pelas custas de sua atividade no que se refere à todas as despesas relativas à proteção ambiental. Percebam, portanto, que o meio ambiente equilibrado e saudável é um direito de todos(as). Por causa disso, um possível dano causado por uma empresa ao ambiente não pode ser encarado como um prejuízo financeiro socializado; mas, sim, como custas que a própria empresa causadora do dano deve arcar, sem ter que repassar essas custas ao valor do produto, não afetando, portanto, o bolso do cidadão.

Percebam, ainda, que uma empresa, ao utilizar gratuitamente um recurso ambiental, está se enriquecendo ilicitamente; pois, como o meio ambiente é um bem que pertence a todos(as), boa parte da comunidade não está utilizando um determinado recurso ou se utiliza, o faz em menor escala. Esse princípio tenta, por-

tanto, reduzir algumas disparidades econômicas quanto ao uso do meio ambiente, que não é exclusivo do proprietário de uma empresa.

#### **7.4. Histórico do Direito Ambiental Brasileiro**

A Constituição Federal de 1988 trouxe diversos incrementos sobre a matéria ambiental; contudo, essa nem sempre foi a realidade brasileira. As constituições anteriores do Brasil não se dedicaram a esse tema de forma abrangente e completa e, na verdade, os momentos históricos das constituições anteriores não justificavam a inclusão de matérias relativas ao meio ambiente como algo merecedor de tutela específica. Portanto, nas constituições anteriores a de 1988 não havia a inclusão de preocupações acerca da conservação dos recursos naturais, nem de sua utilização racional.

Anterior à Independência do Brasil, quando este ainda era colônia de Portugal, não existiam leis específicas relativas a assuntos ambientais, exceto algumas que tratavam sobre corte de madeiras, especificadamente do Pau-Brasil (Brasil = brasa+il, cor semelhante à de brasa), com fins puramente econômicos e de segurança. Em 1534, o sistema de capitânicas adotado pelo rei D. João III tinha como objetivos a ocupação territorial, a proteção e a exploração de lenhos comerciais além do pau-de-tinta, capazes de tornar essas posses economicamente viáveis no Brasil colônia.

Entretanto, o fracasso do sistema de capitânicas, associado à disputa com outros países pelo controle do litoral brasileiro, além da influência de corsários e contrabandistas, fez com que o rei D. João III nomeasse, por carta régia, D. Thomé de Souza como governador-geral do Brasil. Esse veio à colônia com objetivos claros,

definidos pelo Regimento de Almeirim, como os de centralizar a administração das capitanias, garantir a segurança dos colonos, criar a cidade de Salvador e supervisionar a extração e comércio do pau-brasil, garantindo o monopólio da coroa portuguesa. Portanto, as primeiras leis relativas ao corte de madeiras da época do Brasil colonial não apresentavam nenhuma preocupação ambiental; mas, sim, de controle econômico sobre a saída da mercadoria, o de monopólio da coroa portuguesa e também de segurança.

Em 1605, durante a época que Portugal estava anexado à Espanha, integrando a União Ibérica, Filipe III estabeleceu o Regimento sobre o pau-brasil, fixando a exploração de 600 toneladas por ano, de modo a limitar a oferta da madeira na Europa e manter seus preços elevados. Esse regimento proibia o corte de pau-brasil, exceto com licença. Da mesma forma, essas normas de controle de derrubadas apresentavam apenas um interesse econômico, e não ambiental. De fato, o contrabando e comércio clandestino de pau-brasil era um problema que não fora resolvido, com diversos casos registrados durante o séc. XVII, XVIII e XIX, segundo ofícios dos governadores das capitanias, notificações e cartas (ARQUIVO NACIONAL, 2012).

Mesmo com a criação do Império do Brasil (1822-1889), a Constituição Imperial de 1824 não fez referência aos recursos naturais; sendo, portanto, pouco relevante para o Direito Ambiental (ANTUNES, 2010). No período Republicado (Constituição de 1891), o tema ambiental se apresentava mascarado na autorização conferida à União para legislar sobre defesa e proteção da saúde ou, com a proteção aos monumentos históricos, artísticos e naturais, às paisagens e aos locais particularmente dotados pela natu-

reza (HORTA, 2002).

Em 1934 foi elaborada uma nova Constituição brasileira, com inspirações da Revolução de 30 e da Revolução Constitucionalista de 1932 (ANTUNES, 2010). Esta constituição apresentava características intervencionistas na ordem econômica e social. A Constituição de 1934, artigo 5º, XIX (j), atribuía à União competência legislativa sobre *bens de domínio federal, riquezas do subsolo, mineração, metalurgia, água, energia hidrelétrica, florestas, caça e pesca e sua exploração*. No parágrafo 3º desse artigo permitia, ainda, que estados pudessem legislar de forma supletiva ou complementar sobre esses temas acima mencionados, suprimindo possíveis lacunas ou deficiências da legislação federal. Nesse mesmo período foram criadas leis infraconstitucionais, preocupadas com a proteção do meio ambiente; entretanto, ainda assim, centralizadas em objetivos econômicos.

Como exemplo, tem-se o Código das Águas (decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934), criado com objetivos de controle e incentivo ao aproveitamento industrial das águas e produção de energia elétrica. Outro exemplo é a criação do Código Florestal (decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934), que criou classes de florestas (protetoras, remanescentes, modelo e de rendimento) e, no que se refere às de florestas de domínio público, destinou à exploração industrial intensiva apenas aquelas de rendimento. No caso de florestas protetoras e remanescentes, a exploração só seria permitida por meio de licença prévia da autoridade florestal competente. Esse código também fez diversas alusões à criação de parques, na qual era proibido exploração florestal, bem como qualquer atividade contra a fauna. Desse código foram criados

diversos parques, como o Parque Nacional do Itatiaia (em 1937) e o Parque Nacional do Iguaçu (1939).

A constituição de 1937 se manteve semelhante à de 1934 no que se refere à matéria ambiental. O artigo 16 dessa constituição, no inciso XIV, afirma que competia privativamente à União legislar sobre “*os bens de domínio federal, minas, metalurgia, energia hidráulica, águas, florestas, caça e pesca e sua exploração*”. Da mesma forma, no artigo 18, era permitido que estados pudessem legislar de forma supletiva ou complementar sobre esses mesmos temas. De igual maneira, a constituição de 1946 não alterou as competências legislativas da União em temas referentes ao meio ambiente.

Com a implantação do regime político de 1964 (e com a exacerbção dos poderes executivos federais, que passou a exercê-los de forma discricionária e autoritária, mediante a imposição de uma ditadura cívico-militar), houve uma hipertrofia dos poderes da União. Contudo, a competência da União em legislar sobre matéria ambiental ainda era tangencial, com enfoque puramente econômico (reforma agrária; segurança e proteção da saúde; águas e energia elétrica; jazidas; minas e outros recursos minerais; metalurgia; florestas; caça e pesca; regime dos portos e da navegação de cabotagem, fluvial e lacustre) (ANTUNES, 2010).

De uma forma geral, o enfoque dessas constituições traziam ao meio ambiente um tratamento pouco sistemático, esparso e com direcionamento predominantemente voltado para a infraestrutura da atividade econômica. A Constituição de 1988, diferentemente das demais, apresentou um capítulo próprio para as questões ambientais, tratando de obrigações da sociedade e do

Estado Brasileiro com o meio ambiente, que pode ser visualizado abaixo:

## CAPÍTULO VI – DO MEIO AMBIENTE

*Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.*

§ 1º. Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

*I – preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;*

*II – preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;*

*III – definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;*

*IV – exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;*

*V – controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;*

*VI – promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação*

*do meio ambiente;*

*VII – proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, das práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade.*

§ 2º. Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º. As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

§ 4º. A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

§ 5º. São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

§ 6º. As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas.

Segundo o artigo 225 da Constituição Federal de 1988, a fruição de um meio ambiente saudável e ecologicamente equilibrado foi estabelecida como direito fundamental. Isso trouxe um sistema de garantias da qualidade de vida dos cidadãos e de desenvolvimento econômico que se faça com respeito ao meio

ambiente. Contudo, além do artigo 225 da constituição, destinado especificamente à matéria ambiental, a Carta Magna também tratava da matéria ambiental em outros artigos, como ressaltado por Antunes (2010):

Art. 5, incisos XXIII, LXXI, LXXIII;

Art. 20, incisos I, II, III, IV, V, VI, VII, IX, XI e §§ 1º e 2º;

Art. 21, incisos XIX, XX, XXIII, alíneas a, b e c, XXV;

Art. 22, incisos IV, XII, XXVI;

Art. 23, incisos I, III, IV, VI, VII, IX, XI;

Art. 24, incisos VI, VII, VIII;

Art. 43, § 2º, IV, e § 3º;

Art. 49, incisos XIV, XVI;

Art. 91, §1º, inciso III;

Art. 129, inciso III;

Art. 170, inciso VI;

Art. 174, §§ 3º e 4º;

Art. 176 e parágrafos;

Art. 182 e parágrafos;

Art. 186;

Art. 200, incisos VII, VIII;

Art. 216, inciso V e §§ 1º, 3º e 4º;

Art. 225;

Art. 231;

Art. 232 e

Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, art. 43, 44

e parágrafos

O artigo 225 da Constituição é inovador ao afirmar que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida. Dessa frase se extrai um direito ao ser humano, podendo até ser considerado como uma extensão do artigo 5º. A emenda constitucional nº 45 de 2004 acrescentou alguns artigos que, em princípio, também poderão influenciar na decisão das questões jurídicas sobre o meio ambiente. Ela, especificamente no §3º do artigo 5º, acrescenta que “*os tratados e convenções internacionais sobre direitos humanos que forem aprovados, em cada Casa do Congresso Nacional, em dois turnos, por três quintos dos votos dos respectivos membros, serão equivalentes às emendas constitucionais*”. Nesse contexto, certamente poderíamos incluir alguns tratados e convenções internacionais sobre temas ambientais.

