

ARIANE LUNA PEIXOTO
JOSÉ ROBERTO PUJOL LUZ
MARCIA APARECIDA DE BRITO

CONHECENDO A BIODIVERSIDADE

ORGANIZADORES

ARIANE LUNA PEIXOTO
JOSÉ ROBERTO PUJOL LUZ
MARCIA APARECIDA DE BRITO

CONHECENDO A BIODIVERSIDADE



© Os direitos de reprodução da obra (*copyright*) pertencem ao MCTIC; os direitos autorais pertencem aos seus autores que também cederam as fotos contidas na obra, acrescidas de fotos de colaboradores que gentilmente as cederam.

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC

Gilberto Kassab

Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento - SEPED

Jailson Bittencourt de Andrade

Coordenação Geral de Gestão de Ecossistemas - CGEC

Andrea Ferreira Portela Nunes

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq

Hernan Chaimovich Guralnik

Diretoria de Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde – DABS

Marcelo Marcos Morales

Coordenação Geral do Programa de Pesquisa em Ciências da Terra e do Meio Ambiente – CGCTM

Onivaldo Randig

Coordenação do Programa em Gestão de Ecossistemas – COGEC

Fernando da Costa Pinheiro

Programa de Pesquisa em Biodiversidade

Marcia Aparecida de Brito

Marisa de Araújo Mamede

Realização

Redes de Pesquisa do Programa de Pesquisa em Biodiversidade, PPBio, coordenadas por Helena de Godoy Bergallo, Guarino Rinaldi Colli, Geraldo Wilson Afonso Fernandes, Luis Fernando Pascholati Gusmão, William Ernest Magnusson, Valerio De Patta Pillar, Rui Cerqueira Silva; e **Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia, Geoma**, coordenada por Helder Lima de Queiroz

Organizadores

Ariane Luna Peixoto, José Roberto Pujol Luz

e Marcia Aparecida de Brito

Revisão de linguagem

Mariana Ferraz

Projeto gráfico e diagramação

Mary Paz Guillén

Impressão

Editora Vozes

Catálogo na Fonte

Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/
Biblioteca Barbosa Rodrigues (CRB-7 5117)

P379c Peixoto, Ariane Luna (org.).

Conhecendo a biodiversidade / Organizadores Ariane Luna Peixoto, José Roberto Pujol Luz, Marcia Aparecida de Brito. – Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016.

196 p. : il. color. ; 20 x 25cm.

ISBN 978-85-63100-08-5

1. Biodiversidade. 2. Ecossistemas tropicais. 3. Biomas. 4. Brasil. I. Luz, José Roberto Pujol. II. Brito, Marcia Aparecida de. III. Título.

CDD 577.0981

CONHECENDO A BIODIVERSIDADE

ORGANIZADORES

ARIANE LUNA PEIXOTO
JOSÉ ROBERTO PUJOL LUZ
MARCIA APARECIDA DE BRITO



Brasília
2016



MINISTÉRIO DA
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**







PREFÁCIO

As decisões sobre intervenções humanas no meio ambiente envolvem questões para as quais não há, na maioria das vezes, respostas imediatas e fáceis, tampouco certeza de que a solução escolhida esteja correta ou dê os resultados esperados. O fato de se conhecer relativamente pouco dos ecossistemas, particularmente nos trópicos, não deve ser razão para coibir oportunidades de desenvolvimento, nem para fazê-lo de modo desenfreado sem qualquer preocupação e responsabilidade com princípios de conservação e proteção ao ambiente.

Em situações complexas, como é o caso da gestão em biomas e ecossistemas tropicais, algumas decisões podem ter melhor qualidade se seus efeitos forem monitorados de modo a permitir, por um lado, ajustes de decisões já tomadas, e por outro, a implementação de correções e mitigações por danos eventuais e não previstos. O monitoramento instala um círculo virtuoso que promove o aprendizado de forma escalonada, diminui a incerteza e aprimora o processo da tomada de decisões.

A ciência pode desempenhar um papel central se estiver sendo gerada para o aprofundamento da base de conhecimento em áreas específicas, mas, sobretudo, se tiver o propósito de auxiliar a reduzir incertezas que pautam o processo de decisão. Não se advoga aqui que a ciência deva ser cooptada pela política pública e abdique de sua independência, mas que observe suas possibilidades como atividade de interesse social voltada ao bem-estar da coletividade, oferecendo elementos essenciais aos processos decisórios.

Mas como colaborar com esses elementos ditos essenciais se o meio ambiente é com-

plexo e não há domínio de conhecimento, pelo menos de forma ordenada, que possa ser ofertada no prazo compatível com o que as decisões sobre políticas públicas requerem? Essa foi a principal motivação para a constituição de inúmeros programas de longa duração para o meio ambiente em todo o mundo. O somatório de experiências adquiridas com esses programas demonstra que eles tiveram algum sucesso quando realizaram quatro atividades centrais.

A primeira é a realização de pesquisa de alta qualidade e com protocolos que permitissem gerar informação e conhecimento que fossem agregáveis e que, portanto, permitissem alimentar modelos preditivos. Esses modelos foram essenciais para apoiar o planejamento de intervenções, o monitoramento das intervenções e a avaliação de seus impactos. Essa experiência consolida a pesquisa colaborativa de grande escala que vem permitindo apoiar o desenvolvimento e implantação de decisões em acordos internacionais. No centro da *“policy community”* desses acordos internacionais estão membros da academia que, ademais de suas competências específicas, são capazes de trabalhar em escalas regionais e globais.

A segunda atividade é o compromisso de assegurar que os dados primários de cada pesquisa estejam armazenados em sistema de informação permanente que seja institucionalizado e não em bancos de dados pessoais. Esse sistema de informação deve ser regido por uma política de acesso a dados, com a qual cada pesquisador integrante é compromissado, e que privilegie o gerador do dado para realizar sua publicação dentro de um limite estabelecido de tempo, a partir do qual o dado deve ficar aberto para os demais usuários, resguardado os casos de sigilo definidos em comitê.

A terceira é realização de reuniões periódicas de um conselho de governança que possua representação e representatividade equilibrada de diferentes segmentos, entre eles membros da academia e tomadores de decisão tanto do setor privado quanto do governamental. Esses conselhos são essenciais para aprovarem os planos do programa, monitorarem seus resultados, articularem iniciativas assemelhadas para catalisar ações conjuntas e analisarem relatórios de avaliações independentes.

A última, mas não menos importante, é a atividade de disseminação de resultados orientada a diferentes públicos, dentre eles o científico, o público leigo, e o público técni-

co. Assim, os resultados precisam ir além de livros e artigos científicos, desdobrando-se em brochuras, vídeos e outros meios de comunicação.

Essa foi a filosofia que nos pautou para conceber e implementar, em 2004, o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). Além das funções próprias de planejamento, apoio à pesquisa e avaliação de seus resultados, o PPBio nasceu com o viés de mobilizar e contagiar programas já existentes com a obsessão de amplificar os usos de dados e informações primárias geradas por cada pesquisador da área de biodiversidade, evitando que dados similares viessem a ser recoletados por ocasião do início de cada nova linha de pesquisa. As fontes de recursos para o PPBio vieram de diferentes instituições, ainda que majoritariamente governamentais, e também de entidades internacionais, como é o caso do *Global Environment Facility* (GEF) que apoiou a implantação do Sistema de Informação para a Biodiversidade Brasileira (SiBBr). Esse sistema é gerido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e armazena as bases de dados do Programa e de outros que porventura queiram perenizar suas bases de dados.

Decorrido pouco mais de uma década de atividades, o PPBio gerou resultados científicos brilhantes, formou uma quantidade respeitável de novos pesquisadores e perenizou seu acervo de dados que, segundo vários meios de comunicação, têm possibilitado ações de apoio ao processo de tomada de decisões em políticas públicas. A organização desse livro é uma representação de que esse compromisso do PPBio continua vivo e vigoroso.

Ione Egler

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação

APRESENTAÇÃO

A geração e a disseminação de conhecimento sobre a biodiversidade são ações críticas para a mudar a percepção sobre os ecossistemas brasileiros. Com acesso à informação de qualidade, a natureza, muitas vezes percebida como um obstáculo ao desenvolvimento do país, se revela uma vantagem competitiva em um mundo cada vez mais dependente de serviços ambientais que somente os ecossistemas naturais podem oferecer. É importante que esse conhecimento chegue ao grande público, especialmente aos tomadores de decisão que atuam nas escalas municipal, estadual e federal.

Este livro procura contribuir para que o conhecimento sobre a biodiversidade brasileira chegue a mais pessoas. Resultado de um projeto intelectual de cientistas e equipes do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) e da Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia (Geoma), seu conteúdo e foco foram discutidos em março de 2015 em encontro que reuniu os coordenadores de redes desses programas e técnicos do Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação (MCTI) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Não se trata, porém, de um livro do PPBio/ Geoma, e sim de uma proposta de diálogo com a sociedade.

A divulgação científica em diferentes formatos é uma prática usual no PPBio desde o seu estabelecimento, principalmente no que tange a atividades voltadas para conservação e uso sustentável da biodiversidade e à busca de soluções para melhorar a qualidade de vida, temáticas presentes em vários dos 43 projetos vinculados às redes. Cursos, oficinas, cartilhas, guias de identificação de plantas, animais e fungos, livros e vídeos são

alguns dos instrumentos utilizados pelos pesquisadores das redes em suas práticas de divulgação do conhecimento e capacitação de recursos humanos. Porém, um produto planejado e realizado de forma conjunta pelas redes atualmente vinculadas ao PPBio/ Geoma ainda não havia sido feito.

A expressiva riqueza e diversidade de animais, plantas e fungos e a diversidade de ambientes no território brasileiro torna o estudo da biodiversidade um imenso desafio. Esse desafio vem sendo enfrentado com competência por pesquisadores, professores e estudantes vinculados às redes PPBio em um processo dinâmico, responsável, capaz de se autogerenciar e promover pesquisa de alto nível. As ciências da biodiversidade se destacam entre aquelas que mais têm contribuído para o crescimento e qualificação da produção científica nacional, com participação ativa dessas redes de pesquisa.

Assim, este é um livro sobre o Brasil que aborda experiências pretéritas e atuais em áreas dos seis biomas - Pampa, Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal, Caatinga e Amazônia - sua biodiversidade e as transformações naturais ou provocadas pela ação humana na paisagem; sobre espaços do território brasileiro que ganharam novas configurações através dos séculos de ocupação humana. Os 11 capítulos foram escritos de forma colaborativa por integrantes das redes e passaram por revisões por seus pares, especialmente revisões cruzadas, realizadas por membros de diferentes equipes, o que além de proporcionar um espaço adicional de discussão de métodos e técnicas, funcionou como excelente ambiente de integração.

O primeiro capítulo aborda principalmente a implantação do PPBio, os desafios do estabelecimento de atividades e metas frente aos compromissos do país com o conhecimento e a conservação da biodiversidade. Os seis capítulos seguintes, com grande diversidade de recortes, tratam dos biomas brasileiros. Essa parte do livro privilegia o diálogo entre diferentes ciências da biodiversidade, como a ecologia, a botânica e a zoologia, com outros campos da ciência e suas interseções com as sociedades humanas que viveram ou vivem nesses ambientes. Os quatro capítulos finais abordam alguns temas das ciências da biodiversidade, escolhidos entre muitos outros elencados quando do planejamento da obra.

A organização deste livro trouxe imenso ganho de interlocução e trocas entre os seus autores e revisores. Permitiu a articulação entre diferentes disciplinas científicas, não

apenas como convergências temáticas, mas gerando debates intelectuais que ao mesmo tempo que contribuíram para o livro em si, animaram as diferentes redes em suas produções e levaram a discussão a diferentes fóruns nos quais as abordagens sobre biodiversidade eram compartilhadas com outros temas. Esperamos que a obra ofereça ao leitor uma boa visão das ações de pesquisa e inovações geradas no país, somando-se a diversos outros livros sobre biodiversidade como leitura chave para compreender a imensa riqueza natural do Brasil e a sua importância para as gerações atuais e futuras.

Ariane Luna Peixoto
José Roberto Pujol Luz
Marcia Aparecida de Brito

Organizadores

SUMÁRIO

14 O PROGRAMA DE PESQUISA EM BIODIVERSIDADE

William Ernest Magnusson, Helena de Godoy Bergallo, Rui Cerqueira, Guarino R. Colli, Geraldo Wilson Fernandes, Luís Fernando Pascholati Gusmão, Valério De Patta Pillar, Helder Lima de Queiroz

34 CAMPOS SULINOS - A BIODIVERSIDADE NA IMENSIDÃO DOS CAMPOS DO SUL DO BRASIL

Valério De Patta Pillar, Eduardo Vélez-Martin, Gerhard E. Overbeck, Ilsi Iob Boldrini

50 MATA ATLÂNTICA - O DESAFIO DE TRANSFORMAR UM PASSADO DE DEVASTAÇÃO EM UM FUTURO DE CONHECIMENTO E CONSERVAÇÃO

Márcia C. M. Marques, Ana Carolina Lins e Silva, Henrique Rajão, Bruno Henrique P. Rosado, Claudia Franca Barros, João Alves de Oliveira, Ricardo Finotti, Selvino Neckel-Oliveira, André Amorim, Rui Cerqueira, Helena de Godoy Bergallo

68 CERRADO - UM BIOMA RICO E AMEAÇADO

G. Wilson Fernandes, Ludmilla M. S. Aguiar, Antônio Fernandes dos Anjos, Mercedes Bustamante, Rosane G. Collevatti, José C. Dianese, Soraia Diniz, Guilherme B. Ferreira, Laerte Guimarães Ferreira, Manuel Eduardo Ferreira, Renata D. Françoso, Francisco Langeani, Ricardo B. Machado, Beatriz S. Marimon, Ben Hur Marimon Jr., Ana Carolina Neves, Fernando Pedroni, Yuri Salmona, Maryland Sanchez, Aldicir O. Scariot, Joaquim A. Silva, Luís Fábio Silveira, Heraldo L. de Vasconcelos, Guarino R. Colli

84 PANTANAL - A IDENTIDADE DE UMA GRANDE ÁREA ÚMIDA

Cátia Nunes da Cunha, Pierre Girard, Gustavo Manzon Nunes, Julia Arieira, Jerry Penha & Wolfgang J. Junk

100 CAATINGA – DIVERSIDADE NA ADVERSIDADE DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Luís Fernando Pascholati Gusmão, Luciano Paganucci de Queiroz, Freddy Ruben Bravo Quijano, Flora Acunã Juncá, Reyjane Patricia de Oliveira, Iuri Goulard Baseia

112 AMAZÔNIA - BIODIVERSIDADE INCONTÁVEL

William Ernest Magnusson, Ana Sofia Sousa de Holanda, Maria Aparecida de Freitas, Emiliano Esterci Ramalho, Alberto Akama, Leandro Ferreira, Marcelo Menin, Cecilia Veronica Nunez, Domingos de Jesus Rodrigues, Ângelo Gilberto Manzatto, Rubiane de Cássia Paggoto, Noemia Kazue Ishikawa

124 COMPARTILHAMENTO E INTEGRAÇÃO DE DADOS: A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE BIODIVERSIDADE

Debora Pignatari Drucker e Flávia Fonseca Pezzini

140 PRINCÍPIOS E DESAFIOS DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM ECOSISTEMAS BRASILEIROS

Gerhard E. Overbeck, Mariana S. Vieira, Milena F. Rosenfield, Sandra C. Müller

156 BIODIVERSIDADE E SAÚDE, UMA RELAÇÃO QUE PRECISA SER RECONHECIDA

Rosana Gentile & Paulo Sergio D'Andrea

172 POLÍTICAS PÚBLICAS: EM BUSCA DE CAMINHOS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Eduardo Vélez-Martin, Demétrio Luis Guadagnin, Valério De Patta Pillar



Pelotas de pólen

O PROGRAMA DE PESQUISA EM BIODIVERSIDADE

William Ernest Magnusson

Helena de Godoy Bergallo

Rui Cerqueira

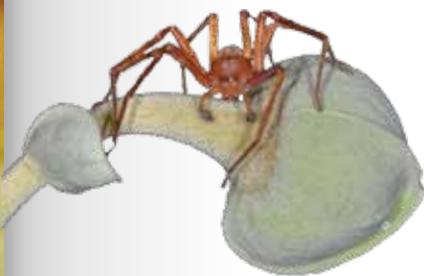
Guarino R. Colli

Geraldo Wilson Fernandes

Luís Fernando Pascholati Gusmão

Valério De Patta Pillar

Helder Lima de Queiroz



"Diversidade biológica significa a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos, e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo, ainda, a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas." *Convenção sobre a Diversidade Biológica, 1992*

A preocupação com o uso adequado e a conservação dos recursos naturais vem aumentando em todo o mundo desde o século passado. Discussões sobre o conhecimento, a conservação e o uso sustentável da fauna, da flora, dos fungos e do ambiente onde vivem esses organismos atualmente perpassam diferentes meios de comunicação e segmentos da sociedade.

Um dos mais importantes eventos relacionados ao novo olhar da humanidade sobre a natureza foi a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro, em 1992. O Brasil, além de sediar a conferência, que ficou conhecida como ECO-92, liderou os esforços para estabelecer metas para evitar a erosão da biodiversidade e dos serviços ambientais.

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), um dos documentos mais importantes resultantes da ECO-92, tornou-se referência sobre o tema. Seu texto estabelece, no artigo 1º, três obrigações a serem cumpridas pelos países signatários: a conservação da diversidade biológica, o uso sustentável de seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos. Para os tomadores de decisão, a CDB é um lembrete de que os recursos naturais não são infinitos, e que é indispensável pensar e agir em busca do uso sustentável.

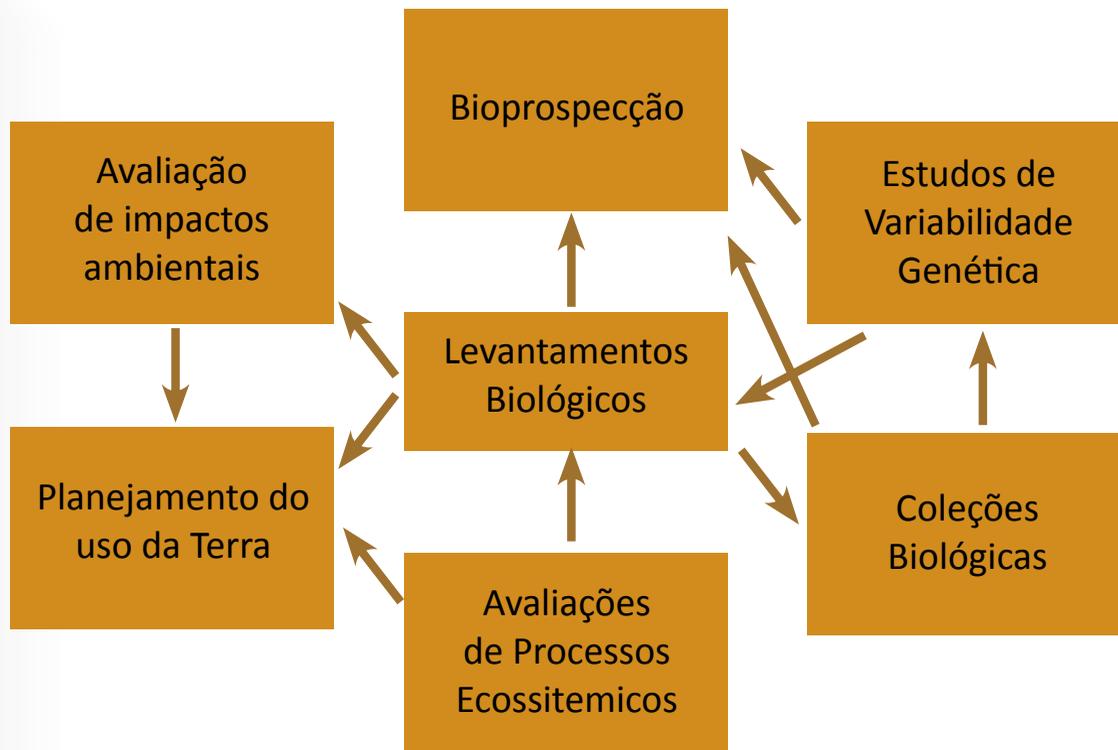
Apesar do protagonismo brasileiro à época da ECO-92, somente uma década mais tarde o país instituiu, em consonância com a CDB, princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade (PNB)¹. Antes da CDB e do estabelecimento da PNB, o país já havia investido em diferentes ações para o conhecimento da biodiversidade, mas tinha feito pouco em aspectos críticos. Faltavam pesquisas e ações para converter iniciativas isoladas em cadeias de produção de conhecimento que resultassem em benefícios práticos

para a sociedade, assim como faltavam programas que gerassem conhecimentos largamente distribuídos para diferentes setores da sociedade, incluindo os tomadores de decisão. Além disso, ainda não era corrente o compartilhamento de dados e informações de forma aberta, através da internet, para diferentes usuários.

Pesquisa e gestão da biodiversidade requerem ações variadas e relacionadas entre si. Juntas, essas ações formam um complexo sistema que inclui desde levantamentos biológicos e estudos de variabilidade genética, até a formação de coleções biológicas, a avaliação de impactos ambientais e o planejamento do uso da terra, entre outros.

À procura de soluções que preenchessem as lacunas de conhecimento nesse complexo sistema, o então Ministério da Ciência e Tecnologia, atual Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), organizou uma série de reuniões com atores envolvidos na pesquisa e gestão da biodiversidade brasileira. Os encontros revelaram que a infraestrutura para estudos da biodiversidade precisava ser melhor dimensionada e modernizada.

1 Decreto Federal nº 4.339, de 22 de agosto de 2002 institui princípios e diretrizes para a Política Nacional da Biodiversidade http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4339.htm



Modelo conceitual simplificado de algumas atividades de pesquisa ligadas diretamente com à biodiversidade

A necessidade de assegurar a vida futura do planeta, especialmente diante das evidências das mudanças climáticas, conferiram mais vitalidade às discussões e tornaram urgente a necessidade de gerar conhecimentos para ampliar ações de conservação e de desenvolvimento sustentável. Assim, após dois anos de discussões para determinar a melhor forma de atuação, e atento à necessidade de agilizar a produção de conhecimento sobre o patrimônio biológico brasileiro e de tornar

esse conhecimento útil para diferentes segmentos da sociedade, o MCTI criou, em 2004, o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio)².

O PPBio teve a missão inicial de desenvolver uma estratégia de investimento que agregasse as diversas competências em pesquisa e transferência de conhecimento sobre biodiversidade, gerando, integrando e disseminando informações que pudessem ser utilizadas pela sociedade. Pode-se afirmar, então, que o PPBio foi criado a partir de demandas vindas da comunidade

2 Portaria MCT nº 268, de 18 de junho de 2004, modificada pela Portaria MCT nº 383 de 15 de junho de 2005

científica e da sociedade brasileira, e desenvolvido em consonância com os princípios da CDB, pautado nas diretrizes da PNB.

A estratégia de ação elaborada pelos pesquisadores envolvidos na iniciativa priorizou ações de formação e capacitação de recursos humanos, de fortalecimento institucional na área de pesquisa e de socialização de informações e conhecimentos sobre a biodiversidade brasileira.

O primeiro local a receber atividades do PPBio foi a Amazônia, sob coordenação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Logo o programa foi expandido para a Caatinga, sob a coordenação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). A estas instituições, chamadas então de núcleos executores, inúmeros institutos de pesquisa e universidades agregaram-se como colaboradores no desenvolvimento de ações. A escolha da Amazônia e da Caatinga foi estratégica, já que os dois biomas eram os menos conhecidos cientificamente e os que mais necessitavam de investimentos em infraestrutura e formação de recursos humanos.

O programa teve grande sucesso e sua influência nacional e internacional foi reconhecida pelo MCTI e por outros órgãos de governo, tanto na esfera federal quanto estadual. Esse reconhecimento possibilitou o acesso a recursos financeiros adicionais e o incremento de pessoal e de ações. As primeiras experiências exitosas do PPBio foram usadas como exemplo para planejar a criação do Centro de Pesquisa do Pantanal (CPP) e da Rede de Pesquisa para o uso Sustentável e Conservação do Cerrado (ComCerrado).

Em 2012 o PPBio foi ampliado, e passou a operar predominantemente através de um sistema de edital aberto³ gerenciado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Desde então, foram aprovados 43 projetos distribuídos em sete redes temáticas, com pesquisas desenvolvidas na Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica, Cerrado e Campos Sulinos, e um projeto na Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia (Rede Geoma).

Cada rede está sediada em uma instituição, e envolve pesquisadores, técnicos

3 Edital MCTI/CNPq nº 35/2012 – referente às ações do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) e da Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia (GEOMA) <http://www.cnpq.br/web/guest/chamadas-publicas;jsessionid=595A943D4F66E187BB1A6A3E570E0985?>

e estudantes de institutos de pesquisa e universidades que atuam como elos na engrenagem para geração do conhecimento. Os cursos, oficinas, trabalhos conjuntos em campo e reuniões de planejamento e avaliação funcionam como espaços para trocas de dados e informações, e para a consolidação de saberes e práticas em muitos campos das ciências da biodiversidade.

O compartilhamento na internet também é muito usual no dia a dia dos integrantes das redes do PPBio. Nesses fóruns, há incentivo à leitura de novas informações publicadas, além de discussões e trocas de experiências para a consolidação de protocolos padronizados para diferentes atividades. Os protocolos e outros documentos são disponibilizados de forma aberta, e passam a ser utilizados tanto em projetos que integram as redes como por estudantes e pesquisadores vinculados a instituições variadas do país e do exterior. As redes também mantêm páginas eletrônicas que são importantes instrumentos para o alcance de metas, como as vinculadas à divulgação de resultados para diferentes públicos (gestores ambientais e educadores, por exemplo), e ajudam a ampliar a divulgação de guias, livros e artigos científicos publicados em revistas nacionais e internacionais.

Metodologias para conhecer a biodiversidade

Conhecer a biodiversidade como um precursor para a sua conservação e uso sustentável é um dos compromissos assumidos pelos países signatários da CDB. Porém, o conhecimento da diversidade biológica pode ser medido em diferentes escalas, variando de moléculas a biomas. Da mesma forma, aqueles que dela usufruem veem seus recursos em escalas diferentes. Como proceder, então, para avaliar o conhecimento da biodiversidade?

Quando o PPBio foi criado já existiam esforços para documentar, caracterizar e disseminar o conhecimento sobre biodiversidade, especialmente no que se refere a espécies, ecossistemas e biomas. Entretanto, não resta dúvida de que as ações desse programa ofereceram conjuntos de dados maiores e mais consistentes para serem utilizados por diferentes áreas da ciência e setores da sociedade. As coletas padronizadas, a identificação de materiais biológicos depositados em coleções de plantas, animais e fungos, além da digitalização e disponibilização de dados dos espécimes de coleções e daqueles coletados em campo foram ações do PPBio que colaboraram para a maior qualificação dos acervos.