A Constituição Federal brasileira de 1988 trouxe imensas novidades, notadamente na defesa dos direitos e garantias individuais e no reconhecimento de uma nova gama de direitos (chamados direitos de 3ª geração), dentre os quais se destacam aqueles relativos ao meio ambiente.

Nota-se que o Direito Ambiental é uma disciplina recente, fruto de uma maior inclusão de questões sociais relativas à dignidade da pessoa humana nas constituições; e, portanto, oriunda de um movimento tipicamente exterior ao universo anterior do direito. Por causa disso percebe-se, ainda, que essa ciência depende muito de outras disciplinas, a maioria externa ao próprio Direito, para sua compreensão. Muitos conceitos relativos ao meio ambiente não são obtidos do Direito; e, sim, de outros ramos

das ciências naturais, como por exemplo: *ecologia, meio ambiente, ecossistema, espécie, biodiversidade, patrimônio genético, manejo ecológico*, dentre outros. Segundo Antunes (2010), a complexidade dos ecossistemas e das múltiplas interações existentes em seu interior, demonstram ao jurista a total impossibilidade da adoção dos métodos tradicionais do Direito para a compreensão desta nova realidade que, originalmente exterior, penetra avassaladoramente no universo das leis, assentando-se na própria Constituição. Vê-se, claramente, que o jurista deverá buscar na Ecologia Moderna, conceitos básicos para a proteção ambiental desejada pela sociedade.

(Parágrafo acima repetido. Quase todo ele aparece no penúltimo parágrafo da apresentação desta obra. Sugiro que o mesmo seja suprimido neste capítulo)

## 7.5. EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

I. Julgue os itens a seguir, marcando V para os itens verdadeiros e F para os falsos.

01. ( ) Direito Ambiental representa um conjunto de normas do Direito que disciplina as atividades humanas em relação ao meio ambiente, baseadas no fato ambiental e no valor do mundo ético para a preocupação da própria sobrevivência do ser humano e de da manutenção da qualidade do meio ambiente para a preservação da vida.

02. ( ) No Direito Ambiental, o conceito de meio ambiente se preocupa mais com a conservação da água, fauna e flora, sendo o ser humano responsável pela destruição ambiental e, portanto, execrável e abominável nesse direito.

03. ( ) Considera-se como um dos fatores externos determinantes da consolidação do Direito Ambiental a chamada *crise ecológica*, consequência da má administração do meio natural e do crescimento desenfreado das populações humanas; além de que, os recursos naturais são finitos e que a vida humana necessita deles para sua manutenção ao longo das gerações.

04. ( ) (OAB/CESPE-2007) De acordo com o princípio da precaução, diante de ameaças de danos sérios e irreversíveis, a falta de certeza científica não pode ser invocada como motivo para se adiarem medidas destinadas a prevenir a degradação ambiental, podendo a administração pública, com base no poder de polícia, embargar obras ou atividades.

05. ( ) (OAB/CESPE – 2007) Consoante o princípio do

poluidor-pagador, a definição dos custos de produção de determinada empresa poluidora não pode levar em consideração os custos sociais externos decorrentes de sua atividade poluente, sob pena de cometimento de infração administrativa ambiental.

06. ( ) Em matéria ambiental sabemos que em 1972, na cidade de Estocolmo, surgiu em convenção internacional o princípio do poluidor-pagador.

07. ( ) (UFPR-2012 – Juiz) O princípio do poluidor-pagador impõe ao poluidor a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados por sua atividade e, ao consumidor, a obrigação de contribuir pela utilização dos recursos ambientais.

08. ( ) (VUNESP 2012) No Direito Ambiental se adota o princípio da prevenção quando há dúvida científica sobre o potencial danoso de uma ação que interfira no ambiente.

09. ( ) (VUNESP 2012) No Direito Ambiental se adota o princípio da precaução quando conhecidos os males que a ação causa ao ambiente.

10. ( ) O princípio da dignidade da pessoa humana pode ser considerado um princípio central no Direito Ambiental, pois a dignidade da pessoa humana é o centro da ordem jurídica democrática e esta, acaba representando a base para vários outros ramos do Direito.

11. ( ) A definição do princípio do Desenvolvimento Sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.

12. ( ) O princípio da gestão democrática encontra sua expressão

normativa especialmente nos direitos à informação e à participação e é fruto dos movimentos sociais, caracterizado por uma maior reivindicação dos cidadãos.

13. ( ) A matéria ambiental nunca foi uma preocupação importante do Poder Público brasileiro nas constituições do Brasil, exceto a partir da Constituição de 1988.

14. ( ) Segundo a Constituição de 1988, artigo 225, todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo pensando sempre e unicamente nas futuras gerações.

15. ( ) O princípio do equilíbrio é o princípio pelo qual devem ser pesadas todas as implicações de uma intervenção ao meio ambiente, buscando-se adotar um exame de custo/benefício que, em última análise, informa a solução que melhor concilie um resultado positivo e menos lesivo ao ambiente.

II. Informe qual princípio (ou princípios) do Direito Ambiental está relacionado à cada um dos trechos das normas relacionadas abaixo.

01. “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade, o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Art. 225, CF/1988).

02. “Definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei,

vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção” (Art. 225, III. CF/1988).

03. “Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade” (Art. 225, III. CF/1988).

04. “Controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente” (Art. 225, III. CF/1988).

05. “As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados” (Art. 225, § 3º, CF/1988).

06. “As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas” (Art. 225, § 6º, CF/1988)

07. “Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (Art. 225, VI, CF/1988).

## CAPÍTULO 8

# A Política Nacional do Meio Ambiente – Lei 6.939/1981

A Política Nacional do Meio Ambiente se encontra na Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Essa lei dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e institui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), além de dar outras providências. Trata-se da lei ambiental mais importante, depois da Constituição Federal.

Nas palavras de Antunes (2010), a Política Nacional do Meio Ambiente deve ser compreendida como o conjunto de instrumentos legais, técnicos, científicos, políticos e econômicos destinados à promoção do desenvolvimento sustentado da sociedade e economias brasileiras. O objetivo dessa política nacional é “a **preservação, melhoria e recuperação** da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana” (art. 2º, Lei 6.938). Esse objetivo está melhor detalhado no art. 4º dessa lei, a seguir:

Art 4º – A Política Nacional do Meio Ambiente visará:

I – à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;

II – à definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios;

III – ao estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais;

IV – ao desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais;

V – à difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico;

VI – à preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida;

VII – à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados; e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

A Política Nacional do Meio Ambiente, como não é difícil de perceber, possui uma abrangência bastante grande. Percebe-se, com esta iniciativa, uma tentativa de conciliação da atividade econômica do país com a preservação ambiental, numa perspectiva de desenvolvimento sustentável, mesmo que este princípio não esteja explícito nela. Além disso, são atendidos também os princípios de interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, conforme art. 2º. Esta política, mesmo sendo criada an-

tes da Constituição Federal de 1988, é recepcionada por esta, por estar de acordo com os interesses maiores apresentados no artigo 225.

Ainda, no artigo 2º, são apresentados diversos princípios da Política Nacional do Meio Ambiente. Esses princípios, segundo Antunes (2010), na verdade, mais parecem uma organização das ações do governo do que princípios efetivos da doutrina do Direito Ambiental. Por exemplo, o inciso X desse artigo trata da *educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente*. A educação ambiental não é um princípio em si, mas sim uma ação do poder público amparado em um princípio maior, que é o da gestão democrática, que visa uma participação maior da sociedade nos processos de decisão. Da mesma forma, o princípio do limite se encontra no artigo 2º dessa lei, incisos II, III e V, se referindo ao II – racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais e controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras.

### **8.1. O SISNAMA**

O SISNAMA é o conjunto de órgãos e instituições vinculadas ao Poder Executivo que, nos níveis federal, estadual e municipal, são encarregados da proteção ao meio ambiente, conforme definido em lei. Percebe-se, portanto, uma maior influência do poder Executivo nesse sistema de trabalho. Entretanto, vale ressaltar que, mesmo respeitando princípios de separação dos poderes, em matéria ambiental, o Congresso Nacional, o poder judiciário

e o Ministério Público também podem influenciar em decisões relativas ao meio ambiente, em situações específicas. Casos de participação de cada um desses poderes em decisões sobre meio ambiente podem ser melhor avaliadas em Antunes (2010).

As origens do SISNAMA remontam à época da existência da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), criada pelo Decreto nº 73.030, de 30 de outubro de 1973; logo após é influenciada pelo espírito da conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano de 1972 (ANTUNES, 2010; IBAMA, 2012). A SEMA foi criada no âmbito do Ministério do Interior, como órgão autônomo, diretamente subordinada ao Ministério de Estado. Este órgão deveria ter a sua orientação voltada para a conservação do meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais. Ela foi extinta pela lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, resultado da aprovação da Medida Provisória nº 34, de 23 de janeiro de 1989.

A Lei nº 6.938, de agosto de 1981, que dispõe sobre a política nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, instituiu, através de seu artigo 6º, o SISNAMA. Este sistema é claramente influenciado pelo modelo estabelecido no *National Environmental Policy Act* norte-americano (ANTUNES, 2010). A finalidade do SISNAMA é estabelecer uma rede de agências governamentais, nos diversos níveis da Federação, visando assegurar mecanismos capazes de implementar a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) de forma eficiente. Esses órgãos estão estruturados em sete níveis (1. Órgão superior; 2. Órgão consultivo e deliberativo; 3. Órgão central; 4. Órgão executor; 5. Órgãos setoriais; 6. Órgãos seccionais; 7. Órgãos locais).