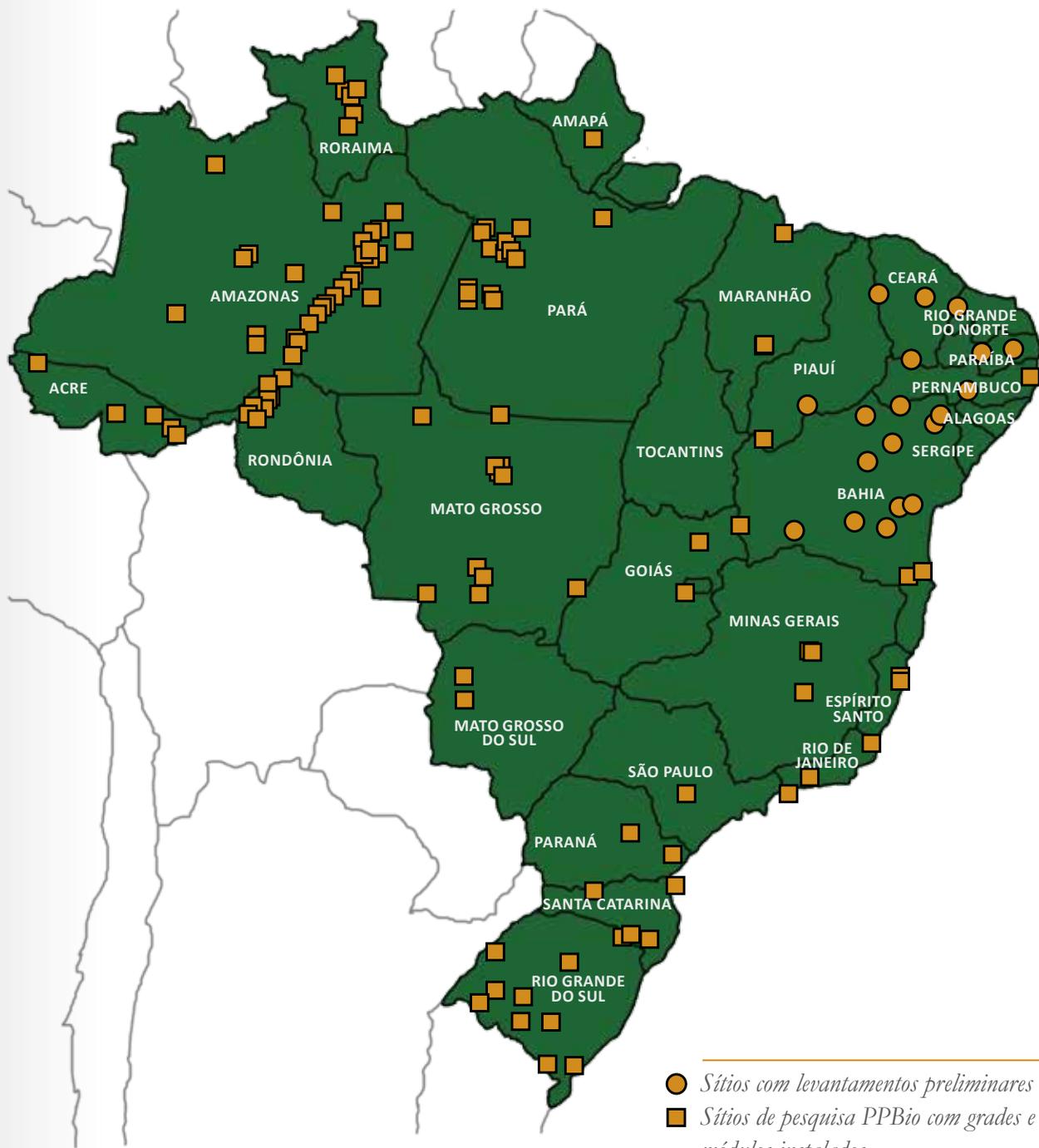
A análise de dados de espécimes em coleções *online* é usualmente utilizada para indicar áreas nas quais são necessários mais estudos. Esses dados são também cotidianamente utilizados por estudantes e cientistas que lidam com taxonomia de diferentes grupos biológicos, com biogeografia, com modelos preditivos e muitos outros ramos da ciência. Nesse contexto, as atividades realizadas pelas diferentes redes do PPBio junto a universidades, institutos de pesquisa e outras instituições e organizações, especialmente aquelas mais distantes de grandes centros, merecem destaque. Essas atividades incluem a capacitação de pessoal local, técnicos e biólogos para definição de áreas amostrais e métodos amostrais; coleta e identificação de diferentes grupos taxonômicos; coleta de dados ambientais; de solos e serapilheira, entre outras. Todas elas seguem protocolos bem delineados por especialistas do programa e testados por diferentes equipes em campo, e colaboram para a diminuição das lacunas de conhecimento sobre a biodiversidade brasileira.

Um feito que merece destaque foi o desenvolvimento, por pesquisadores do PPBio, de uma metodologia de coleta de dados em campo, atualmente amplamen-

te utilizada, que permite avaliações paisagísticas e ecossistêmicas em sítios de pesquisa definidos para serem monitorados em programas de longa duração. Para desenvolver essa metodologia, os pesquisadores debruçaram-se sobre dados de coleções, esforço de coleta e variáveis ambientais, buscando relacionar essas informações com dados ambientais derivados de sensoriamento remoto e da experiência de trabalho em campo, entre outros.

A metodologia ficou conhecida como sistema Rapeld, por ser adequada para uso em pesquisas ecológicas de longa-duração (componente Peld) e, ao mesmo tempo, permitir inventários rápidos (componente RAP) da biodiversidade para, por exemplo, ações de planejamento do uso da terra.

Ao longo dos últimos dez anos, o PPBio apoiou a instalação de cerca de 90 sítios de pesquisa com a metodologia Rapeld, a maioria em áreas que anteriormente eram carentes de pesquisa ou nas quais os dados obtidos eram dispersos ou de difícil ou impossível integração. Muitos desses sítios foram planejados também para servirem como locais de treinamento para a população e para a realização de cursos de campo direcionados a alunos de graduação, mestrado e doutorado.



O sistema Rapeld também foi usado para a instalação de sítios de pesquisa no Nepal e na Austrália, além de ter atendido a necessidades de órgãos de diferentes ministérios brasileiros. Sua aplicação atualmente é exigida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) em estudos de impacto ambiental para a instalação de usinas hidroelétricas na Amazônia, e pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB) para o monitoramento de novas concessões florestais na mesma região. Em 2012, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), foi lançado “*The Rainforest Standard*”, o primeiro padrão para projetos de créditos de carbono que considera requerimentos para avaliação de carbono, impactos socioculturais e socioeconômicos, e efeitos na biodiversidade. O padrão sugerido para os estudos da biodiversidade foi o Rapeld.

O sistema Rapeld também parece ser uma boa solução para um dos problemas das avaliações de impactos: o fato de os dados geralmente serem coletados sem padronização espacial, dificultando a comparação entre diferentes estudos. Graças ao emprego de análises simples, o uso do Rapeld resulta em uma avaliação rápida

de prováveis efeitos de empreendimentos que afetam a biodiversidade, além de facilitar a tomada de decisões sobre atividades de compensação ambiental que, se adiadas, podem atrasar a obra e causar prejuízos econômicos.

Obviamente, decisões dependem de muito mais que informações sobre a biodiversidade. Por isso, pesquisadores do PPBio continuam o trabalho de desenvolver protocolos que maximizem a capacidade de tomada de decisões sem estender os processos burocráticos. Essa busca de soluções é realizada em parceria com instituições governamentais, como o Ibama e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICM-Bio), e com o setor privado.

Quem se beneficia da biodiversidade?

Muitas vezes o uso da biodiversidade por um segmento da sociedade afeta outros segmentos. Um exemplo é o uso de recursos madeireiros pelo setor agropecuário, especialmente quando, para maximizar lucros, os fazendeiros desmatam as zonas ripárias. Nesses casos, os ganhos para cada fazendeiro são modestos, mas os efeitos cumulativos de perda da capacidade da paisagem em captar e armazenar a água da chuva são enormes, agravando crises

hídricas e energéticas causadas por variações climáticas.

As relações ficam ainda mais complexas se considerarmos que algumas vezes o setor agropecuário usa os lucros da extração de madeira para financiar o desmatamento e a criação de pasto no sul da Amazônia. A perda da floresta afeta o processo de transporte de água, na forma de nuvens, sobre o continente, aumentando a intensidade de períodos de seca em regiões de produção agrícola do país e prejudicando o abastecimento de água e energia em centros industriais. Uma diminuição de 1% no nível de água do sistema Cantareira, no Sudeste, por exemplo, pode custar ao país bilhões de reais de prejuízo por dia.

Alternativas econômicas precisam ser oferecidas para compensar as pessoas dos locais onde atividades com impacto para a biodiversidade são renunciadas. Opções viáveis dependem do contexto da região, mas podem incluir o aumento do valor da madeira para justificar extração em ciclos sustentáveis, a exploração de produtos não madeireiros, o uso sustentável da fauna, ou a compensação através do mercado de carbono. Muitas iniciativas desse tipo estão sendo investigadas. O ponto crucial é que estejam inseridas em programas

que visem a gestão territorial e não somente a maximização de lucros para um segmento da economia.

As diversas populações tradicionais que fazem uso da biodiversidade são atores igualmente importantes nesse cenário e o Brasil vem dando crescente atenção à ligação entre sociodiversidade e biodiversidade. Diferenças entre povos indígenas, por exemplo, muitas vezes refletem suas adaptações às condições bióticas locais. O mesmo se aplica às comunidades quilombolas, aos ribeirinhos e a outros povos tradicionais não indígenas. Essas populações, assim como produtores rurais de pequena escala, utilizam recursos de vida silvestre ou de pesca para diversos fins, como para suplementar a dieta. Algumas estão também envolvidas em atividades de desenvolvimento sustentável respaldadas por pesquisas científicas — como a pesca do pirarucu na várzea amazônica, exemplo de sucesso.

Mas, ainda há muito o que pesquisar sobre a sustentabilidade de diversas outras atividades. Entre os exemplos promissores destacam-se o cultivo de espécies nativas para a produção de frutas, sementes e tubérculos; o cultivo de flores para uso paisagístico; o uso de espécies nativas para controle biológico de pragas e como me-



Curso sobre Instalação e coleta de dados em módulos Rapeld, realizado na Ilha Grande, Rio de Janeiro

dicinais, além do uso de espécies nativas em sistemas agroflorestais. Iniciativas de produção sustentável desses itens têm estreitado as relações entre a comunidade científica, as comunidades locais e tradicionais e o setor produtivo. As parcerias buscam, particularmente, desenvolver iniciativas com cultivos que não necessitam do desmatamento de grandes áreas. Entretanto, considerando a riqueza de espécies nativas da flora do país, este potencial pode ser multiplicado caso o leque de pesquisas seja ampliado.

Biodiversidade e saúde

Nem todo elemento da biodiversidade é positivo para o desenvolvimento humano. Animais podem ser vetores de doenças emergentes, caso das capivaras e a febre maculosa, em São Paulo; espécies selvagens podem transmitir doenças para animais domésticos, como no caso de morcegos hematófagos e a raiva. É preciso estudar não só o processo de transmissão entre hospedeiros, mas também o ambiente onde esse processo ocorre e as relações entre seus organismos.

Muitas doenças resultam de mudanças na paisagem e envolvem interações complexas. A manipulação planejada da biodiversidade na paisagem pode ser usada, por exemplo, para evitar ou diminuir problemas como a proliferação de vetores. O uso dessa estratégia configura-se como uma alternativa mais eficaz e menos dispendiosa do que programas para controlar ou curar doenças por intervenções diretas — além de causar menos sofrimento e perdas às populações humanas.

Também é preciso considerar que, em muitos casos, o conhecimento da biodiversidade é insuficiente para identificar os vetores de doenças sem o uso de técnicas avançadas — é necessário usar taxonomia molecular para distinguir os principais vetores de leishmaniose, por exemplo. Existem variedades genéticas entre indivíduos de uma mesma espécie que podem fazer com que eles difiram no seu potencial de atuação como vetores de doenças. A integração de estudos sobre vetores e doenças ao trabalho de campo de pesquisadores que lidam com a diversidade biológica poderia aumentar as informações sobre diversas doenças e permitir ações direcionadas antes do problema se manifestar clinicamente.

Educação sobre a biodiversidade

Em áreas como a matemática e a física, a maior parte do conhecimento reside nos acadêmicos. Em contraste, detentores de conhecimento sobre a biodiversidade muitas vezes são pessoas de comunidades tradicionais, agricultores ou pequenos comerciantes com pouco acesso à educação formal. Em uma educação voltada para a valorização e o respeito à biodiversidade, o repertório de saberes e práticas dessas pessoas e comunidades deve ser valorizado, seus detentores passando a integrar grupos de trabalhos e projetos. Práticas desse tipo trazem ganhos para todos os envolvidos, oferecendo uma oportunidade de compartilhamento e aprendizagem para comunitários, estudantes e cientistas.

Diferentes redes do PPBio incluem em seus projetos atividades educacionais visando a inclusão social e a capacitação técnica de pessoas de comunidades tradicionais e locais. A participação dessas pessoas também fornece aos pesquisadores um melhor entendimento de processos ecológicos, uma vez que elas lidam com tais processos no dia a dia em seus locais de moradia ou trabalho. Essas atividades educacionais são também oportunidades para a socialização do conhecimento local

especialmente importantes para os jovens, pois configuram mais um momento no qual podem aprender com conhecedores de suas comunidades, ajudando na perpetuação do saber tradicional.

O PPBio também tem contribuído diretamente com atividades de formação acadêmica. O primeiro sítio Rapeld no Pantanal, por exemplo, foi instalado com o intuito de ser um local para aulas de campo e promoção de estudos integrados entre os docentes do curso de ecologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Uma das metas era dobrar o número de publicações dos docentes num período de três anos. Efetivamente, o número de publicações quadruplicou no período.

Já o sítio Rapeld mais antigo, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, em Manaus, foi instalado em 2000 com recursos do Ministério da Educação através do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD). O local abriga cursos técnicos e acadêmicos, tendo se tornado o sítio de pesquisa com mais estudos realizados em toda a região da Amazônia e dos Andes. O desenvolvimento das atividades no mais novo sítio Rapeld apontam na mesma direção: instalado em 2014 numa porção de Mata Atlântica em Ilha Grande, litoral do Rio

de Janeiro, o sítio está consolidando uma dinâmica produtiva de cursos e pesquisas com alunos de graduação, mestrado e doutorado de diferentes instituições da região Sudeste.

Educação sobre biodiversidade também é essencial para lidar com temas polêmicos, como biopirataria. Ao longo dos anos, ficou claro que a educação de populações locais, especialmente daquelas que habitam zonas de fronteiras, de modo que entendam seus direitos e deveres em relação à biodiversidade, é muito mais eficaz para proteger a biodiversidade que apenas ações de fiscalização, especialmente num país que cobre mais da metade da América do Sul. Iniciativas bem-sucedidas de conservação dependem da adesão e engajamento da sociedade local. Sem a compreensão dos aspectos benéficos que a biodiversidade produz no dia a dia de cada cidadão, as populações que habitam o entorno de áreas protegidas têm dificuldade de aderir às iniciativas de conservação.

Projetos vinculados às redes PPBio, realizados em estreita colaboração com o ICMBio e órgãos estaduais, têm buscado desenvolver atividades de modo a ampliar a compreensão sobre os efeitos da perda



Pesquisadores do PPBio em Cerro do Jarau, Quaraí, RS

da biodiversidade na deterioração da qualidade de vida, na saúde e na economia das comunidades locais. Com frequência, pessoas dessas comunidades participam de oficinas, cursos e exposições, e de atividades de campo que buscam capacitá-las para ações que gerem trabalho e renda.

A zona mais sensível para ações envolvendo comunidades locais é aquela que compreende as terras dentro dos cerca de 11.200 km de fronteiras internacionais da Amazônia brasileira, uma das regiões menos conhecidas pela ciência

formal. O desenvolvimento de atividades de pesquisa, uso e conservação da biota nessas regiões deve ser feito com a aprovação e colaboração das forças armadas, além dos povos indígenas e agricultores que a habitam. O Ministério da Defesa apoia iniciativas de estudo da biodiversidade nessas regiões, como o Projeto Fronteiras, e, desde 2015, o Comando Militar da Amazônia está promovendo, em parceria com instituições de pesquisa, o programa Oceano Verde, que apoia a pesquisa, o desenvolvimento

sustentável e a fixação de pesquisadores nestas zonas.

Integração para melhores resultados

Ecosistemas saudáveis, além de belos, são a base de toda a vida, garantem o ar limpo, a água usada nos plantios e no cotidiano, além de muitos outros dos chamados serviços ambientais. A biodiversidade, por sua vez, é afetada e afeta processos ecossistêmicos, como os ciclos de água, carbono e nitrogênio, e os fluxos de minerais e poluentes.

Em busca de um melhor entendimento das intrincadas relações entre esses processos, o PPBio trabalhou entre os anos de 2009 e 2014 junto com o Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) e com a Rede Geoma no Projeto Cenários. O resultado foi extremamente positivo. Os coordenadores das iniciativas entendem que não é possível estudar processos sem considerar os organismos que os geram. O Projeto Cenários foi importante em muitos aspectos, mas uma de suas principais conclusões foi que ainda é preciso superar o desafio imposto

pela falta de ações estratégicas para manter a infraestrutura necessária para pesquisa de longo prazo.

Outro grande desafio, não só da pesquisa sobre biodiversidade, mas da ciência de modo geral, é garantir que os dados obtidos nos estudos não sejam desperdiçados. Por isso, desde a sua concepção o PPBio tem se preocupado com o armazenamento e a disponibilização dos dados coletados e gerados por suas redes, sendo um dos poucos programas governamentais com uma política de dados explícita⁴. O PPBio também foi responsável pela criação de um repositório de dados ecológicos que, apesar dos poucos recursos disponíveis, é atualmente o maior da América do Sul, além de estar interligado a redes internacionais, sendo, por exemplo, um dos nós da rede “*Data One*”, uma das principais iniciativas mundiais para interligação e interoperabilidade de repositórios de dados.

Recentemente, o MCTI, com financiamento do Fundo Mundial para o Meio Ambiente (GEF), desenvolveu um sistema de gerenciamento de dados sobre a biodiversidade chamado Sistema de Infor-

4 A Portaria nº 693, do MCTI, de 20 de agosto de 2009, publicada no Diário Oficial da União, seção 1, n. 160, p 8-9, Institui, no âmbito do Programa de Pesquisa em Biodiversidade - PPBio, a Política de Dado política de dados https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/politica_dou.pdf

mação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr)⁵. O envolvimento do GEF e o porte do investimento aplicado são indicativos da importância dada ao tema para o desenvolvimento do país. Prestigiando o trabalho realizado, o SiBBr adotou, de forma conjunta, sistemas de armazenamento e recuperação de dados desenvolvidos tanto pelo PPBio como por outros programas e projetos no país, tornando as informações acessíveis, de forma unificada, no site do projeto lançado em 2014.

A garantia da manutenção a longo prazo de iniciativas como o SiBBr é uma preocupação para todos os envolvidos com a conservação da biodiversidade e deve ser examinada criteriosamente. É também de extrema importância garantir fontes de financiamento de mais longo prazo para as diferentes atividades relacionadas à gestão e produção de conhecimento sobre a biodiversidade.

O PPBio busca ver e tratar a biodiversidade de forma abrangente, sendo essencial a manutenção dos recursos que permitam sua atuação, especialmente para tópicos estratégicos, como os estudos das dimensões sociais e econômicas da biodiversidade. A falta de continuidade não faz sentido

para qualquer programa estratégico para o país. O esforço dos pesquisadores e o apoio de institutos de pesquisa e universidades, e mesmo de financiadores internacionais, têm sido a base para as atividades do PPBio. No entanto, cada sucesso do programa gera mais demandas. É preciso garantir a continuidade para que os resultados tragam benefícios para a sociedade a longo prazo.

O futuro da biodiversidade

O Brasil está entre os países que detém alta diversidade biológica — chamados de países megadiversos —, abrigando em seu território cerca de 20% das espécies vivas conhecidas em todo o mundo. O país tem, portanto, papel decisivo e de vanguarda na geração de conhecimento sobre as espécies e os ecossistemas que possibilitem o uso sustentável e a conservação dessa imensa riqueza.

Documentos oriundos de diferentes convenções e reuniões internacionais, realizadas principalmente ao longo dos anos 2000, têm expressado preocupação com a persistência e a velocidade dos impactos negativos sobre espécies e sistemas ecológicos responsáveis pelo fornecimento de bens e serviços indispensáveis para a

5 www.sibbr.gov.br

humanidade. Os padrões atuais de produção, consumo e ocupação do solo geram impactos negativos sobre as espécies e os ambientes onde elas vivem, e o futuro das nações depende, cada vez mais, da solução de uma equação onde a saúde e a riqueza dos ecossistemas são variáveis que assumem importância crescente.

Embora o Brasil e todos os outros países signatários da CDB não tenham desenvolvido capacidades e habilidades suficientes para o cumprimento do conjunto de metas estabelecidas pela convenção para serem alcançadas em 2010, há indicativos de soluções para o alcance das metas pactuadas para 2020. No Brasil, entre os avanços destacam-se: o aumento da produção de conhecimento nas chamadas ciências da biodiversidade; a maior aproximação entre a ciência e a sociedade; o estabelecimento e manutenção de unidades de conservação em níveis federal, estadual e municipal e o estabelecimento de conselhos nessas unidades com a participação de gestores, cientistas e moradores das comunidades locais, entre outros atores; a elaboração de legislação ambiental e outras normas a partir de discussões com a sociedade; e o investimento em

programas de pesquisa e na capacitação de pessoal, especialmente pelos governos federal e estaduais, mas também por empresas e outras organizações.

Entretanto, são necessários ainda muitos esforços para superar o desafio do alcance das Metas Nacionais de Biodiversidade para 2020, estabelecidas pelo governo brasileiro em sintonia àquelas definidas pela CDB para 2011-2020. O alcance de tais metas é um enorme desafio considerando a megadiversidade que o país abriga e a pressão direta que o modelo atual de desenvolvimento econômico impõe.

O PPBio, um programa do MCTI, desde a sua criação, há 11 anos, procura desenvolver atividades de forma articulada com diferentes atores envolvidos com a biodiversidade, um trabalho que resultou em produtos de interesse tanto para o MCTI, como para os Ministérios da Saúde, Educação, Meio Ambiente, Defesa, Agricultura e Pecuária e Abastecimento. Descobertas feitas pelos pesquisadores do programa são importantes para a segurança hídrica, alimentar e energética, e contribuem para a saúde da população e com questões de soberania nacional.

Entretanto, ainda são necessários muitos mais esforços e muitos outros grupos de

cientistas e estudantes trabalhando em redes para geração de conhecimento. É preciso mais recursos financeiros e materiais para possibilitar a aceleração e o aprofundamento do conhecimento, bem como o desenvolvimento de atividades que levem ao entrelaçamento mais efetivo dos atores com diferentes competências, como gestores e tomadores de decisão atuantes nas áreas do meio ambiente, agricultura, produção de energia e saúde, entre outros.

A participação cada vez maior dos produtos diretos e indiretos da diversidade biológica na economia mundial obriga-nos também a considerar estes recursos do ponto de vista do planejamento estratégico. A biodiversidade, além de um recurso econômico, reflete a diversidade cultural do país e faz parte de sua identidade. Investir em conhecer e usar adequadamente a biodiversidade no presente é garantir um futuro melhor para todos.

SUGESTÕES DE LEITURA

Para melhor entender o contexto no qual o PPBio foi estabelecido, é esclarecedora a leitura do texto de Ione Egler, “Desenvolvimento de Políticas e Programas de Biodiversidade no Âmbito do Ministério de Ciência e Tecnologia”, disponível em <http://bit.ly/1JgMzFX>. Para conhecer a variedade de temas tratados pelas redes PPBio, consultar os trabalhos apresentados no I Simpósio da Rede Mata Atlântica, realizado 2015 disponíveis em <http://www.ppbioma.uerj.br/>. A descrição e um pouco da história de desenvolvimento do método RAPELD pode ser encontrado em <https://ppbio.inpa.gov.br/metodos/rapeld>. Entre as muitas publicações, há quatro livros, disponibilizados gratuitamente, que trazem informações preciosas sobre pesquisas integradas realizadas pelo programa: “Artrópodes do Semiárido: Biodiversidade e Conservação”, disponível em <http://bit.ly/1ZLsizD>; “Biodiversidade e Monitoramento Ambiental Integrado”, disponível em <http://bit.ly/1V77E6j>; “Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação”, disponível em <http://bit.ly/1Kq2mNx>; e “Os Campos do Sul”, encontrado em <http://bit.ly/1QmK1aC>. Há também um vasto acervo de vídeos, fotografias, listas de espécies, protocolos, artigos e livros publicados pelo PPBio disponível nas páginas das redes do programa que estão indicadas ao final de cada capítulo das redes neste livro.

A IMPORTÂNCIA DA BIODIVERSIDADE: O EXEMPLO DOS FUNGOS

Muitas vezes os elementos da biodiversidade menos visíveis são os mais importantes para a manutenção de aspirações da sociedade. Os fungos são um bom exemplo. A diversidade de fungos é incrível e o Brasil tem destaque em alguns grupos desses organismos. Os campos rupestres dos Cerrados, por exemplo, concentram 25% da riqueza mundial de fungos micorrízicos conhecidos.

A maioria das espécies de plantas lenhosas precisa formar associações com fungos para aproveitar os nutrientes no solo. Esses fungos, chamados micorrizas, são muito importantes para a produção de mudas de espécies comerciais, e agrônomos e engenheiros florestais sabem que o conhecimento sobre essas espécies é essencial para manter a produtividade de lavouras e florestas de produção.

Os não especialistas, por sua vez, somente reconhecem os fungos quando estes produzem seus corpos de frutificação — os maiores deles conhecidos como cogumelos. Mas a maior parte dos fungos está escondida no solo ou nos corpos de outros seres vivos na forma de fibras microscópicas. Muitas vezes, portanto, os fungos passam despercebidos. Curiosamente, o maior organismo conhecido atualmente é um fungo descoberto nos Estados Unidos apenas no ano 2000. Trata-se de um fungo que cobre quase nove km², o equivalente à área de quase 1.100 campos de futebol!

A diversidade de fungos ainda é tão desconhecida que uma nova espécie foi descoberta em 2014 no meio de uma cidade de dois milhões de habitantes. A descoberta, feita por pesquisadores do PPBio em um pequeno toco de árvore em um gramado dentro do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em Manaus, rendeu à espécie o nome de *Geastrum inpaense*, uma homenagem ao local improvável onde foi encontrado. Não existe estimativa do número de espécies de microrganismos esperando para serem descobertas em regiões menos povoadas.

Algumas espécies de fungos, porém, fazem parte do dia a dia de diferentes populações. Os índios Yanomami, por exemplo, sempre incluem fungos na dieta durante suas migrações sazonais. A frequência desses deslocamentos tem diminuído devido à disponibilidade de centros de saúde e outros serviços em pontos estratégicos, mas os indígenas querem manter os fungos na sua dieta, ou até comercializar parte da coleta. Como a quantidade disponível pode não suportar a colheita, eles solicitaram apoio do PPBio



Pesquisadores do PPBio e os chefs Felipe Schaedler e Alex Atala com os fungos *Geastrum inpaense* e *Geastrum echinulatum*

para desenvolver técnicas de armazenamento e cultivo das espécies que ajudem a garantir sua segurança alimentar.

Outros segmentos da sociedade querem usar os fungos. O PPBio trabalha em colaboração com *chefs* de cozinha reconhecidos, como Alex Atala e Felipe Schaedler, para introduzir os fungos brasileiros no cardápio de restaurantes do país inteiro. Essa pesquisa envolve ainda os produtores de castanha-do-Brasil, pois busca desenvolver um sistema que usa os galhos descartados na produção da castanha para o cultivo de fungos que atendam as necessidades do mercado.

Os fungos também são fontes de substâncias que podem ser usadas para combater doenças. O caso mais conhecido é a penicilina, antibiótico que revolucionou a medicina e que é produzido a partir de um fungo do mesmo gênero do bolor de pão. O potencial para novas descobertas nos campos da farmacologia e biotecnologia é enorme e os pesquisadores do PPBio estão trabalhando em colaboração com instituições para isolar e descrever substâncias que possam ser usadas para fabricação de remédios, entre outros usos. A hipnofilina é um desses compostos. Conhecida por sua atividade *in vitro* contra protozoários causadores de doenças como malária, Chagas e leishmaniose, o composto foi isolado de um cogumelo comestível nativo da Amazônia.