Abaixo há um maior destaque para cada um deles:

I – **Órgão superior:** o Conselho de Governo, com a função de assessorar o Presidente da República na elaboração da política nacional e nas diretrizes governamentais para o meio ambiente e os recursos ambientais. É composto pelos Ministérios da Presidência da República, pelos titulares de órgãos essenciais da Presidência da República e pelo Advogado Geral da União.

II – **Órgão consultivo e deliberativo:** o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais; assim como e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida. O CONAMA é, portanto, uma entidade dotada de poder regulamentar em razão de expressa determinação legal. O órgão é colegiado, integrando representantes do governo e da sociedade civil organizada. Esse órgão vem editando resoluções desde 1984, estabelecendo regras importantes para a aplicação efetiva da Política Nacional do Meio Ambiente. O CONAMA é presidido pelo Ministro do Meio ambiente e tem apoio de 11 Câmaras Técnicas.

O Conselho é um colegiado representativo de cinco setores, a saber: órgãos federais, estaduais e municipais, setor empresarial e sociedade civil. Se reúnem a cada 3 meses no Distrito Federal. São atos do CONAMA as resoluções (quando se tratar de deliberação sobre diretrizes e normas técnicas); moções (manifestações de qualquer natureza sobre a temática ambiental); recomendações (quando se tratar de manifestação acerca da implementação de

políticas, programas públicos e normas com repercussão na área ambiental); proposições (quando encaminhamento ao Conselho de Governo); decisões (quando se tratar de multas e outras penalidades impostas pelo IBAMA, em última instância administrativa e grau de recurso) (MMA, 2012).

Percebe-se, com o CONAMA, um fenômeno de deslocamento cada vez maior de atribuições regulatórias específicas para o poder Executivo. Segundo Antunes (2010), a separação de poderes entre o Executivo e o Legislativo, bem como o consequente controle judicial de legalidade, acrescidos da grande complexidade da vida atual, sobretudo em matérias para as quais seja requerido um elevado grau de informação técnico-científica, são os fatores responsáveis por esse deslocamento. Esse fenômeno também está associado à criação das “agências reguladoras”, como a ANVISA, ANEEL e outras. O CONAMA não ostenta a condição de agência reguladora, embora sua função normativa seja evidente. Logicamente, está claro que as agências reguladoras e o CONAMA, no exercício de suas atribuições legais, não estão autorizadas à ultrapassagem dos limites fixados pela lei.

III – **Órgão central:** atualmente é constituído pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). A Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República foi extinta pela Lei 7.735, de 22 de fevereiro de 1989. O Ministério do Meio Ambiente foi criado em 1985 (Decreto nº 91.145/1985) com a sigla de Ministério do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente. Contudo, em 1990 retomou à posição de secretaria, vinculada à presidência, e assumiu status de ministério novamente em 1992 (Lei 8.490/1992). Compete ao MMA planejar, coordenar, supervisionar e controlar,

como órgão federal, a política nacional e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente.

IV – **Órgão executor:** o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, criado pela lei 7.735, de 22 de fevereiro de 1989) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, criado pela Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007), com a finalidade de executar e fazer executar, como órgão federal, a política e diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente. Compete ao IBAMA, basicamente, exercer o poder de polícia ambiental; exercer as ações políticas nacionais de meio ambiente, referentes às atribuições federais relativas ao licenciamento ambiental, ao controle da qualidade ambiental, à autorização de uso dos recursos naturais e à fiscalização, monitoramento e controle ambiental (Portaria nº 341, de 31 de agosto de 2011). Compete ao ICMBio executar as ações do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, podendo propor, implantar, gerir, proteger, fiscalizar e monitorar as unidades de conservação instituídas pela União. Cabe a ele, ainda, fomentar e executar programas de pesquisa, proteção, preservação e conservação da biodiversidade e exercer o poder de polícia ambiental para a proteção das unidades de conservação federais (ICMBIO, 2012).

V – **Órgãos setoriais:** constituídos pelas entidades da Administração Pública direta, indireta e fundacional voltadas à proteção do meio ambiente (Ministério da Agricultura, da Fazenda, da Marinha, das Minas e Energia, da Saúde, da Ciência e Tecnologia etc.). Esses órgãos não estão arrolados no artigo 6º da Lei nº 6.938/81, pois foram agrupados nos artigos 3º, V, e 13º do

Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, denominando-os inadequadamente de órgãos seccionais. Entretanto, percebe-se uma diferença clara entre órgãos setoriais e órgãos seccionais.

V – **Órgãos seccionais**: os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental. Como exemplos citamos, no Estado de São Paulo, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SMA), o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), a Companhia Estadual de Tecnologia e de Saneamento Ambiental (CETESB), o Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais (DEPRN) e a Polícia Militar Ambiental (SIRVINSKAS, 2012).

VI – **Órgãos locais**: os órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização de atividades causadoras de poluição e utilizadoras de recursos ambientais.

Estes são os órgãos responsáveis pela proteção do meio ambiente, os quais poderão aplicar as sanções cabíveis e, inclusive, interditar ou fechar estabelecimentos industriais que não estejam cumprindo as determinações legais ou regulamentares. Tudo isso é possível porque cada um dos órgãos possui um **poder de polícia ambiental**, indispensável para dar executoriedade às sanções aplicadas pelos fiscais na esfera administrativa (art. 78 do Código Tributário Nacional, Lei 5.172, de 1966).

## 8.2. Instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente

A lei 6.938/1981 também assinalou os diversos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (artigo 9º), quais sejam:

I – o estabelecimento de padrões de qualidade am-

biental;

II – o zoneamento ambiental;

III – a avaliação de impactos ambientais;

IV – o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;

V – os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;

VI – a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas;

VII – o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;

VIII – o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

IX – as penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental;

X – a instituição do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA;

XI – a garantia da prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes;

XII – o Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais.

XIII – instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros.

Uma novidade da Política Nacional do Meio Ambiente é a *servidão ambiental*. Essa inovação tem origem na lei 11.284/2006, que acrescentou o artigo 9º-A na lei 6.938/1981. A servidão ambiental é um dos instrumentos da política nacional do meio ambiente (inciso XIII) e consiste na renúncia voluntária do proprietário rural ao direito de uso, exploração ou supressão dos recursos naturais existentes em sua propriedade. Conforme o artigo 9º da lei que institui a Política Nacional do Meio Ambiente:

O proprietário ou possuidor de imóvel, pessoa natural ou jurídica, pode, por instrumento público ou particular ou por termo administrativo firmado perante órgão integrante do Sisnama, limitar o uso de toda a sua propriedade ou de parte dela para preservar, conservar ou recuperar os recursos ambientais existentes, instituindo servidão ambiental.

Tanto no caso de servidão ambiental, quanto no caso de servidão florestal (Medida Provisória 2166-67/2001), os donos de terras são beneficiados com incentivos tributários e facilidades para a obtenção de recursos para serem investidos nas áreas de proteção. Nos dois casos, para ter efeitos legais, os proprietários devem averbar no registro do imóvel, as áreas destinadas à servidão florestal e ambiental. Alguns juristas consideram que a criação da servidão ambiental, na prática, revogou a servidão florestal.

Um exemplo de servidão ambiental é a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Para assegurar os benefícios tributários, o proprietário deve fazer relatório anual e apresentá-lo ao órgão ambiental estadual. De igual modo, deve permitir inspeção

anual da área pelas autoridades ambientais estaduais. A servidão ambiental também é chamada de servidão de conservação.

### 8.3. EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

#### POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

I. Julgue os itens a seguir, marcando V para os que forem verdadeiros e F para os falsos.

01. ( ) A Política Nacional do Meio Ambiente deve ser compreendida como o conjunto de instrumentos legais, técnicos, científicos, políticos e econômicos destinados à promoção do desenvolvimento sustentado da sociedade e economias brasileiras.

02. ( ) Segundo a lei 6.938/1981, o objetivo dessa política nacional é a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

03. ( ) O CONAMA é um órgão colegiado, com funções consultivas e deliberativas. Esse órgão é presidido pelo Ministro do Meio Ambiente.

04. ( ) Segundo interpretação do SISNAMA, podem ser considerados órgãos executores o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

05. ( ) O órgão central do SISNAMA é constituído pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). Compete ao MMA planejar, coordenar, supervisionar e controlar, como órgão federal, a política nacional e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente.

06. ( ) O órgão superior do SISNAMA é o IBAMA, com a função de assessorar o Presidente da República na elaboração da política nacional e nas diretrizes governamentais para o meio ambiente e os recursos ambientais.

07. ( ) Os órgãos executivos do SISNAMA são os órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização de atividades causadoras de poluição e utilizadoras de recursos ambientais.

05. ( ) A servidão ambiental é um dos instrumentos da política nacional do meio ambiente e consiste na renúncia voluntária do proprietário rural ao direito de uso, exploração ou supressão dos recursos naturais existentes em sua propriedade. Para ter efeitos legais, os proprietários devem averbar no registro do imóvel as áreas destinadas à servidão florestal e ambiental. Um exemplo de servidão ambiental é a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

09. ( ) São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o Zoneamento Ambiental e a avaliação de impactos ambientais.

10. ( ) a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelos Poderes Públicos federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental (de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas), são um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente e foram melhor detalhados na lei 9.985/2000.



## CAPÍTULO 9

# O Sistema Nacional de Unidades de Conservação

As bases constitucionais para o Poder Público instituir o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) encontra-se no artigo 225 da Constituição Federal, inciso III, que afirma:

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

A demarcação das áreas protegidas é feita pelo poder público com base no poder de polícia, em benefício da coletividade. Antunes (2010) ressalta também o poder de delimitação do poder público, visto que esse é um direito que é exercido com base na forma em que ele foi inscrito no ordenamento jurídico. É interessante notar também, pelo trecho acima, uma tentativa de associar o uso da terra (desenvolvimento econômico e social) e sua alteração com a manutenção das características e atributos ecossistêmicos que deram fundamentação à criação da área protegida.