Barba-de-bode (*Aristida uruguayensis*) em campos da Campanha sobre solos profundos, em Aceguá, RS

CAMPOS SULINOS

A BIODIVERSIDADE NA IMENSIDÃO DOS CAMPOS DO SUL DO BRASIL



Valério De Patta Pillar
Eduardo Vélez-Martin
Gerhard E. Overbeck
Ilsi Iob Boldrini

"A estrada estendia-se deserta; à esquerda os campos desdobravam-se a perder de vista, serenos, verdes, clareados pela luz macia do sol morrente, manchados de pontas de gado que iam se arrolhando nos paradosouros da noite; à direita, o sol, muito baixo, vermelho-dourado, entrando em massa de nuvens de beiradas luminosas." *Simões Lopes Neto em seu conto Trezentas Onças*

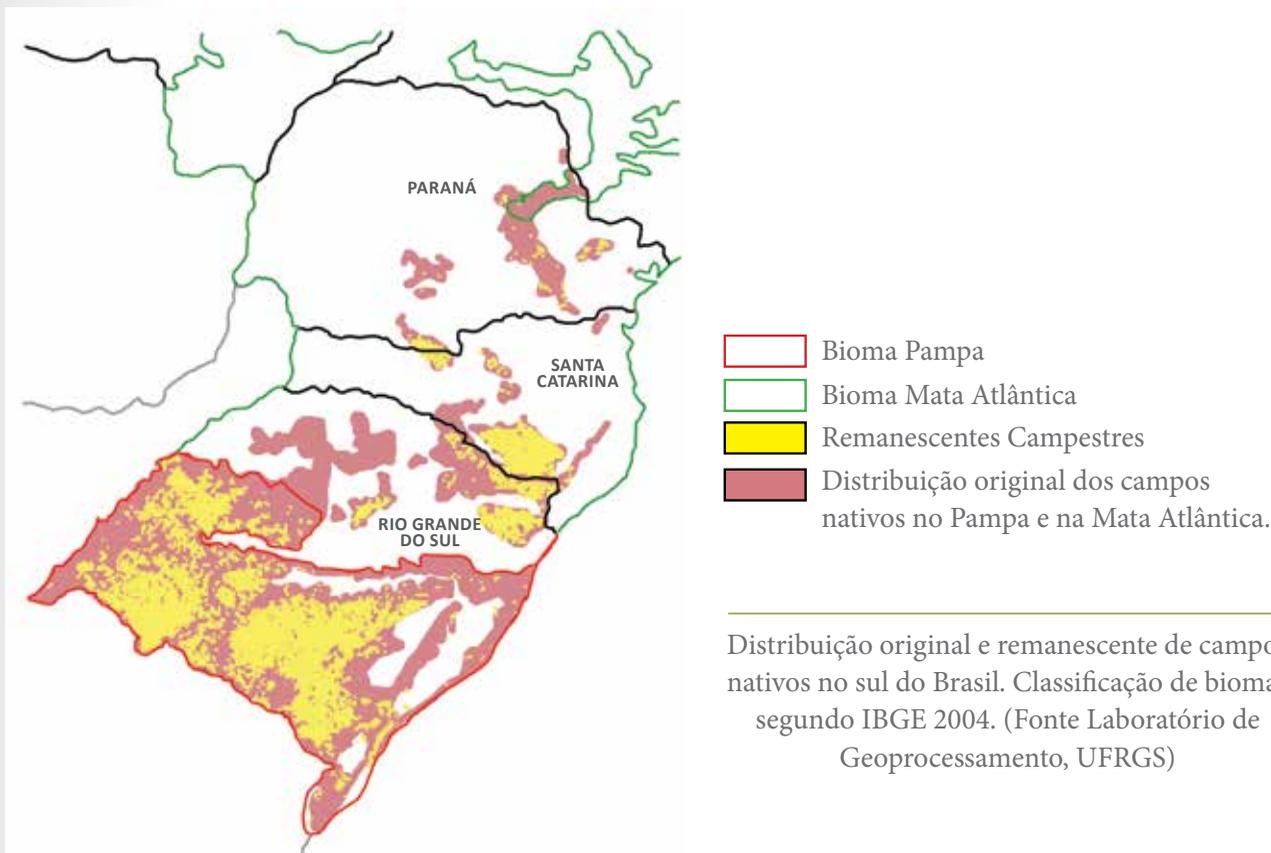
Os Campos Sulinos estão situados em uma grande região dominada por ambientes campestres no sudeste da América do Sul, englobando a parte sul do Brasil, o Uruguai e grande parte do norte da Argentina, onde são chamados de *Pastizales del Rio de La Plata*. No Brasil, fazem parte de dois biomas: Pampa e Mata Atlântica. Um grande número de espécies vegetais, incluindo algumas das mais abundantes, ocorrem nos campos em ambos os biomas, o que justifica usar Campos Sulinos para se referir aos campos da região como um todo. Em alguns locais, os campos predominam ou predominavam antes de sua transformação em pastagem e áreas de cultivo, enquanto noutros, formam mosaicos com florestas que, muitas vezes, ocupam as margens dos rios.

CLIMA E RELEVO

O clima da região dos Campos Sulinos é subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca. Nas partes mais altas, ocupadas pelo bioma Mata Atlântica, os verões são mais frios (a média de temperatura varia entre 19,7 °C e 22,7 °C) e na sua borda leste a precipitação é maior, com 1.500 mm a 2.200 mm anuais bem distribuídos ao longo do ano. Já nos locais de menor altitude, ocupados pelo bioma Pampa, a amplitude térmica anual é maior (média de 21,5 °C) e a precipitação é de 1.200 mm a 1.450 mm por ano, diminuindo em direção ao sul e ao interior do continente, com episódios recorrentes, curtos e localizados, de seca no verão.

BIODIVERSIDADE

Nas áreas campestres dos Campos Sulinos são encontradas, somente no Rio Grande do Sul, cerca de 2.600 espécies de plantas, muitas delas endêmicas. A fauna também é diversificada, ainda que muitas espécies não sejam exclusivamente campestres. São conhecidas 92 espécies de mamíferos, das quais 29 são exclusivamente campestres, e cerca de 95 espécies de aves campestres. Já foram registradas 158 espécies de répteis e 84 de anfíbios. A fauna de invertebrados ainda é pouco conhecida, mas já foram identificadas 28 ordens de artrópodos, que incluem espécies de percevejos, formigas, abelhas, besouros, aranhas, gafanhotos e borboletas. Esses organismos constituem uma teia complexa de relações que asseguram a integridade das paisagens campestres e de seus serviços ambientais.



Distribuição original e remanescente de campos nativos no sul do Brasil. Classificação de biomas segundo IBGE 2004. (Fonte Laboratório de Geoprocessamento, UFRGS)

Os Campos Sulinos estão na raiz econômica, social e cultural da região Sul do Brasil. A imensidão das paisagens abertas, com sua vegetação baixa que permite ver o horizonte, é elemento essencial da identidade e do sentimento de pertencimento para grande parte da população local. Até há poucas décadas, esses ecossistemas predominavam na região. Entretanto, no ano 2002, a transformação dos Campos Sulinos do Rio Grande do Sul em lavouras e plantações de árvores já havia chegado a 50% de sua área de distribuição original. Estima-se que atualmente restem menos de 40%. No

caso dos Campos Gerais do Paraná, os remanescentes campestres totalizam menos de 10% da distribuição original.

Além da perda de habitat, esse processo resulta na fragmentação dos ecossistemas, o que aumenta o risco de extinção de plantas e animais silvestres. A conversão de campos nativos em lavouras, em silvicultura ou em pastagens cultivadas implica na retirada da cobertura vegetal nativa pelo uso de herbicidas ou pelo revolvimento do solo e sua substituição por um agroecossistema simplificado. Mesmo que algumas espécies de animais consigam so-



Campos de altitude no Parque Nacional da Serra Geral, em Cambará do Sul, RS

breviver após a substituição, a maioria se extingue localmente.

A supressão da vegetação desestabiliza ou colapsa a complexa rede de interações entre organismos que mantém importantes processos ecológicos e os serviços ambientais que deles decorrem. O risco é agravado quando a supressão ocorre em grandes áreas contínuas, sem a manutenção de refúgios e de corredores para conexão entre remanescentes de vegetação nativa. Além das perdas imediatas de biodiversidade, a conversão dos campos pode favorecer a invasão por espécies exóticas, como o capim-annoni (*Eragrostis plana*), outra ameaça à integridade dos campos nativos.

Mesmo com todas essas consequências, a perda dos Campos Sulinos tem sido negligenciada, entre outros fatores, porque esses campos são, frequente e erronea-

mente, identificados como resultantes de desmatamento.

Campos nativos são diferentes de pastagens cultivadas. Estas geralmente são formadas por espécies exóticas, têm um número pequeno de espécies, e sua implantação envolve a retirada da vegetação nativa. Já os campos nativos caracterizavam grande parte do sul do Brasil bem antes da expansão das formações florestais, ocorrida há cerca de três mil anos.

A história ambiental dos campos é conhecida a partir de estudos do pólen encontrado em turfeiras — cuja formação teve início há 40 mil anos e prossegue até os dias de hoje — e da análise de fósseis de animais pastadores, que indicam que desde há cerca de 35 milhões de anos a região tem sido caracterizada por paisagens abertas ou por mosaicos de campos



e florestas. Com a introdução do gado, no século 17, a vegetação nativa campestre passou a ser usada como pastagem.

Pesquisas realizadas pela Rede Campos Sulinos, especificamente no projeto Pesquisas Ecológicas de Longa Duração-Campos Sulinos (PELD Campos Sulinos), têm indicado que esse uso pastoril, em geral, preserva a vegetação nativa e é essencial para manter paisagens abertas e com alta biodiversidade. Isso acontece porque, ao pastar, o gado realiza um papel ecológico que já foi dos grandes mamíferos herbívoros que ocupavam a região no passado, e que foram extintos há cerca de 10.000 anos. Assim, a adoção de boas práticas de manejo permite aliar, na mesma área, ganhos significativos de produtividade, rentabilidade econômica da atividade pastoril e conservação da biodiversidade ca-

racterística desses ecossistemas. Ou seja, é possível ter desenvolvimento econômico e social a partir da conservação da vegetação nativa.

Os ganhos são maiores se for considerado que os Campos Sulinos, quando preservados, garantem serviços ambientais que beneficiam toda a sociedade. Entre os benefícios estão a provisão de água, uma vez que os principais rios da região nascem em áreas que são, ou eram, campos; a mitigação de mudanças climáticas, pois ecossistemas campestres propiciam o acúmulo de grandes estoques de carbono no solo; e a manutenção da beleza cênica, um potencial turístico ainda pouco explorado.

A diversidade dos campos

Os Campos Sulinos englobam campos com aparências distintas, determinadas



Campos da Serra do Sudeste, em Bagé, RS

principalmente pelas diferenças no clima, no solo e no manejo. Cada fisionomia é classificada principalmente pelo grau de cobertura do solo, pela altura do estrato herbáceo (gramíneas e outras ervas), e pela presença ou ausência de árvores e arbustos em meio a essa vegetação baixa. Há ainda diferenças na composição da fauna. Muitas espécies de aves, por exemplo, têm adaptações físicas e comportamentais para a vida em campos com vegetação baixa, enquanto outras dependem de locais com vegetação campestre densa e alta. Entretanto, pesquisas a respeito das relações entre vegetação e fauna em escala regional ainda são objeto de análise por pesquisadores.

Os campos dos biomas Pampa e Mata Atlântica apresentam muitas semelhanças em suas fisionomias e respostas ao manejo pastoril, mas diferem quanto à origem e

ocorrência de algumas espécies vegetais, e quanto ao clima predominante. As diferenças climáticas influenciam a composição vegetal: enquanto plantas indicadoras de clima mais temperado são mais frequentes em direção ao sul, a combinação de menos chuva com períodos mais secos no verão resulta no aumento, de leste a oeste, da frequência de espécies adaptadas à seca.

Há também espécies vegetais com distribuição geográfica ampla, mas que respondem a variações locais de solo e da posição no relevo. Além disso, em quase todas as fisionomias campestres ocorrem ambientes extremos, como afloramentos rochosos e áreas úmidas com acúmulo de matéria orgânica, as turfeiras. Cactos, bromélias e orquídeas caracterizam sítios rochosos, enquanto esfagnos e ciperáceas caracterizam as turfeiras, que apresentam



também plantas carnívoras, indicadoras de baixa disponibilidade de nutrientes.

Manejo e conservação

Clima, solo e relevo influenciam a distribuição das espécies numa escala regional, mas cada ecossistema campestre tem uma dinâmica natural singular, associada à ocorrência de determinados níveis de perturbação pelo gado ou pelo fogo. Esses distúrbios são importantes, pois promovem a renovação dos processos de sucessão, no qual espécies diferentes ocupam o ambiente conforme o tempo passa, impedindo que ele seja dominado por poucas espécies competitivamente superiores.

Avaliações feitas pelo projeto PELD Campos Sulinos encontraram influência positiva dos distúrbios sobre a diversidade de plantas e artrópodes, em relação a situa-

ções sem pastejo ou fogo, indicando a importância dessas perturbações para a conservação da biodiversidade dos campos. Esses resultados demonstram a necessidade de manter um regime de distúrbios também nos campos nativos localizados em áreas protegidas, como unidades de conservação, Reservas Legais ou Áreas de Preservação Permanente, desde que sejam adotadas boas práticas de manejo. Entretanto, a adoção desse tipo de manejo em áreas campestres de unidades de conservação ainda é tabu no Brasil.

O pastejo por grandes animais não é um fenômeno estranho à evolução dos campos. Há evidências de que muitos animais pastadores coevoluíram com espécies de gramíneas na América do Sul desde o Oligoceno, há cerca de 35 milhões de anos. Além disso, análises de DNA indicam que

os cavalos do gênero *Equus*, extintos na América do Sul ao final do Pleistoceno, há cerca de 10 mil anos, pertencem à mesma espécie do cavalo doméstico. A presença de animais pastadores modifica a estrutura da vegetação pela seleção entre plantas palatáveis e não palatáveis e pelo pisoteio, criando uma diversidade de habitats que permite a ocorrência de maior número de espécies da fauna. As queimadas, por sua vez, têm ocorrido nos campos desde cerca de 12 mil anos antes do presente, provavelmente por conta da ação humana, pois esse período coincide com a chegada dos primeiros grupos humanos à região.

Fogo e pastejo estão negativamente associados: onde o pastejo é suprimido a vegetação se torna mais inflamável e as queimadas tendem a apresentar maior extensão e intensidade, enquanto áreas

manejadas adequadamente com pastejo são menos inflamáveis. Portanto, o manejo pastoril adequado reduz a necessidade de queimadas e também os riscos de queimadas catastróficas, o que é de especial relevância para algumas espécies da fauna e também para as unidades de conservação.

Embora o uso pastoril dos Campos Sulinos seja importante do ponto de vista econômico e ecológico, frequentemente a não adoção de boas práticas de manejo dessa atividade pode levar à depauperação desses ecossistemas e facilitar a invasão por espécies exóticas.

O futuro dos Campos Sulinos

Estima-se que existam cerca de 8,7 milhões de hectares de remanescentes de campos nativos no sul do Brasil. Estratégias para assegurar a conservação desse

Manejo pastoril com pastejo rotativo, campos nativos de Aceguá, RS





Sphagnum sp. em turfeira

patrimônio ambiental incluem o incentivo à pecuária sustentável, a adoção dos mecanismos legais de proteção da vegetação nativa e a criação de unidades de conservação. Além disso, a continuidade da produção pecuária representa uma oportunidade única de conservação dos campos nativos na escala de milhões de hectares, e também a possibilidade de recuperação de campos degradados pelo cultivo.

Parte da crescente degradação dos Campos Sulinos decorre da baixa rentabilidade da atividade pastoril. Isso é um contrassenso, já que estudos indicam que o manejo

adequado dos campos nativos, com ajuste da carga animal de acordo com a oferta de forragem, combinado ou não com o pastoreio em rotação, tem efeitos positivos tanto na manutenção da diversidade de plantas quanto na produção animal e no rendimento econômico. É imprescindível que esse conhecimento seja aplicado regionalmente por meio de políticas públicas que incentivem o uso sustentável ao invés da conversão. É essencial o reconhecimento desse potencial pelos gestores públicos e privados. A efetiva implementação dos limites de conversão definidos por lei¹ ajudaria a

¹ Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012)

evitar a descaracterização total de paisagens campestres inteiras, que no passado recente eram campos e hoje estão alteradas e fragmentadas. É necessário também aumentar a área e o número de unidades de conservação, com categorias adequadas à dinâmica desses ecossistemas. No Rio Grande do Sul, por exemplo, somente 1,48% da superfície original de Campos Sulinos estão formalmente protegidos, a maior parte concentrada na Área de Proteção Ambiental (APA) do Ibirapuitã, no bioma Pampa, e, em menor proporção, nos Parques Nacionais da Serra Geral e de Aparados da Serra e em unidades estaduais no planalto no norte do estado. Em Santa Catarina, o Parque Nacional de São Joaquim protege pouco mais de oito mil

hectares de campos, enquanto no Paraná, o Parque Nacional dos Campos Gerais, o Refúgio de Vida Silvestre Campos de Palmas e o Parque Estadual de Vila Velha, conjuntamente, protegem cerca de nove mil hectares de campos.

Por fim, há ainda lacunas de conhecimento mais específico sobre os efeitos das mudanças no uso da terra na biodiversidade dos Campos Sulinos. O Programa de Pesquisa em Biodiversidade tem uma rede de pesquisa nos Campos Sulinos (PPBio Campos Sulinos) para gerar essas informações e levá-las à sociedade, de modo a contribuir, por exemplo, para o ajuste dos limiares de conversão que venham a ser estabelecidos regionalmente para o licenciamento da supressão de campos nativos.

SUGESTÕES DE LEITURA

O livro “Os Campos do Sul”, organizado por Valério Pillar e Omara Lange, é uma boa introdução ao tema. Publicado em 2015, utiliza linguagem acessível e muitas fotografias, reunindo contribuições de diversos pesquisadores da Rede Campos Sulinos. Para uma leitura técnica mais aprofundada, incluindo aspectos biológicos, zootécnicos e econômicos relacionados aos Campos Sulinos, pode ser consultado o livro “Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade”, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (2009) e organizado por Valério Pillar, Sandra Müller, Zélia Castilhos e Aino Jacques.

OS DIFERENTES TIPOS DE CAMPOS NO SUL DO BRASIL

CAMPOS DE ALTITUDE

Nos campos de altitude dominam gramíneas que formam touceiras, sobretudo o capim-caninha (*Andropogon lateralis*). Ao final do inverno, dependendo do tipo de manejo pastoril, estes campos acumulam restos vegetais, o que motiva o uso tradicional de queimadas. No norte do Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no Paraná, os campos, também chamados de Campos de Cima da Serra, formam mosaicos com a Floresta com Araucária entre 700 m e 1.300 m de altitude, com picos de 1.900 m. No Paraná, apresentam elementos da vegetação de savana do Cerrado, indicando a transição entre esses ambientes. Os remanescentes atuais encontram-se sobre solos menos propícios à agricultura intensiva, mas estão sujeitos à supressão para cultivos, sobretudo de *Pinus*. Onde os solos são mais profundos e bem drenados, principalmente no planalto médio do Rio Grande do Sul e no Paraná, os campos foram praticamente dizimados, convertidos em lavouras.



Campos de altitude no Parque Nacional Aparados da Serra, em Cambará do Sul, RS, seis meses após uma queimada

CAMPOS DA CAMPANHA

Podem ocorrer sobre solos rasos ou profundos. Na fronteira oeste do Rio Grande do Sul ocorrem sobre solos rasos, formados sobre basalto, onde a vegetação campestre é submetida frequentemente à falta de água no verão, com muitas gramíneas endêmicas. Devido às limitações do solo, os campos sobre solos rasos foram pouco transformados para outros usos. Os campos sobre solos profundos ocorrem no sudeste da região da Campanha e foram, em sua maior parte, transformados em lavouras. Os remanescentes destes campos apresentam alta frequência de gramíneas que podem crescer bem no inverno e na primavera, como as flechilhas (*Nassella spp.*).



Campos da Campanha sobre solos rasos, Quaraí, RS

CAMPOS SOBRE SOLOS ARENOSOS

Encontrados no centro-oeste do Rio Grande do Sul, desenvolvem-se sobre solos mal estruturados e sujeitos a fortes processos de erosão e arenização, formando dunas, o que é agravado pelo manejo pastoril inadequado e pelo cultivo de lavouras. Apresentam baixa cobertura vegetal e muitas plantas adaptadas à escassez de água. Predominam gramíneas com estruturas subterrâneas muito desenvolvidas e muitas espécies de compostas endêmicas.



Campos sobre solos arenosos, em São Francisco de Assis, RS

CAMPOS DO ESCUDO GRANÍTICO

Na região da Serra do Sudeste, no Rio Grande do Sul, ocorrem os campos do escudo granítico, sobretudo sobre solos rasos e pedregosos em relevo fortemente ondulado. Esses campos formam mosaicos com a vegetação arbórea e arbustiva, com mais ou menos árvores dependendo da intensidade do uso pastoril. Os morros de Porto Alegre, com alta diversidade de plantas, estão na parte mais ao norte desse escudo.

CAMPOS DA DEPRESSÃO CENTRAL



Campos da Depressão Central, em São Vicente do Sul, RS

Estendem-se pelo centro do Rio Grande do Sul, sendo caracterizados por um estrato baixo dominado por gramíneas rizomatosas (que apresentam um tipo de caule chamado rizoma, de crescimento horizontal subterrâneo ou na superfície do solo), como o capim-forquilha (*Paspalum notatum*), e um estrato alto dominado por gramíneas cespitosas (que formam tufos ou touceiras), como capim-caninha (*Andropogon lateralis*), além de espécies de compostas, como o alecrim-do-campo (*Vernonanthura nudiflora*). Têm sido transformados em lavouras e atualmente são raros os remanescentes.

CAMPOS DO LITORAL



Campos do litoral, Palmares do Sul, RS

Na planície costeira, os campos do litoral ocorrem sobre solos arenosos e pouco estruturados, desenvolvidos sobre dunas ou sobre áreas úmidas. Em locais bem drenados predominam as gramíneas prostradas (que crescem rente ao solo) e há muito solo descoberto, enquanto nos locais mal drenados ocorre alta riqueza de espécies, principalmente as ciperáceas. A cobertura original desses campos tem sido fortemente reduzida pela sua conversão em lavouras de arroz e silvicultura.

A REDE PPBIO CAMPOS SULINOS

Os projetos desenvolvidos pelo Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) nos Campos Sulinos compõem uma rede com 32 pesquisadores de 16 instituições de pesquisa. O principal objetivo é identificar padrões de variação da biodiversidade e sua relação com fatores ambientais. Os levantamentos são realizados nos três estados do sul do Brasil, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Em campo, os pesquisadores avaliam a ocorrência de espécies da vegetação campestre e florestal, de invertebrados terrestres, e de peixes, anfíbios e aves. A demarcação das áreas estudadas segue o sistema Rapeld. São 13 sítios de amostragem, contemplando as principais regiões campestres do sul do Brasil. Cada sítio corresponde a uma área de 25 km² que engloba paisagens predominantemente campestres, mas também florestas, áreas úmidas e riachos.



Pesquisadores da Rede PPBio Campos Sulinos realizando levantamento das espécies da comunidade de plantas no município de São Borja, RS



Interior da Mata de restinga, na
Reserva Biológica da Praia do Sul,
Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ

MATA ATLÂNTICA

O DESAFIO DE TRANSFORMAR UM PASSADO DE DEVASTAÇÃO EM UM FUTURO DE CONHECIMENTO E CONSERVAÇÃO

Márcia C. M. Marques, Ana Carolina Lins e Silva,
Henrique Rajão, Bruno Henrique P. Rosado, Claudia Franca Barros,
João Alves de Oliveira , Ricardo Finotti, Selvino Neckel-Oliveira
André Amorim, Rui Cerqueira, Helena de Godoy Bergallo.



“Ali ficamos um pedaço, bebendo e folgando, ao longo dela, entre esse arvoredo, que é tanto, tamanho, tão basto e de tantas prumagens, que homens as não podem contar.” *Carta de Pero Vaz de Caminha ao rei de Portugal, D. Manoel I*

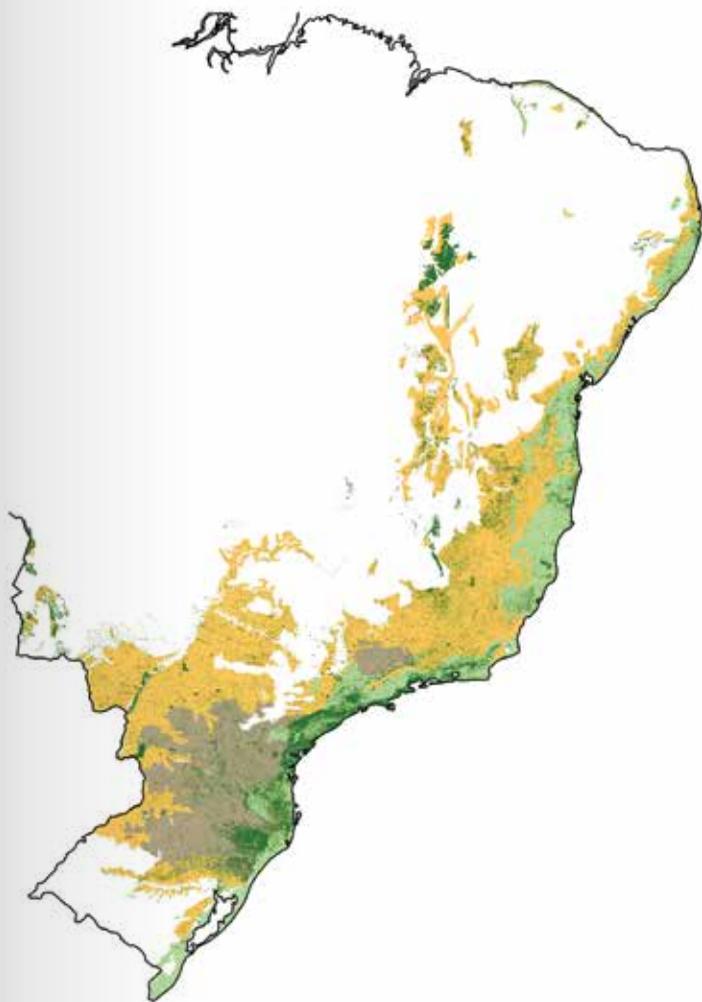
A Mata Atlântica é a formação florestal mais antiga do Brasil, estabelecida há pelo menos 50 milhões de anos, quando três fatores passaram a ocorrer juntos: a existência do oceano Atlântico, a formação de sistemas de montanhas na borda atlântica da América do Sul e o aumento da temperatura na Terra, permitindo o surgimento de florestas costeiras exuberantes, com folhas grandes e sempre verdes. É uma floresta tropical úmida, e uma das mais imponentes florestas do mundo, com flora e fauna singulares e ampla diversidade de formas de vida e ecossistemas. O clima é quente e chuvoso, proporcionado pelos movimentos de ar que se deslocam no continente, influenciados pelo oceano Atlântico.

CLIMA E RELEVO

Longe de serem homogêneas, as características geológicas, geomorfológicas e climatológicas variam ao longo da Mata Atlântica. No Rio Grande do Sul e em parte de Santa Catarina, os terrenos são relativamente planos e estendem-se das planícies longas do litoral para os planaltos no centro e oeste. Do norte de Santa Catarina até Espírito Santo e Minas Gerais, grandes maciços montanhosos, também chamados de “mares de morros”, geram uma variação altitudinal importante e separam as regiões mais próximas do litoral daquelas mais interiores. Nesta região, as serras do Mar e da Mantiqueira retêm grande parte da umidade vinda do mar, conferindo um caráter muito úmido às encostas voltadas para o litoral. Já nas áreas de baixada próximas ao mar, a planície litorânea pode ser muito extensa e os depósitos marinhos arenosos recentes possibilitam a ocorrência de restingas e brejos marinhos. Em direção a oeste, as serras são substituídas por planaltos. No litoral nordeste, a partir do vale do rio Doce até o Rio Grande do Norte, o Grupo Barreiras é a unidade geológica predominante. Os terrenos planos são abruptamente rompidos no litoral, gerando falésias. No interior da região, ao norte do rio São Francisco, planaltos e chapadas acima de 500 m de altitude formam “ilhas úmidas” devido às chuvas orográficas que garantem condições privilegiadas de umidade e temperatura.

BIODIVERSIDADE

A Mata Atlântica é uma das florestas com maior número de espécies de animais e plantas por unidade de área, tendo entre 1% e 8% de toda a flora e fauna mundiais. Na Mata Atlântica ocorrem 261 espécies de mamíferos (40% do total de espécies do Brasil), 688 de aves (38%), 200 de répteis (29%) e 280 de anfíbios (35%). Das 32.831 espécies de Angiospermas (plantas com flores e frutos) registradas no Brasil, 15.511 ocorrem na Mata Atlântica, sendo que 8.443 são endêmicas. De 627 espécies da fauna ameaçadas de extinção no Brasil, 61% ocorrem na Mata Atlântica. Em relação à flora, apresenta 1.544 espécies ameaçadas de extinção, sendo o bioma brasileiro com maior número de espécies ameaçadas.