Logicamente, não é apenas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação que as áreas são protegidas. Veja, por exem-

plo, o parágrafo 4º do artigo 225 da Constituição Federal:

§ 4º. A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

Da mesma forma, o legislador não proíbe o uso (desenvolvimento econômico e social) nesses ambientes, mas o limita para que não ocorra de forma indiscriminada; e, sim, dentro de imposições legais que assegurem a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais. Percebe-se que o Cerrado e a Caatinga não foram incluídos nesse parágrafo. Isso é uma pena, pois o Cerrado, a savana mais biodiversa do mundo, tem sofrido sérios danos ambientais (cerca de 55% desse bioma já foi alterado pelo uso humano) e estima-se que, em 2030, não exista cerrado original fora de unidades de conservação (KLINK; MACHADO, 2005; MACHADO et al., 2004). Existem ainda outras legislações que promovem a conservação de recursos naturais, como de nascentes, córregos, encostas de morros, dentre outros atributos locais, como o Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012), aplicado especialmente para a conservação vegetal em áreas privadas.

As Unidades de Conservação (UCs) são espaços territoriais que, por força de ato do Poder Público, estão destinados ao estudo e preservação de exemplares da flora e da fauna. As unidades de conservação podem ser públicas ou privadas. A Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da natureza (SNUC), regulamenta o art. 225,

parágrafo 1º, incisos III (acima citado), além dos incisos I, II e VII, da Constituição Federal. Vale ressaltar, mais uma vez, que o SNUC está destinado à sistematização de unidades de conservação, mas que ele mesmo não dispõe sobre todas as áreas do território nacional que devem ser conservadas. O Código Florestal, por exemplo, abarca outras regiões e peculiaridades que necessitam de conservação (como Áreas de Proteção Permanente e Reservas Legais), e que não são englobadas no SNUC.

Antes do SNUC, as terminologias acerca do nome de unidades de conservação e de suas atribuições eram bastante confusas, sendo que era comum a existência de unidades de conservação com classificações parecidas; entretanto, com atribuições completamente diferentes. Logicamente, a lei 9.985/2000 definiu conceitos normativos claros e aplicáveis para unidades de conservação. Mas, para que isso ocorresse, era necessário a padronização e a apresentação de vários conceitos, conforme vistos no artigo 2º dessa lei. Assim sendo, de acordo com este artigo, uma unidade de conservação é *o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção*. Além disso, foram definidos outros conceitos importantes, como conservação da natureza e diversidade biológica. O conceito de conservação da natureza é bem amplo, permitindo tanto a preservação, quanto o manejo humano do meio ambiente e a utilização sustentável deste bem, conforme o trecho da lei destacada, no artigo 2º, inciso II:

II – conservação da natureza: o manejo do uso hu-

mano da natureza, compreendendo a preservação, a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural, para que possa produzir o maior benefício, em bases sustentáveis, às atuais gerações, mantendo seu potencial de satisfazer as necessidades e aspirações das gerações futuras, e garantindo a sobrevivência dos seres vivos em geral.

A lei 9.985/2000 apresenta uma definição atual de diversidade biológica, englobando a diversidade de organismos, de ecossistemas (aquáticos e terrestres) e, ainda, a diversidade dentro do nível de espécie (populações específicas, subespécies). Sobre a definição de recursos ambientais, podemos citar: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. Acerca do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, é interessante que ainda sejam ressaltados outros conceitos importantes para a interpretação da lei, que são os seguintes (também explicitados no artigo 2º):

*VI – **proteção integral:** manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais;*

*IX – **uso indireto:** aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais;*

*X – **uso direto:** aquele que envolve coleta e uso, comercial ou não, dos recursos naturais;*

*XI – **uso sustentável:** exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável;*

*XVII – **plano de manejo**: documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade;*

*XVI – **zoneamento**: definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz;*

*XVIII – **zona de amortecimento**: o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.*

## **9.1. Objetivos, diretrizes e gerenciamento**

A Lei 9.985/2000 também é uma sistematização e agrupamento das Unidades de conservação, criando o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e definindo-o como o conjunto de unidades de conservação, no âmbito das três esferas (federal, estadual e municipal) e, de acordo com o artigo 3º da lei. O artigo 4º da referida lei apresenta os objetivos do SNUC, quais sejam:

I – contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;

II – proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;

III – contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;

IV – promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;

V - promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;

VI – proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;

VII – proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;

VIII – proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;

IX – recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;

X – proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;

XI – valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;

XII – favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;

XIII – proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

Vale ressaltar, mais uma vez, a preocupação do legislador em criar um sistema de unidades de conservação capazes de, tanto promover a proteção de espécies, ecossistemas, história e cultura (artigo 4º, incisos I, II e III, VI, VII, VIII, IX); mas também, de

promover uma interação mais harmônica entre o ser humano e a natureza, valorizando a economia de forma sustentável (IV, V, XI, XII, XIII).

O artigo 5º dispõe sobre importantes diretrizes pelas quais o SNUC será regido. Elas basicamente asseguram uma maior participação popular nos processos de implantação e gestão de UCs, envolvendo a população local, organizações não-governamentais, organizações privadas e pessoas físicas. O artigo 5º dispõe também sobre a criação e gestão de uma unidade de conservação que seja de forma integrada com as políticas de administração das terras e águas circundantes, considerando as condições e necessidades sociais e econômicas locais. Além disso, como diretrizes, são apresentadas a busca de uma gestão integrada das diferentes categorias de unidades de conservação, próximas ou contíguas, incluindo as zonas de amortecimento e corredores ecológicos entre elas.

Os órgãos responsáveis pelo gerenciamento do Sistema Nacional de Unidades de Conservação são o CONAMA (órgão consultivo e deliberativo), com funções de acompanhar a implementação do sistema; o Ministério do Meio Ambiente (órgão central), com a função de coordenar o sistema; e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO); além dos órgãos estaduais e municipais (órgãos executores), com a função de implementar o SNUC, subsidiar as propostas de criação e administrar as unidades de conservação federais, estaduais e municipais, nas respectivas esferas de atuação. O IBAMA também é um órgão executor; entretanto, com atuação de caráter supletivo ao ICM-Bio.

## 9.2. Categorias de Unidades de Conservação

É claro, percebermos que o SNUC ampliou e, sobretudo, flexibilizou a gestão das UCs. Segundo a lei 9.985/2000, as Unidades de Conservação podem ser divididas em dois grupos, com características específicas. São elas as **Unidades de Conservação de Proteção Integral** e as **Unidades de Conservação de Uso Sustentável**. Elas são melhor detalhadas entre os artigos 7º e 21 do SNUC. Uma diferença básica entre elas se situa abaixo:

I – Unidades de Conservação de Proteção Integral: possui o objetivo de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei. Relembrando, uso indireto é aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais;

II – Unidades de Conservação de Uso Sustentável: possui o objetivo de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

O SNUC define cinco categorias diferentes de Unidades de Conservação de Proteção Integral e sete categorias de Unidades de Conservação de Uso Sustentável. As Unidades de Conservação de Proteção Integral podem ser:

- I – Estação Ecológica;
- II – Reserva Biológica;
- III – Parque Nacional;
- IV – Monumento Natural;
- V – Refúgio de Vida Silvestre.

Tanto a Estação Ecológica, quanto a Reserva Biológica pos-

suem como objetivos a preservação da natureza, a não permissão da visitação pública (exceto com objetivos educacionais e de acordo com o que dispuser o plano de manejo dessas unidades). Ressalta-se que para elas é permitida a pesquisa científica, mediante autorização de órgão responsável. Nessas unidades, só é permitida a alteração dos ecossistemas nos casos de medidas que visem a restauração de ecossistemas modificados no manejo de espécies, com o fim de preservar a diversidade biológica ou para coletas com finalidades científicas.

O Parque Nacional tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. Nele são permitidas pesquisas científicas e também a visitação pública, sendo esta sujeita às normas e restrições estabelecidas no Plano de Manejo da unidade, às normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração e àquelas previstas em regulamento. Tanto a Estação Ecológica, quanto a Reserva Biológica e o Parque Nacional são de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites serão desapropriadas.

O Monumento Natural tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. O Refúgio de Vida Silvestre tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residentes ou migratórias. Tanto o Monumento Natural como o Refúgio da Vida Silvestre podem ser constituídos por áreas par-

ticulares, desde que seja possível compatibilizar os objetivos da unidade com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários. Havendo incompatibilidade entre os objetivos da área e as atividades privadas, ou não havendo aquiescência do proprietário às condições propostas pelo órgão responsável pela administração (para a coexistência dessas unidades com o uso da propriedade), a área deve ser desapropriada, de acordo com o que dispõe a lei.

Cada unidade de conservação do grupo de Proteção Integral disporá de um Conselho Consultivo, presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes de órgãos públicos, de organizações da sociedade civil, por proprietários de terras localizadas em Refúgio de Vida Silvestre ou Monumento Natural, quando for o caso. Além disso, até que seja possível efetuar o reassentamento das populações tradicionais (residentes em unidades de conservação), nas quais sua permanência não seja permitida; elas também poderão participar do Conselho, conforme se dispuser em regulamento e no ato de criação da unidade.

As Unidades de Conservação de Uso Sustentável podem ser de sete categorias, conforme artigo 14 da lei 9.985/2000:

- I – Área de Proteção Ambiental;
- II – Área de Relevante Interesse Ecológico;
- III – Floresta Nacional;
- IV – Reserva Extrativista;
- V – Reserva de Fauna;
- VI – Reserva de Desenvolvimento Sustentável;

## VII – Reserva Particular do Patrimônio Natural.

As Unidades de Conservação de Uso Sustentável podem ser constituídas, tanto por terras públicas (Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável); privadas ou Reserva Particular do Patrimônio Natural; ou por terras públicas e privadas (Área de Proteção Ambiental e Área de Relevante Interesse Ecológico). A maioria delas disporá de um Conselho, com funções consultivas (Floresta Nacional) ou deliberativas (Reserva Extrativista e Reserva de Desenvolvimento Sustentável). O SNUC não deixa claro qual é o tipo de conselho da Área de Proteção Ambiental.

A Área de Proteção Ambiental (APA) é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas. E, tem como objetivos básicos, proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. A Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) é uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional; tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza. Tanto a APA quanto a ARIE podem ser constituídas por terras públicas ou privadas e, respeitados os limites constitucionais, podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada numa Área de

## Proteção Ambiental.

A Floresta Nacional (FLONA) é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. Diferente da APA e da ARIE, A Floresta Nacional é de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser desapropriadas de acordo com o que dispõe a lei. Nas Florestas Nacionais é admitida a permanência de populações tradicionais que a habitam quando de sua criação, em conformidade com o disposto em regulamento e no Plano de Manejo da unidade.

A Reserva Extrativista (RESEX) é uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte. Tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade. A Reserva Extrativista é de domínio público, com uso concedido às populações extrativistas tradicionais, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser desapropriadas, de acordo com o que é disposto na lei. O Conselho Deliberativo da RESEX é presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes de órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e das populações tradicionais residentes na área. A visitação pública é permitida, desde que compatível com os interesses locais e de acordo com o disposto no Plano de Manejo da área. Nelas, são proibidas a exploração de recursos minerais e a

caça amadorística ou profissional. O Plano de Manejo da unidade será aprovado pelo seu Conselho Deliberativo.

A Reserva de Fauna é uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos. A Reserva de Fauna é de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser desapropriadas de acordo com o que dispõe a lei. Também é proibido o exercício da caça amadorística ou profissional nessa unidade de conservação.

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável é uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica. A Reserva de Desenvolvimento Sustentável tem como objetivo básico preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais; bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvidos por estas populações. Ela é de domínio público, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser, quando necessário, desapropriadas, de acordo com o que dispõe a lei. Vale ressaltar que a posse ou o uso das Reservas Extrativistas e de Desenvolvimento Sustentável ocorrem por meio de contrato (art. 23).

A Reserva Particular do Patrimônio Natural é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica. O gravame de que trata este artigo constará de termo de compromisso assinado perante o órgão ambiental, que verificará a existência de interesse público, e será averbado à margem da inscrição no Registro Público de Imóveis (servidão ambiental, tratado no Capítulo 2, sobre o SISNAMA). Só poderá ser permitida, na Reserva Particular do Patrimônio Natural, a pesquisa científica e a visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais.

### 9.3. Criação, Implantação e gestão de UCs

Do artigo 22 ao 36, o SNUC trata da criação, implantação e gestão de Unidades de Conservação. Disso, vale ressaltar que as unidades de conservação são criadas por ato do Poder Público (artigo 22). Ainda, a criação de uma unidade de conservação deve ser precedida de estudos técnicos e de consulta pública que permitam identificar a localização, a dimensão e os limites mais adequados para a unidade. O artigo 25 da referida lei determina que as Unidades de Conservação devem possuir *zona de amortecimento* (vide artigo 2º, XVIII) e, quando conveniente, *corredores ecológicos* (ver artigo 2º, XIX). Desses casos, as APAs e RPPNs são excluídos.

Em termos de gestão, vale ressaltar que o artigo 26 traz a noção de gestão integrada, afirmando que:

Quando existir um conjunto de unidades de conservação de categorias diferentes ou não, próximas, justapostas ou sobrepostas, e outras áreas protegidas públicas ou privadas, constituindo um mosaico, a gestão do conjunto deverá ser feita de forma integrada e par-

ticipativa, considerando-se os seus distintos objetivos de conservação, de forma a compatibilizar a presença da biodiversidade, a valorização da sociodiversidade e o desenvolvimento sustentável no contexto regional.

Algo de grande destaque é que todas as unidades de conservação, sem exceção, devem dispor de um Plano de Manejo. Esse documento técnico que estabelece o zoneamento, as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais; inclusive, a implantação de estruturas físicas necessárias à gestão da unidade. O Plano de Manejo é um documento completo, devendo abranger a área da unidade de conservação, sua zona de amortecimento e os corredores ecológicos, incluindo medidas com o fim de promover sua integração à vida econômica e social das comunidades vizinhas. Vale ressaltar que, na elaboração, atualização e implementação do Plano de Manejo das Reservas Extrativistas, das Reservas de Desenvolvimento Sustentável, das Áreas de Proteção Ambiental e, quando couber, das Florestas Nacionais e das Áreas de Relevante Interesse Ecológico, será assegurada a ampla participação da população residente.

O SNUC ainda traz aspectos importantes sobre a gestão de recursos das unidades de conservação. Do artigo 35 dessa lei, podemos perceber que:

*Os recursos obtidos pelas unidades de conservação do Grupo de Proteção Integral mediante a cobrança de taxa de visitação e outras rendas decorrentes de arrecadação, serviços e atividades da própria unidade serão aplicados de acordo com os seguintes critérios:*

*I – até cinquenta por cento, e não menos que vinte e cinco por cento, na implementação, manutenção e gestão da própria unidade;*

*II – até cinquenta por cento, e não menos que vinte e cinco por cento, na regularização fundiária das unidades de conservação do Grupo;*

*III – até cinquenta por cento, e não menos que quinze por cento, na implementação, manutenção e gestão de outras unidades de conservação do Grupo de Proteção Integral.*

## **9.4. EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO – O SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

I. Julgue os itens a seguir, marcando V para os que forem verdadeiros e F, para os falsos.

01. ( ) O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza é constituído somente pelo conjunto de unidades de conservação federais e estaduais, encaixando-se as unidades de conservação municipais a leis específicas dos municípios.

02. ( ) As Unidades de Conservação (UCs) integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos: as de Proteção Integral e as de Uso Sustentável, sendo que são apresentados mais exemplos de UCs na categoria de Uso Sustentável do que na categoria de Proteção Integral.

03. ( ) As unidades de conservação podem ser criadas por ato do poder público.

04. ( ) Como as Unidades de Conservação de Proteção Integral apresentam como objetivo principal a manutenção de ecossistemas livres de alterações causadas pela interferência humana; não se admite, em hipótese alguma, o uso humano, mesmo que indireto, dos recursos naturais nela situados.

05. ( ) As Unidades de Conservação da categoria de uso sustentável possuem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

06. ( ) São exemplos de Unidades de Conservação de Proteção

Integral o Parque Nacional de Brasília, a Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília e a Reserva Biológica da Contagem.

07. ( ) São exemplos de Unidades de Conservação de Uso Sustentável a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), a área de Proteção Ambiental (APA) e a Área de Proteção Permanente (SPAROVEK et al.) e a Reserva Legal (RL).

08. ( ) O Parque Nacional, apesar de se enquadrar na categoria de Unidade de Conservação de Proteção Integral, pode permitir a entrada da população para o desenvolvimento de atividade de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

09. ( ) A área de Proteção Ambiental (APA) se enquadra na categoria de Unidades de Conservação de Uso Sustentável e não permite, em hipótese alguma, a existência de terras privadas em sua abrangência.

10. ( ) Todas as unidades de conservação, sem exceções, devem dispor de um plano de manejo.

## CAPÍTULO 10

# O “Novo Código Florestal Brasileiro” – Lei 12.651/2012

### 10.1. Histórico de discussão e importância do Código Florestal

O antigo Código Florestal foi motivo de debate recente, de 2009 a 2012, envolvendo ruralistas, ambientalistas, cientistas e a sociedade civil. A discussão foi tamanha que rendeu um tópico especial na revista científica *Biota Neotropica*, verificando os efeitos potenciais da mudança do código florestal sobre espécies de abelhas (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010), borboletas (FREITAS, 2010), peixes (CASATTI, 2010), répteis (MARQUES et al., 2010), aves (DEVELEY; PONGILUPPI, 2010) e mamíferos (GALETTI et al., 2010), além de formações campestres (RIBEIRO; FREITAS, 2010) e recursos hídricos (TUNDISI; TUNDISI, 2010). Entretanto, mesmo assim, a discussão desse código envolveu muito mais uma discussão política (basicamente entre bancada ruralista e bancada ambientalista no Congresso Nacional) do que uma discussão baseada em estudos científicos, que ainda assim, existem poucos no Brasil.

Muitos consideraram o Código Florestal de 1965 antigo e ultrapassado. No entanto, apesar da redação original desse código

remontar tanto tempo atrás, nos últimos anos, ela foi alterada várias vezes e vários dispositivos foram inseridos diretamente nessa Lei, por meio de medidas provisórias, sucessivamente reeditadas até a MP 2.166-67 (2001). Outro argumento contrário a isso era que o código florestal de 1965 incorporava aspectos interessantes e inovadores da relação entre homem e natureza. Ela deixava claro que as florestas eram bens de “interesse comum de todos os habitantes do país”, noção que só veio a ser reforçada depois, no artigo 225 da Constituição de 1988, ao incorporar a noção de que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”. Além disso, apesar dos pontos de debate, uma vantagem da antiga lei era a clareza no texto escrito, definindo claramente o que deveria ou não ser conservado, o que é essencial para as atividades de monitoramento pelo Poder Público. Enfim, toda essa discussão culminou na elaboração de uma nova lei, cheia de pontos de discussão entre ruralistas e ambientalistas, e que revoga a antiga lei 4.771 de 1965. Mesmo assim, o chamado novo código florestal (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012) continua sendo a principal lei para conservação ambiental em áreas privadas do Brasil.