- Floresta Ombrófila Densa
- Floresta Ombrófila Mista
- Floresta Estacional Semidecidual
- Remanescentes

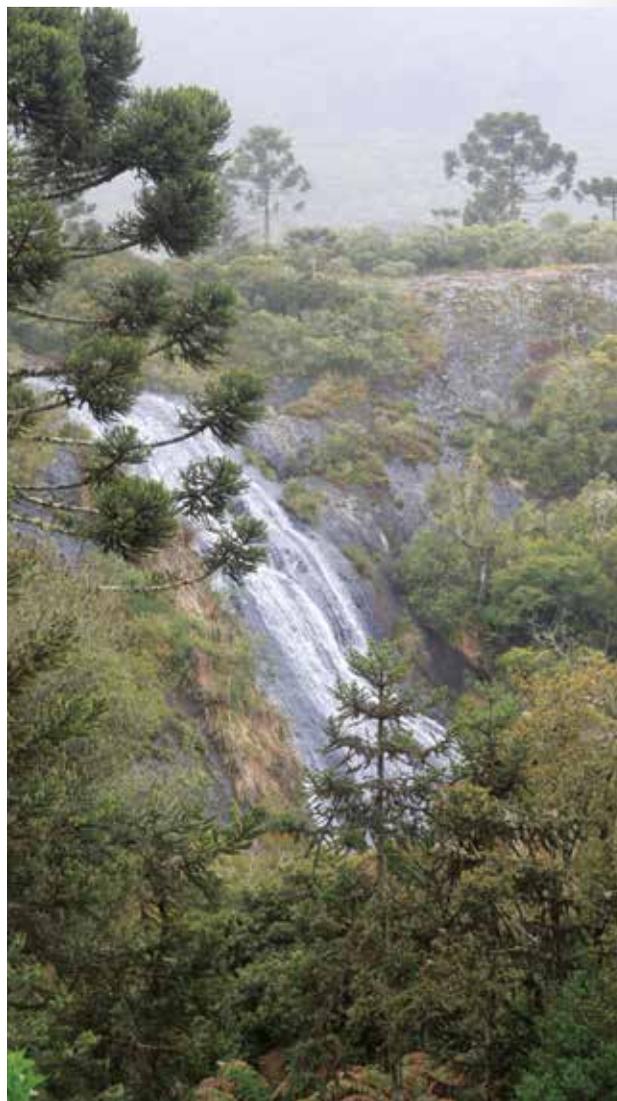
Distribuição pretérita das principais formações da Mata Atlântica e seus remanescentes (Fonte: SOS Mata Atlântica, 2015)

Antes da colonização do país, a Mata Atlântica distribuía-se por grande parte do território brasileiro, na região litorânea desde o norte do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, e também no interior, penetrando pelo continente sul-americano no sentido leste-oeste. Aproximadamente 70% da população brasileira atualmente moram na região de ocorrência da Mata Atlântica, resultado de uma história de ocupação que ocasionou uma drástica redução de sua área a percentuais entre 11% e 16% da cobertura original. Dos fragmentos que existem atualmente, aproximadamente 80% são pequenos, com menos de 50 hectares, e apenas 9% estão em unidades de conservação de proteção integral. É, portanto, juntamente com o Cerrado, o bioma mais degradado e ameaçado do Brasil.

Devido à sua importância mundial para a conservação da biodiversidade e para o desenvolvimento sustentável, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) reconhece a Mata Atlântica como Reserva da Biosfera e duas de suas regiões como Patrimônios Naturais Mundiais, a Reserva do Sudeste da Mata Atlântica, que engloba os estados do Paraná e São Paulo, e a Costa do Des-

cobertura, que se estende pelo litoral da Bahia e do Espírito Santo. O bioma é declarado Patrimônio Nacional no artigo 225 da Constituição Federal e é o único a ter uma legislação específica, a Lei da Mata Atlântica¹. Por ser uma das áreas biologicamente mais insubstituíveis e importantes no mundo, com pouco mais de sete mil espécies endêmicas de plantas, e por sua alta vulnerabilidade, comprovada pela avançada redução e fragmentação da sua área original, é também considerada uma região prioritária (*hotspot*) para conservação.

As grandes variações ao longo de toda sua extensão promovem uma diversidade de condições ambientais, influenciando tanto a biodiversidade quanto a aparência (fitofisionomia) da vegetação. Por este motivo, a Mata Atlântica não é considerada uma única floresta homogênea. Reconhece-se, na região litorânea do Nordeste e Sudeste, onde os efeitos do oceano Atlântico determinam um clima quente e úmido, a chamada Floresta Ombrófila Densa, ou Floresta Pluvial Atlântica, caracterizada por uma flora tropical, com uma diversidade de formas de vida vegetal e animal. Na região Sul, em climas úmidos e frios, ocorre a Floresta



Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária) na região do Parque Nacional de São Joaquim, SC

Ombrófila Mista, ou Floresta com Araucária, caracterizada pela presença marcante da araucária, uma espécie de pinheiro de clima temperado. Já no interior do país, em clima sazonal, com verões quentes e úmi-

¹ Lei nº 11428/2006, regulamentada pelo decreto 6660/2008



Interior de mata de restinga, na Reserva Biológica da Praia do Sul, na Ilha Grande, RJ

dos e invernos frios e secos, ocorre a Floresta Estacional (Semidecidual e Decidual), caracterizada por uma flora tropical rica que perde parte das folhas durante o inverno. Todas essas florestas podem ser ainda divididas de acordo com a posição altitudinal, desde aluvial (dentro dos terraços dos

cursos d'água), passando por terras baixas e subindo as encostas montanhosas, recebendo as denominações de sub-montana, montana e alto-montana, esta última atingindo mais de 1.000 m de altitude. Por esta classificação mais detalhada da vegetação brasileira, a Mata Atlântica é composta por 13 formações florestais.

Associados ao bioma estão, ainda, ecossistemas importantes no funcionamento e na diversidade das florestas, tais como as restingas, vegetação com influência marinha que ocorre nas planícies litorâneas do nordeste ao sul do país; os manguezais, vegetação com influência fluvio-marinha que ocorre nas regiões de desembocadura dos rios no mar; os campos de altitude, nas regiões mais altas dos grandes maciços de montanhas da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira; e os campos sulinos, entremeados à Floresta de Araucária, em partes do sul do país.

Outra forma de compartimentar a Mata Atlântica é observando a distribuição das suas espécies. Pesquisadores que analisaram padrões de endemismo propuseram dividir o bioma em oito sub-regiões biogeográficas, sendo cinco áreas de endemismo (quatro nas florestas úmidas do Nordeste e a cadeia de montanhas



Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Natural Vale, Linhares, ES

costeira da Serra do Mar) e três áreas de transição (denominadas São Francisco, Florestas de Interior e Florestas de Araucária). De modo mais simplificado, o bioma pode ser separado em apenas dois blocos, um ao norte e um ao sul, com limite coincidindo com o vale do rio Doce, no Espírito Santo. Observando as plantas nesses dois blocos, a flora do bloco ao norte tem mais influência da Amazônia, enquanto a flora ao sul é influenciada por outras regiões, como os Andes.

Breve história da devastação da Mata Atlântica

Os europeus iniciaram a colonização do Brasil pela Mata Atlântica, onde havia uma população indígena com, possivelmente, alguns milhões de pessoas. Estes índios viviam principalmente da caça, pesca, co-

leta de mariscos, frutos e de uma agricultura de baixo impacto, que pouco afetava a diversidade da floresta. A chegada dos colonizadores mudou o uso da terra, passando inicialmente por uma economia baseada no extrativismo de pau-brasil e na agricultura de subsistência. Já no século XVI, iniciou-se o cultivo de cana-de-açúcar em amplas áreas, principalmente no nordeste do Brasil, Rio de Janeiro e São Paulo, onde a floresta começou a ser devastada e substituída pela monocultura canavieira.

Com a descoberta de ouro em Minas Gerais, a população aumentou e boa parte das florestas de Minas Gerais foi derrubada. No século seguinte, deu-se início ao cultivo do café, primeiramente na cidade do Rio de Janeiro, depois no vale do rio Paraíba do Sul, no Estado do Rio de Janeiro, e, posteriormente, no Estado de São Pau-



lo. As matas foram substituídas pela nova lavoura, ficando a floresta nativa restrita aos morros mais íngremes. No século XX, houve grandes derrubadas para extração de madeira e plantação de café no Espírito Santo e, com a colonização do Paraná, ocorreu a expansão das monoculturas, chegando-se à situação atual.

Estudos mostram que a devastação não foi aleatória, mas seguiu um padrão guiado pelo relevo. Inicialmente, as florestas aluviais, as de terras baixas e as sub-montanhas foram devastadas, restando cobertura florestal nas áreas mais íngremes. Assim, muito do que foi destruído pode ter tido espécies ou características que nem sequer chegaram a ser descritas pela ciência. Boa parte do que restou ocupa encostas onde a declividade acentuada não permitiu outros usos do solo. As pequenas

áreas remanescentes estão imersas em matrizes predominantemente agrícolas ou urbanas, isolando fragmentos e impossibilitando o fluxo de espécies.

Embora a devastação da Mata Atlântica venha ocorrendo há cinco séculos, muito ainda se devastou em tempos recentes. Como exemplo, planos governamentais para expansão do cultivo de cana-de-açúcar para produção de etanol, na década de 1970, devastaram boa parte dos últimos remanescentes. No século XXI, as ameaças ao bioma incluem, principalmente, corte seletivo para produção de carvão, desmatamento ilegal de áreas florestadas, caça, coleta de espécies vegetais e invasão por espécies exóticas vegetais e animais.

Biodiversidade e processos ecológicos

A biodiversidade da Mata Atlântica é re-

sultado de vários processos que ocorreram ao longo do tempo evolutivo, além daqueles gerados pela forma com que as espécies ocupam os nichos disponíveis. Embora sua biodiversidade seja impressionante, estudos recentes mostram que, possivelmente, muito mais espécies devam ocorrer. Para árvores, por exemplo, calcula-se que apenas 0,01% das áreas protegidas tenham tido suas árvores catalogadas ao longo dos mais de 70 anos de estudos na Mata Atlântica. Isso permite estimar que seriam necessários outros 100 anos para que 1% de toda a área seja avaliada. Programas amplos de levantamento de diversidade, como o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), são essenciais para se conhecer a biodiversidade e prever os possíveis impactos da perda de espécies para os sistemas biológicos.

A biodiversidade está relacionada com os processos ecológicos que acontecem nos ecossistemas. A partir de uma perspectiva de funcionalidade, tais processos podem ser classificados como processos relacionados às respostas das espécies às variações nas condições e recursos, ou como processos relacionados aos efeitos das espécies (papéis funcionais) nos ecossistemas. A re-

lação das espécies com o ambiente e sua influência sobre o meio propicia a existência do nicho ecológico, cada espécie ocupando um papel particular. A distribuição dos nichos no espaço geográfico faz com que cada espécie tenha uma distribuição própria sobre a superfície da Terra. Estas ideias permitem compreender como mudanças ambientais são capazes de afetar a distribuição e a abundância das espécies e processos ecossistêmicos, como o ciclo de nutrientes e sais minerais, o ciclo hidrológico, o ciclo das chuvas, a evaporação, as cheias e enchentes dos rios e o estoque de carbono. Tais processos têm enorme importância para a vida humana.

Um dos compartimentos essenciais em inúmeros processos ecológicos é o solo. A formação de solos depende, essencialmente, de cinco fatores: clima, tipo de rocha matriz, relevo, tempo de formação e biota. De modo geral, os solos da Mata Atlântica são distróficos, ou seja, com poucos nutrientes, com pH ácido e com alto grau de lixiviação (muita modificação da composição do solo e muito transporte de nutrientes para outras áreas). Como existe uma variação grande na topografia e no clima ao longo do bioma, há também diferentes combinações dos fatores que



Região de agricultura no limite de remanescente florestal no norte do Paraná

dirigem a formação do solo. O resultado é uma alta heterogeneidade de tipos de solo, de decomposição de matéria orgânica, de fluxo de gases e de variação na disponibilidade de água e nutrientes.

Embora os processos relacionados aos solos (chamados de processos edáficos) ainda sejam uma das “caixas-pretas” da ecologia, a importância de avaliar seu funcionamento é amplamente reconhecida, uma vez que processos relacionados à decomposição, estoque de carbono e regulação da água são essenciais para a elaboração de melhores teorias que expliquem o funcionamento de florestas tropicais. Na Mata Atlântica, estudos têm avaliado a relação dos solos com alterações diretas na estrutura e funcionamento da vegetação e de organismos associados. Por exemplo,

ao longo de uma variação altitudinal entre 100 m e 1.000 m acima do nível do mar, cientistas observaram reduções nas emissões de óxido nitroso (N_2O), um dos gases de efeito estufa, provenientes do solo. Esta menor emissão de N_2O nas encostas das montanhas pode ser decorrente das temperaturas mais baixas e da baixa taxa de decomposição da matéria orgânica nestes locais. Essa combinação de fatores edáficos ao longo de variação altitudinal na Mata Atlântica pode explicar, por exemplo, por que as plantas apresentam maior investimento em raízes finas em florestas montanas, o que deve maximizar a absorção de nutrientes em função das baixas taxas de decomposição neste ambiente.

Outro componente da “caixa-preta” está relacionado ao papel de microrganismos

ESPECIALIZAÇÃO DE HABITATS E ENDEMISMO NA MATA ATLÂNTICA

Uma das características mais marcantes da Mata Atlântica é o alto grau de endemismo, tipo de distribuição geográfica onde as espécies são restritas a regiões muito específicas. Isso acontece porque, uma vez que surja uma nova espécie, ela pode ter preferência por uma determinada condição ambiental ou habitat específico. As aves são um bom exemplo. Cerca de 80% de todas as espécies de aves endêmicas habitam florestas úmidas. Isso é mais marcante nas famílias dos mutuns (Cracidae), pica-paus (Picidae), arapaçus (Dendrocolaptidae), chocas (Thamnophilidae), anambés e arapongas (Cotingidae), tangarás (Pipridae) e saíras (Thraupidae).

As pequenas choquinhas (família Thamnophilidae), por exemplo, estão representadas na Mata Atlântica por seis espécies que ocorrem nos blocos sul e norte do bioma, desde o Rio Grande do Sul até o estado de Alagoas, desde o nível do mar até os picos mais elevados das Serras do Mar e da Mantiqueira, ou seja, das terras baixas à região alto-montana. As espécies apresentam distribuições bem restritas. A choquinha-carijó (*Drymophila malura*), a trovoada-de-bertoni (*D. rubricollis*) e a choquinha-da-serra (*D. genei*) ocorrem apenas do extremo sul do Brasil até os estados do Sudeste, e a trovoada (*D. ferruginea*) e o pintadinho (*D. squamata*) estendem-se também até os estados da Bahia e Alagoas. Porém, em uma mesma região, essas espécies apresentam claras preferências altitudinais, algumas restritas às baixadas litorâneas, como é o caso do pintadinho, e outras espécies endêmicas das partes mais altas das serras do Sudeste, como a choquinha-da-serra.



Choquinha-da-serra
Drymophila genei

Trovoada
Drymophila ferruginea

Pintadinho
Drymophilaru bricollis

em processos ecológicos. Resultados recentes apontam que cada espécie de árvore da Mata Atlântica seleciona, através de suas características, um conjunto específico de bactérias que ocorrem nas folhas e no solo em contato com as raízes. Essa descoberta abre novas perguntas, não apenas sobre uma riqueza de espécies ainda oculta, mas também sobre o que faz a mediação das relações de interdependência entre microrganismos e a vegetação, e sobre os papéis ecológicos das comunidades de microrganismos em processos como decomposição, ciclagem de nutrientes e defesas das plantas.

Se o conhecimento sobre estrutura da vegetação da Mata Atlântica é pequeno, há ainda menos informação sobre processos funcionais da vegetação. Apenas recentemente alguns dogmas científicos começaram a ser superados em relação ao conhecimento, um deles sobre os processos ambientais relacionados à água. A água não é comumente considerada um fator limitante na Mata Atlântica e, portanto, a existência de uma estação seca foi, de certo modo, negligenciada.