Sparovek *et al.* (2011) trazem bons argumentos sobre a necessidade de uma profunda discussão acerca do Código Florestal. Segundo dados disponibilizados, nas regiões onde o histórico de ocupação de terras é antigo e consolidado (Sul, Sudeste, Centro Oeste, Nordeste), a proporção de Unidades de Conservação e de Terras Indígenas em relação ao total de vegetação natural é muito pequena; ou seja, a maior parte desse tipo de vegetação está em

terras privadas. No Cerrado 87% da vegetação nativa existente ocorre em áreas privadas, na Mata-Atlântica, 92%, nos Pampas, 99%, e na Caatinga, 98%. Esta realidade mais do que justifica a manutenção de uma lei do porte do Código Florestal como instrumento essencial ao equilíbrio entre o interesse privado da produção agrícola e o interesse coletivo da preservação ambiental e seu aprimoramento (SPAROVEK et al., 2011).

As supostas restrições impostas pela legislação ambiental ao desenvolvimento do setor agropecuário são utilizadas com frequência como justificativas para a necessidade de revisão do Código Florestal. Contudo, Sparovek *et al.* (2011) trazem outra forma de analisar a questão, verificando a possibilidade das áreas já desmatadas e utilizadas para uso agropecuário serem utilizadas, eficientemente em sua totalidade, para atenderem ao desenvolvimento do setor. Se isso for viável, seria um ganho para todos, ambientalistas, produtores e a sociedade, segundo o princípio do Equilíbrio do Direito Ambiental. Segundo os autores, dados do último Censo Agropecuário (2006) indicam um rebanho bovino de aproximadamente 180 milhões de cabeças ocupando 158 Mha, o que resulta numa lotação média de 1,14 cabeças por ha. O desfrute atual, ou seja, a porcentagem do rebanho abatido por ano, é de 22%, gerando um abate de 40 milhões de cabeças por ano para atender o mercado doméstico (80%) e as exportações. Segundo os autores, a lotação de 1,14 cabeças por hectare indica um uso muito extensivo da terra e, pensando apenas na adoção de poucos recursos tecnológicos, a lotação média poderia facilmente atingir 1,5 cabeças por hectare e o desfrute do rebanho, 30%. Se considerarmos alternativas tecnológicas mais intensivas,

como a correção do solo, adubação na formação das pastagens, uso das forrageiras melhoradas, manejo reprodutivo e sanitário eficientes, estes índices poderiam ser ainda maiores. Entretanto, apenas a adoção tecnológica mais simplificada já garantiria um desenvolvimento econômico na agropecuária, sem a necessidade de conversão de novas áreas para pasto (SPAROVEK *et al.*, 2011). Logicamente, fica claro que uma argumentação dicotômica e simplista do tipo “só temos duas escolhas: ou preservamos, ou desenvolvemos...” deve ser evitada a qualquer custo, visto que é perfeitamente possível adotar uma postura de desenvolvimento com conservação e este é o objetivo verdadeiro do desenvolvimento sustentável, conforme a própria matéria ambiental preconiza.

Após aclamado debate e votação no Congresso Nacional, a nova lei que dispõe sobre a proteção de vegetação nativa (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012) foi aprovada e já está em vigor. Apesar de na mídia ser chamada de o novo código florestal, ela não foi criada com esse nome. Alguns ainda defendem que essa lei não é mais um código florestal, mas sim um código do agronegócio. Apesar de toda discussão antes e após da criação da referida norma; ainda assim, a referida lei é a principal referência para a conservação ambiental em áreas privadas do Brasil, ainda mais em áreas com um histórico de ocupação antigo, que é o caso das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Neste caso, é o nosso objetivo apresentá-la e comentar seus artigos, o que será feito a seguir.

## **10.2. Lei 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção de vegetação nativa**

A Lei 12.651/2012 é clara ao afirmar em seu artigo 1º que

ela estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de **Reserva Legal**; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais; e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos. Seu objetivo principal é o desenvolvimento sustentável, atendendo os seguintes princípios (art. 1º, parágrafo 1º):

*I – afirmação do compromisso soberano do Brasil com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa, bem como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos e da integridade do sistema climático, para o bem estar das gerações presentes e futuras;*

*II – reafirmação da importância da função estratégica da atividade agropecuária e do papel das florestas e demais formas de vegetação nativa na sustentabilidade, no crescimento econômico, na melhoria da qualidade de vida da população brasileira e na presença do País nos mercados nacional e internacional de alimentos e bioenergia;*

*III – ação governamental de proteção e uso sustentável de florestas, consagrando o compromisso do País com a compatibilização e harmonização entre o uso produtivo da terra e a preservação da água, do solo e da vegetação;*

*IV – responsabilidade comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais;*

*V – fomento à pesquisa científica e tecnológica na busca da inovação para o uso sustentável do solo e da água, a recuperação e a preservação das florestas e demais formas*

*de vegetação nativa;*

*VI – criação e mobilização de incentivos econômicos para fomentar a preservação e a recuperação da vegetação nativa e para promover o desenvolvimento de atividades produtivas sustentáveis.*

Diante das afirmações do artigo 1º dessa lei, é interessante detalharmos inicialmente o que vem a ser uma **Área de Preservação Permanente** (SPAROVEK *et al.*) e uma **Reserva Legal** (RL). Estas são definidas no artigo 3º da lei, juntamente com outras definições. A área de Preservação Permanente (SPAROVEK *et al.*) é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Já a Reserva Legal (RL) é uma área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. O código florestal antigo (lei 4.771/1965) fazia uma distinção clara entre APPs e RLs, de forma que as Reservas Legais eram áreas dentro de propriedades, excetuadas as APPs. Com a nova lei, é possível que APPs possam ser computadas dentro das porcentagens de Reservas Legais, desde que essa atitude não acarrete na derrubada de mais vegetações nativas.

As áreas de APP estão melhor detalhadas a partir do artigo 4º ao 6º. Por partes, apresento inicialmente o artigo 4º (incisos I

ao III):

*I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:*

*a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;*

*b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;*

*c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;*

*d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;*

*e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;*

*II – as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:*

*a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;*

*b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;*

*III – as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;*

Desse artigo vale ressaltar que rios efêmeros (rios temporários, mantidos por chuvas e comuns em áreas de escassez hídrica, como

no Nordeste, por exemplo) não é mais necessária a presença de vegetação nas margens, como na legislação anterior. Por um lado, a legislação anterior não fazia essa distinção entre rios perenes e efêmeros, o que poderia ser um problema na prática. Entretanto, o formato atual da lei pode também ser um problema, pois isso pode representar a morte dos corpos d'água temporários, visto que a vegetação nativa tem função essencial no impedimento do assoreamento. Segundo a nova lei, apenas nos rios intermitentes será necessário o contorno com vegetações nativas.

É interessante também discutir os limites impostos pela lei às margens dos rios. Fica uma pergunta: será que 30 metros (15 metros em cada margem) num curso d'água pequeno é o suficiente para a manutenção do corpo hídrico, bem como de espécies da fauna e da flora de matas de galeria? Essa pergunta só pode ser respondida com estudos científicos (ainda poucos no Brasil), verificando a aplicabilidade dessa legislação em conservar a biodiversidade.

São ainda áreas de APP definidas pela lei 12.651/2012 (continuação do art. 4º, a partir do inciso IV, art. 5º e 6º):

*IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;*

*V – as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;*

*VI – as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;*

*VII – os manguezais, em toda a sua extensão;*

VIII – as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX – no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X – as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

§ 4º Nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 hectare (TUNDISI; TUNDISI), fica dispensada a reserva da faixa de proteção prevista nos incisos II e III do caput, vedada nova supressão de áreas de vegetação nativa, salvo autorização do órgão ambiental competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.

§ 5º É admitido, para a pequena propriedade ou posse rural familiar, de que trata o inciso V do art. 3º desta Lei, o plantio de culturas temporárias e sazonais de vazante de ciclo curto na faixa de terra que fica exposta no período de vazante dos rios ou lagos, desde que não implique supressão de novas áreas de vegetação nativa, seja conservada a qualidade da água e do solo e seja protegida a fauna silvestre.

§ 6º Nos imóveis rurais com até 15 (quinze) módulos fiscais, é admitida, nas áreas de que tratam os incisos I e II do caput deste artigo, a prática da aquicultura e a infraestrutura física diretamente a ela associada, desde que:

I – sejam adotadas práticas sustentáveis de manejo de solo

*e água e de recursos hídricos, garantindo sua qualidade e quantidade, de acordo com norma dos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente;*

*II – esteja de acordo com os respectivos planos de bacia ou planos de gestão de recursos hídricos;*

*III – seja realizado o licenciamento pelo órgão ambiental competente;*

*IV – o imóvel esteja inscrito no Cadastro Ambiental Rural – CAR.*

*V – não implique novas supressões de vegetação nativa.*

*Art. 5º Na implantação de reservatório d'água artificial destinado à geração de energia ou abastecimento público, é obrigatória a aquisição, desapropriação ou instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das Áreas de Preservação Permanente criadas em seu entorno, conforme estabelecido no licenciamento ambiental, observando-se a faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100 (cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros e máxima de 30 (trinta) metros em área urbana.*

*§ 1º Na implantação de reservatórios d'água artificiais de que trata o caput, o empreendedor, no âmbito do licenciamento ambiental, elaborará Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório, em conformidade com termo de referência expedido pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, não podendo o uso exceder a 10% (dez por cento) do total da Área de Preservação Permanente.*

*§ 2º O Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial, para os empreendimentos licitados a partir da vigência desta Lei, deverá ser apresentado ao órgão ambiental concomitantemente com o*

*Plano Básico Ambiental e aprovado até o início da operação do empreendimento, não constituindo a sua ausência, impedimento para a expedição da licença de instalação.*

*Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:*

*I – conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;*

*II – proteger as restingas ou veredas;*

*III – proteger várzeas;*

*IV – abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;*

*V – proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;*

*VI – formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;*

*VII – assegurar condições de bem-estar público;*

*VIII – auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares.*

Vale ressaltar que, à uma primeira vista, parece que existem muitas áreas que precisam ser efetivamente conservadas no regime de área de Preservação Permanente. Entretanto, também é interessante se considerar que o Brasil é um país de dimensões continentais, megadiverso e rico em diferentes paisagens e feições geográficas, o que justifica tantos aspectos a serem considerados sobre áreas de Preservação Permanente. É importante ressaltar

que a preservação dessas áreas é de importante função, tanto para preservar recursos hídricos, como para preservar a paisagem, a estabilidade geológica e garantir o bem-estar das populações humanas. Levando em consideração esses aspectos, talvez se chegue à conclusão de que, na verdade, existem poucas áreas que estão efetivamente sendo protegidas pelos regimes de APP.

A Reserva Legal, como explicitado anteriormente, é uma área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. Essa afirmação possui função clara de proteção de florestas da derrubada para produção de madeiras, algo que foi tradição no Brasil Colonial e que ainda vem ocorrendo de forma ilegal em muitos casos. Amargamos tristes histórias da exploração madeireira, tanto pela Coroa portuguesa, quanto de forma clandestina; fato que acarretou na declaração do pau-Brasil como extinta em 1920, árvore símbolo e que dá nome e história ao nosso país.

Vale enfatizar que essa definição de RL incorpora conceitos de uso econômico dessa área. Mas, com a preocupação de que esse uso seja realizado de modo sustentável. Antunes (2010) descreve o uso sustentável dos recursos naturais como aquele que assegura a reprodução continuada dos atributos ecológicos da área explorada, tanto em seus aspectos de flora como de fauna. É sustentável pelo uso que não subtraia das gerações futuras o desfrute da flora e da fauna, em níveis compatíveis com a utilização presente.

O artigo 12 da lei em discussão detalha melhor os limites de uma Reserva Legal, conforme trecho abaixo:

*Art. 12. Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 68 desta Lei:*

*I – localizado na Amazônia Legal:*

*a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas;*

*b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de cerrado;*

*c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais;*

*II – localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento).*

Conforme o artigo 12 da Lei 12.651, há uma distinção entre áreas de Reserva Legal na Amazônia e nas demais áreas. Isso garante a redução do ritmo de desmatamento numa área que é uma das mais conservadas em seu estado original no Brasil. Como variações disso, o artigo 12, parágrafo 4º, afirma que “*o poder público poderá reduzir a Reserva Legal para até 50% (cinquenta por cento), para fins de recomposição, quando o Município tiver mais de 50% (cinquenta por cento) da área ocupada por unidades de conservação da natureza de domínio público e por terras indígenas homologadas*”.

Ainda, no parágrafo 5º do mesmo artigo “*o poder público es-*

*tadual, ouvido o Conselho Estadual de Meio Ambiente, poderá reduzir a Reserva Legal para até 50% (cinquenta por cento), quando o Estado tiver Zoneamento Ecológico-Econômico aprovado e mais de 65% (sessenta e cinco por cento) do seu território ocupado por unidades de conservação da natureza de domínio público, devidamente regularizadas, e por terras indígenas homologadas”.*

Outro aspecto interessante sobre o funcionamento de Reservas Legais é que esse sistema pode também variar de acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico (de forma unificada) dos estados, podendo atingir limites de RL de até 50%, dependendo do caso (art. 13). Nesse caso, Os estados que não possuem seus Zoneamentos Ecológico-Econômicos – ZEEs segundo a metodologia unificada, estabelecida em norma federal, terão o prazo de 5 (cinco) anos, a partir da data da publicação desta Lei, para a sua elaboração e aprovação. Ainda, como algo interessante, o proprietário ou possuidor de imóvel rural que mantiver Reserva Legal conservada e averbada em área superior aos percentuais exigidos no referido inciso, poderá instituir servidão ambiental (conferir na Lei 6.938/1981) sobre a área excedente e cota de Reserva Ambiental.

O artigo 15 da lei em discussão traz inovações acerca da inclusão APPs dentro do cômputo de áreas de Reserva Legal. O código florestal antigo (Lei 4.771/1965) informava que Reservas Legais eram áreas dentro de propriedades, excetuadas as APPs. Com a nova lei, é possível que APPs possam ser computadas dentro das porcentagens das Reservas Legais, desde que essa atitude não acarrete na derrubada de mais vegetações nativas, além de outros aspectos. Segue o artigo 15 da lei 12.651 para leitura:

*Art. 15. Será admitido o cômputo das Áreas de Preservação Permanente no cálculo do percentual da Reserva Legal do imóvel, desde que:*

*I – o benefício previsto neste artigo não implique a conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo;*

*II – a área a ser computada esteja conservada ou em processo de recuperação, conforme comprovação do proprietário ao órgão estadual integrante do Sisnama; e*

*III – o proprietário ou possuidor tenha requerido inclusão do imóvel no Cadastro Ambiental Rural – CAR, nos termos desta Lei.*

*§ 1º O regime de proteção da Área de Preservação Permanente não se altera na hipótese prevista neste artigo;*

*§ 2º O proprietário ou possuidor de imóvel com Reserva Legal conservada e inscrita no Cadastro Ambiental Rural – CAR de que trata o art. 29, cuja área ultrapasse o mínimo exigido por esta Lei, poderá utilizar a área excedente para fins de constituição de servidão ambiental, Cota de Reserva Ambiental e outros instrumentos congêneres previstos nesta Lei;*

*§ 3º O cômputo de que trata o caput aplica-se a todas as modalidades de cumprimento da Reserva Legal, abrangendo a regeneração, a recomposição e a compensação;*

*§ 4º É dispensada a aplicação do inciso I do caput deste artigo, quando as Áreas de Preservação Permanente conservadas ou em processo de recuperação, somadas às demais florestas e outras formas de vegetação nativa existentes em imóvel, ultrapassarem:*

*I – 80% (oitenta por cento) do imóvel rural localizado em áreas de floresta na Amazônia Legal.*

Vale ressaltar que a Reserva Legal também pode ser estabe-

lecida em regime de condomínio, com mais de um proprietário. Do artigo 17 ao 24 dessa lei trata-se sobre o regime de proteção da Reserva Legal. De uma forma geral, admite-se a exploração econômica da Reserva Legal mediante manejo sustentável, previamente aprovado pelo órgão competente do SISNAMA, de acordo com as modalidades previstas no art. 20, que se segue:

Art. 20. No manejo sustentável da vegetação florestal da Reserva Legal, serão adotadas práticas de exploração seletiva nas modalidades de manejo sustentável sem propósito comercial para consumo na propriedade e manejo sustentável para exploração florestal com propósito comercial.

O artigo 21 da referida lei afirma que é livre a coleta de produtos florestais não madeireiros, tais como frutos, cipós, folhas e sementes, devendo-se observar:

*I – os períodos de coleta e volumes fixados em regulamentos específicos, quando houver;*

*II – a época de maturação dos frutos e sementes;*

*III – técnicas que não coloquem em risco a sobrevivência de indivíduos e da espécie coletada no caso de coleta de flores, folhas, cascas, óleos, resinas, cipós, bulbos, bambus e raízes.*

É interessante observar que o manejo florestal sustentável da vegetação da Reserva Legal, com propósito comercial, depende de autorização do órgão competente e deverá atender às seguintes diretrizes e orientações: não descaracterizar a cobertura vegetal e não prejudicar a conservação da vegetação nativa da área; assegurar a manutenção da diversidade das espécies; conduzir o manejo de espécies exóticas com a adoção de medidas que favoreçam a

regeneração de espécies nativas (art. 22).

### **10.3. O Cadastro Ambiental Rural e outras providências**

A Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 traz uma inovação ao incluir o Cadastro Ambiental Rural (CAR), com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, além do combate ao desmatamento. Esse cadastro é um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório e para todos os imóveis rurais. O CAR prevê o georreferenciamento da área total e identificação de áreas de reserva legal, de preservação permanente, de uso alternativo do solo e também o que deve ser recuperado. Segundo a referida lei, esse registro se torna o passo inicial para qualquer licenciamento rural em relação ao meio ambiente e também para incentivos.

Outros aspectos trazidos pela lei 12.651 diz respeito ao Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS, que corresponde a um plano de manejo para a exploração de florestas nativas e formações sucessoras, de domínio público ou privado. Esse plano de manejo deve contemplar técnicas de condução, exploração, reposição florestal e manejo compatíveis com os variados ecossistemas que a cobertura arbórea forme.

Além disso, a Lei 12.651 também é autorizada a instituir o programa de apoio e incentivo à preservação e recuperação do meio ambiente, bem como para adoção de tecnologias e boas práticas que conciliem a produtividade agropecuária e florestal, com redução dos impactos ambientais e como forma de promoção do desenvolvimento ecologicamente sustentável. Para mais,

é instituída a Cota de Reserva Ambiental – CRA, título nominativo representativo de área com vegetação nativa, existente ou em processo de recuperação; sob regime de servidão ambiental, correspondente à área de Reserva Legal instituída voluntariamente, sobre a vegetação que exceder os percentuais exigidos no art. 12 da referida lei; protegida na forma de Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN, ou nos termos do artigo 21 da Lei 9.985/2000 (SNUC), que se refere ao regime de RPPNs.

## 10.4. EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

### LEI 12.651/2012

01. (    ) APP corresponde à área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.
02. (    ) Podem ser consideradas Reserva legal (RL) as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues e os manguezais, em toda a sua extensão.
03. (    ) Segundo a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, será admitido o cômputo das Áreas de Preservação Permanente no cálculo do percentual da Reserva Legal do imóvel, desde que o benefício previsto neste artigo não implique a conversão de novas áreas para uso alternativo do solo e a área a ser computada esteja conservada ou em processo de recuperação; conforme comprovação do proprietário ao órgão estadual integrante do SISNAMA, e o proprietário ou possuidor tenha requerido inclusão do imóvel no Cadastro Ambiental Rural – CAR, nos termos desta lei.
04. (    ) A Cota de Reserva Ambiental – CRA é um sistema de registro de terras rurais com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, além do combate ao desmatamento.
05. (    ) A Cota de Reserva Ambiental – CRA é um título nominativo representativo de área com vegetação nativa, existente

ou em processo de recuperação.

06. ( ) Em áreas rurais, excetuadas as de APP e RL, é permitido coleta de produtos florestais não madeireiros, tais como frutos, cipós, folhas e sementes, devendo-se observar: os períodos de coleta e volumes fixados em regulamentos específicos, quando houver; a época de maturação dos frutos e sementes; técnicas que não coloquem em risco a sobrevivência de indivíduos e da espécie coletada, no caso de coleta de flores, folhas, cascas, óleos, resinas, cipós, bulbos, bambus e raízes.

## **11. RESPOSTAS DAS QUESTÕES DE MÚLTIPLA ESCOLHA (DIREITO AMBIENTAL)**

### **7. O DIREITO AMBIENTAL**

#### **I.**

01. V
02. F
03. V
04. V
05. V
06. F
07. F
08. F
09. F
10. V
11. V
12. V
13. V
14. F
15. V

#### **II.**

01. Princípio da Dignidade da Pessoa Humana/ Princípio do Desenvolvimento Sustentável.
02. Princípio do Limite/Princípio da Precaução/Princípio da Prevenção.
03. Princípio da Precaução/Princípio da Prevenção/Princípio do

equilíbrio.

04. Princípio do Limite.

05. Princípio da Responsabilidade.

06. Princípio do Limite/Princípio da Prevenção.

07. Princípio da Gestão Democrática.

## **8. A POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – LEI 6.938/1981**

### **I.**

01. V

02. V

03. V

04. V

05. V

06. F

07. F

08. V

09. V

10. V

## **9. O SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, SNUC – LEI 9.985/2000**

### **I.**

01. F

- 02. V
- 03. V
- 04. F
- 05. V
- 06. V
- 07. F
- 08. V
- 09. F
- 10. V

## 10. “O NOVO CÓDIGO FLORESTAL” (LEI 12.651/2012)

- 01. F
- 02. F
- 03. V
- 04. F
- 05. V
- 06. V

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, P. D. B. **Direito Ambiental**. 12.ed. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2010.

ARQUIVO NACIONAL. Arquivo Nacional e a história luzo-brasileira: pau-brasil, do estanco à extinção. <http://www.historiacolonial.arquivonacional.gov.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=104>, 2012. Acesso em: 10 de dezembro de 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasília: MMA, 2011. 76 p.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. Wiley-Blackwell, 2006. ISBN 1405111178.

BENJAMIM, A. H. D. V. Dano ambiental: prevenção, reparação e repressão. **São Paulo: Revista dos Tribunais**, p. 227, 1993.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L, MIERZWA, J. C., BARROS, M. T. L., SPENCER, M. P., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S.; **Introdução à Engenharia Ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 2ª. Edição. Rio de Janeiro: Pearson, 2005.

BUARQUE, C. Prefácio. In: SACHS, I. (Ed.). **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 96 p.

CASATTI, L. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 31-34, 2010. ISSN 1676-0603. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032010000400002&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400002&nrm=iso)> .

DEVELEY, P. F.; PONGILUPPI, T. Impactos potenciais na avifauna decorrentes das alterações propostas para o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 43-45, 2010. ISSN 1676-0603. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032010000400005&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400005&nrm=iso)> .

EASTEAL, S. 1981. The history of introductions of *Bufo marinus* (Amphibia: Anura); a natural experiment in evolution. **Biological Journal of the Linnean Society** 16(2):93-113.

FREITAS, A. V. L. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre as borboletas. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 53-57, 2010. ISSN 1676-0603. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032010000400007&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400007&nrm=iso)> .

GALETTI, M. et al. Mudanças no Código Florestal e seu impacto na ecologia e diversidade dos mamíferos no Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 47-52, 2010. ISSN 1676-0603. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032010000400006&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400006&nrm=iso)> .

HORTA, R. M. **Direito Constitucional**. 3ª edição. Belo Horizonte: Del Rey, 2002. 711p.

IBAMA. IBAMA: Atribuições. [www.ibama.gov.br/aceso-a-informacao/atribuicoes](http://www.ibama.gov.br/aceso-a-informacao/atribuicoes), 2012. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

ICMBIO. ICMBIO: o instituto. <<http://www.icmbio.gov.br/portal/quem-somos/o-instituto.html>, 2012>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 59-62, 2010. ISSN 1676-0603. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032010000400008&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400008&nrm=iso)>

JUCOVSKY, V. L. R. S. Meios de defesa do meio ambiente. Ação popular e participação pública. Brasil - Portugal. **Revista de Direito Ambiental. São Paulo: RT**, v. 17, p. 79, 2000.

KRISTKY, G. Darwin's Madagascan hawk moth prediction. **American Entomologist** 37: 206–209. 1991.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, Jun 2005. ISSN 0888-8892. Disponível em: <Go to ISI>://000229448100020>.

LEDO, R. M. D; COLLI, G. R. Silent Death: the new Brazilian forest code does not protect lizard assemblages in Cerrado Riparian Forests. **South American Journal of Herpetology** 11(2), 98-109. Disponível em: < <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-16-00025.1>>.

MACHADO, R. B. et al. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF (in Portuguese). 2004.

MANNION, P. D. Patterns in Palaeontology: The latitudinal biodiversity gradient. **Palaeontology Online**, Volume 4, Article 3, p.1-8. 2014.

MMA. O que é o CONAMA? <<http://www.mma.gov.br/port/conama/estr.cfm>, 2012>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

MARQUES, O. A. V. et al. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre os répteis brasileiros. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 39-41, 2010. ISSN 1676-0603. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032010000400004&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400004&nrm=iso)>

MOREIRA, J. R. The reproduction, demography and management of capybaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*) on Marajó Island – Brazil. Tese de doutorado, University of Oxford, Oxford, UK. 1995.

PASSOS, F. B.; LOPES, C. M.; AQUINO, F. G.; RIBEIRO, J. F. Nurse plant effect of *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. in area of Brazilian Savanna undergoing a process of restoration. *Brazilian Journal of Botany*, 37(3), 251–259. 2014. <https://doi.org/10.1007/s40415-014-0079-9>

REEECE, J. B.; URRY, L. A.; CAIN, M. L.; WASSERMAN, S. A.; MINORSKY, P. V; JACKSON, R. B. *Biologia de Campbell*.

10ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2015.

RICKLEFS, R. **A Economia da Natureza**. 5th edition. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

RODGERS JR., W. H. **Environmental law**. West, 1977. 956 p.

RODRIGUES, M. A. **Instituições de Direito Ambiental**. São Paulo: Max Limonad, 2002. 339p.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 96p.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de Direito Ambiental**. 10a. São Paulo: Editora Saraiva, 2012. 894p.

SPAROVEK, G. et al. A revisão do Código Florestal brasileiro. **Novos Estudos – CEBRAP**, p. 111-135, 2011. ISSN 0101-3300. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-33002011000100007&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002011000100007&nrm=iso)>

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Essentials of Ecology**. 3rd. edition. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2008. 510p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 67-75, 2010. ISSN 1676-0603. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032010000400010&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400010&nrm=iso)>

## DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

**Roger Maia Dias Ledo** é biólogo (bacharel e licenciado), mestre e doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (UnB), com doutorado sanduíche realizado na Brigham Young University (BYU), Utah – EUA. É professor do Instituto Federal de Brasília desde 2012, ministrando disciplinas para diversos cursos na área de meio ambiente e ciências biológicas, como *Ecologia, Saúde e Meio Ambiente, Legislação Ambiental e Biologia Geral*. É coordenador de diversos projetos de ecologia, genética e conservação, sobretudo para fauna. Atualmente cursa um segundo mestrado em Gestão Educacional, pelo Instituto Politécnico de Santarém, Portugal. É ilustrador, produzindo diversas imagens para esse livro inclusive. Também mantém um canal educacional no Youtube (*Mais Biologia*) para estudantes de nível médio e técnico, com dezenas de milhares de inscritos e com mais de um milhão de visualizações. Responsável pela escrita dos capítulos de 1 a 3 e de 5 a 10 deste livro

---

**Fábio Barbosa Passos** é biólogo, com mestrado em *Botânica* pela Universidade de Brasília (UnB) e Doutorado em *Biodiversidade e Conservação* pela Rede Bionorte para a Amazônia Legal. Tem interesses em assuntos envolvendo educação, botânica, ecologia, evolução, artes e sociedade. Tem o Cerrado e as vegetações como paixões onde desenvolve a fotografia como passatempo e pesquisas com viés mais ecológico sobre a dinâmica e sucessão da vegetação, conservação do meio ambiente, banco de

dados e mudanças climáticas. Responsável pela escrita capítulo 4 e parte do capítulo 6 deste livro.



**INSTITUTO FEDERAL**  
Brasília

---

**MINISTÉRIO DA**  
**EDUCAÇÃO**

ISBN: 978-85-64124-87-5



9 788564 124875

TIC