O erro em assumir que não há eventos de seca na Mata Atlântica começa por não contemplar a existência dos vários conceitos de seca. As secas podem ser definidas

como climáticas, hidrológicas, socioeconômicas e agrícolas, todas relacionadas à entrada de água no sistema e demanda para um dado processo. Dependendo da demanda, a entrada de água via precipitação pode estar aquém do necessário. Por exemplo, como assumir que uma precipitação anual de 2.000 mm na Mata Atlântica é suficiente? Suficiente para qual processo? Se a demanda da vegetação e de atividades humanas for superior a esse limite, ocorre uma seca tanto ecológica quanto hidrológica, mas que não necessariamente ocorrem simultaneamente.

As árvores da Mata Atlântica são suscetíveis à variação sutil na disponibilidade de água e apresentam mecanismos de maximização da economia de água em períodos de menor precipitação. Adicionalmente, sabe-se que em florestas tropicais montanas a maior radiação solar e menor pressão atmosférica aumentam a taxa de evapotranspiração (soma do que evapora direto da água e do solo e corpos d'água com a água proveniente da transpiração das plantas) e tornam os ambientes mais secos. Nesse sentido, na floresta montana, a economia de água das árvores é ainda mais acentuada, e as estratégias de uso de água são similares às de plantas que ocorrem em ambientes mais secos, como



Corpo reprodutivo do fungo
Phallus indusiatus

restingas e florestas secas. Esses resultados reforçam estudos que dizem que em época passadas, mais secas, a Mata Atlântica se restringiu à base das montanhas, nas terras baixas (a cerca de 100 m acima do nível do mar), enquanto em áreas montanhosas deu lugar a uma vegetação campestre. Por, possivelmente, estarem próximas ao limite de tolerância fisiológica, as áreas montanhosas são mais vulneráveis a eventos de seca, que podem se tornar mais frequentes com as mudanças climáticas.

Serviços ambientais e benefícios da biodiversidade

Os serviços ambientais ou ecossistêmicos podem ser definidos como as condições e

processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies mantêm a vida humana. Atualmente são reconhecidos 24 serviços ecossistêmicos, que podem ser agrupados em quatro principais categorias: serviços de provisão, como alimento e água; serviços de regulação, como a regulação de enchentes e secas, degradação dos solos e doenças; serviços de suporte, como a formação dos solos, a produção de oxigênio e os ciclos de nutrientes; e serviços culturais, como o ecoturismo e a recreação, o valor espiritual e religioso e outros benefícios não materiais. Todos estes serviços trazem benefícios à humanidade e, para que possam ser gerados, é necessário que os processos que ocorrem nos ecossistemas e a própria diversidade biológica sejam conservados nos ambientes naturais.

Assim como outras florestas tropicais, a Mata Atlântica tem importante papel no fornecimento de serviços ambientais para a população humana. Considerando que se distribui ao longo de 17 estados brasileiros, abrigando grande parte da população do país, os serviços oferecidos pela Mata Atlântica representam uma parcela importante das condições de vida no Brasil. Além disso, dada a grande variedade

de ecossistemas, a complexidade de seu funcionamento, bem como a particularidade de sua biota, a Mata Atlântica tem um papel singular na entrega de serviços, os quais não podem ser substituídos pelos entregues por outros ecossistemas.

Florestas tropicais armazenam, abaixo ou acima do solo, cerca de um terço do total de carbono de reservas mundiais economicamente importantes, como as reservas de petróleo, gás e carvão. Florestas tropicais, intactas e secundárias, também sequestram continuamente o carbono atmosférico resultante de emissões de gases do efeito estufa. O acúmulo de carbono, medido pela biomassa aérea, varia entre as fitofisionomias, com florestas montanas acumulando mais que as submontanas, que por sua vez acumulam mais que florestas de terras baixas e as restingas. A fragmentação pode alterar drasticamente esse processo, reduzindo a um terço o total de carbono sequestrado. Embora essa situação de alta fragmentação e perturbação seja recorrente em diferentes regiões do país, estudos mostram que a restauração da Mata Atlântica pode reverter esse quadro, sendo possível triplicar a quantidade de carbono sequestrado em áreas florestais em regeneração em apenas 60 anos.

A Mata Atlântica desempenha papel importante na regulação dos serviços locais, regionais e globais de água e clima, por meio de diferentes funções interligadas. A cobertura vegetal e o solo dessa floresta estocam grande volume de água e a transportam para o ar via transpiração, resfriando a atmosfera e proporcionando a formação de nuvens e precipitação. A derrubada das matas interfere neste ciclo, pois impede o armazenamento da água no solo, gerando enchentes e grandes prejuízos aos seres humanos. Quando o ciclo da água é mantido pelas áreas florestais, o clima torna-se ameno, favorecendo a produção agrícola e a própria permanência das populações humanas nas regiões próximas à floresta, ou mesmo nas cidades.

A Mata Atlântica também é importante para a formação do solo e sua proteção, através do controle da interceptação da água sobre o solo e da regulação do fluxo de sedimentos. Em condições naturais, os solos florestais retêm sedimentos no ecossistema, controlando a perda de nutrientes em escala local. Em áreas onde a cobertura vegetal foi removida ou convertida em sistemas agrícolas, o solo é erodido, com uma constante remoção de sedimentos das camadas mais super-

ficiais e inúmeros impactos negativos sobre os serviços ecossistêmicos. Os efeitos incluem redução da qualidade do solo, eutrofização (aumento drástico na quantidade de nutrientes), contaminação e sedimentação de reservatórios e cursos de água (devido ao transporte superficial de sedimentos) e o aumento das emissões de gases de efeito estufa. A restauração da vegetação nativa pode reverter parte das perdas. Portanto, um controle efetivo dos solos sob as florestas é essencial para a entrega de serviços para as pessoas.

A ciência vem demonstrando que ecossistemas mais diversos em espécies fornecem maior quantidade ou qualidade de serviços ambientais. Essa relação é especialmente importante em ecossistemas como a Mata Atlântica, onde a diversidade de espécies e o endemismo são altos. A ação positiva da diversidade se dá pelo efeito dominante de algumas espécies chave, que fornecem uma quantidade grande de serviços (por exemplo, espécies de árvores gigantes que sequestram carbono em sua biomassa), ou pelo somatório dos serviços variados desempenhados por múltiplas espécies (algumas com maior efeito sobre o sequestro de carbono, outras realizando o aprisionamento de



Delimitação de parcela aquática no módulo Rapeld na Reserva biológica Augusto Ruschi, em Santa Teresa, ES

sedimentos pela ação de suas raízes etc.). Exemplo de espécie-chave para o serviço de produção são as abelhas nativas, que, ao se deslocarem da floresta para as áreas agrícolas vizinhas, realizam a polinização e aumentam substancialmente a produção de espécies agrícolas, como frutíferas e grãos. Além disso, a rica variedade de flora e fauna que interagem entre si e com o ambiente assegura a renovação e a resiliência da floresta, atuando positivamente na própria manutenção das espécies. Como consequência, é assegurado o armazenamento de material genético

único de produtos potencialmente úteis à população humana.

A Mata Atlântica fornece ainda serviços culturais para a população que vive nas suas proximidades. Algumas das áreas protegidas da Mata Atlântica possuem importante estrutura de ecoturismo, que pode ser a principal atividade econômica de algumas regiões, como acontece em vários pontos do litoral brasileiro. Embora em situações raras, devido ao alto grau de fragmentação em que a Mata Atlântica se encontra, algumas florestas remanescentes também servem parcialmente como meio de subsistência para populações locais.

Apesar de sua importância, recentemente houve retrocesso na lei de proteção dos remanescentes florestais. O Código Florestal aprovado em 2012² permitiu uma redução da cobertura vegetal exigida nas margens dos rios e topos de montanhas no Brasil, estabelecendo faixas mínimas de vegetação de acordo com o tamanho da propriedade rural. Estima-se que as mudanças promovidas por essa lei reduzam drasticamente os serviços providos pela Mata Atlântica, especialmente a qualidade de hábitat, o estoque de carbono e a retenção de sedimentos. É necessário reverter

essa situação com ações que permitam recuperar as áreas que já foram devastadas, assim como rever o código de forma que a Mata Atlântica seja restaurada e que todos possam usufruir de seus serviços. Políticas públicas que não incentivam a restauração dos ecossistemas e a manutenção da biodiversidade terão consequências graves para a humanidade – consequências que já se fazem sentir nos eventos de enchentes e falta d'água em diferentes partes do Brasil. A segurança hídrica, energética e alimentar do país dependerá, cada vez mais, da restauração das florestas.

Estratégias de conservação e uso sustentável

O desmatamento e a consequente fragmentação são algumas das principais ameaças à Mata Atlântica. As áreas remanescentes sofrem tanto com expansão desordenada das cidades e com a instalação de empreendimentos hidrelétricos e de mineração, quanto com a ampliação dos plantios de árvores exóticas para construção civil e carvão vegetal. De 1985 a 2000, essas atividades contribuíram com a destruição de aproximadamente mil km²

2 Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012)

anuais de Mata Atlântica. Mesmo que na última década tenha havido redução de 80% na taxa anual de desmatamento, muito precisa ser feito para zerar a destruição e estabelecer estratégias de conservação e uso sustentável do bioma.

As soluções para a conservação da Mata Atlântica passam pela proteção dos remanescentes de floresta nativa, através da criação de novas unidades de conservação, e pela restauração ecológica de áreas degradadas e abandonadas principalmente por atividades agropastoris.

A recuperação dessas áreas possibilita o crescimento gradual da floresta, que pode recuperar algumas das suas características funcionais e estruturais, e assim contribuir para melhoria dos serviços ambientais. Áreas restauradas também podem ser usadas como corredores ecológicos que ligam unidades de conservação. Assim, associando-se a proteção em unidades de conservação à restauração ecológica, pode-se aumentar as chances de proteger a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos deste importante bioma brasileiro.

SUGESTÕES DE LEITURA

A história da Mata Atlântica, desde sua formação há milhões de anos até os tempos atuais, incluindo o impacto que sofreu após a chegada dos colonizadores europeus, está bem descrita no livro do historiador Warren Dean intitulado “A ferro e fogo. A história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira”, da Companhia das Letras. O autor nos leva a uma viagem no tempo, da chegada dos colonizadores passando pelos ciclos econômicos que foram destruindo o bioma. Em 2009, Milton Ribeiro e colaboradores publicaram na revista *Biological Conservation* o marco atual da dimensão da perda e a distribuição dos remanescentes da Mata Atlântica, em artigo intitulado “*The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation*”. Essas obras ajudarão o leitor a compreender o processo de devastação da Mata Atlântica e as prioridades para sua conservação.

PPBIO MATA ATLÂNTICA

A pesquisa em biodiversidade é estratégica para o país e o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) objetiva exatamente articular os diferentes setores e competências para ampliar, disseminar e utilizar as informações sobre a diversidade biológica brasileira. Há hoje no Brasil duas redes de pesquisa PPBio na Mata Atlântica, criadas em 2012 e formadas por mais de uma centena de pesquisadores em diferentes regiões do Brasil. Essas redes mantêm pesquisa integrada utilizando protocolos padrão, organizam cursos de capacitação, atuam de maneira coordenada nas melhorias das coleções científicas, promovem a difusão do conhecimento científico e a articulação com outros setores da sociedade. As pesquisas buscam responder questões como: quantas e quais são as espécies da Mata Atlântica? Quais fatores determinam a distribuição da biodiversidade? Como variam as comunidades biológicas no tempo? De que maneira as espécies serão capazes de responder a eventos climáticos extremos, cada vez mais intensos e frequentes? Qual o papel da floresta na regulação do clima? Perguntas como estas apenas podem ser respondidas se os esforços de pesquisa forem integrados e de longa duração.



Pesquisadores, professores e alunos da rede PPBio Mata Atlântica em reunião de avaliação e planejamento no Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), Rio de Janeiro, RJ



Vereda no Parque Nacional do Grande Sertão Veredas, MG



CERRADO UM BIOMA RICO E AMEAÇADO

G. Wilson Fernandes, Ludmilla M. S. Aguiar, Antônio Fernandes dos Anjos
Mercedes Bustamante, Rosane G. Collevatti, José C. Dianese, Soraia Diniz
Guilherme B. Ferreira, Laerte Guimarães Ferreira, Manuel Eduardo Ferreira
Renata D. Franço, Francisco Langeani, Ricardo B. Machado
Beatriz S. Marimon, Ben Hur Marimon Jr., Ana Carolina Neves
Fernando Pedroni, Yuri Salmona, Maryland Sanchez, Aldicir O. Scariot
Joaquim A. Silva, Luís Fábio Silveira, Heraldo L. de Vasconcelos e Guarino R. Colli

“Me deu saudade de algum buritizal, na ida duma vereda em capim tem-te que verde, termo da chapada. Saudades, dessas que respondem ao vento; saudade dos Gerais.” *Guimarães Rosa, Grande Sertão: Veredas*

Tendo originalmente coberto cerca de um quarto do território brasileiro, o Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, menor apenas que a floresta amazônica. Compreende formações vegetais que incluem campos, savanas, veredas e florestas, determinadas em grande parte por variações na topografia, solos e disponibilidade de água. Ocorre como um grande bloco contínuo no Brasil central e em manchas isoladas no interior de outros biomas, remanescentes de uma distribuição mais extensa no passado. É um ambiente sujeito a queimadas periódicas e à baixa pluviosidade.

O Cerrado é parte de um corredor de paisagens abertas e secas da América do Sul, limitado pelo Chaco no sudoeste e pela Caatinga no nordeste, formando uma barreira biogeográfica entre a Amazônia e a Mata Atlântica.

CLIMA E RELEVO

O relevo é caracterizado por planaltos antigos, com topografia suave ou levemente ondulada, em geral acima dos 500 metros, separados por depressões formadas pelas principais bacias hidrográficas do Brasil central: Paraná-Paraguai, Tocantins-Araguaia, São Francisco e Parnaíba. A temperatura média anual é de 24 °C, mas na primavera e no verão pode chegar aos 40 °C, enquanto nos meses de inverno (junho, julho e agosto) a temperatura fica em torno de 12 °C, podendo chegar até 0 °C. Nos dias mais frios podem ocorrer geadas, principalmente na região sul do Cerrado. As estações são bem marcadas: o período seco ocorre entre os meses de abril e setembro, e a estação chuvosa ocorre entre outubro e março. A precipitação anual varia entre 1.250 mm e 2.000 mm. De forma similar às savanas da Austrália, África e América do Norte, o Cerrado brasileiro ocorre sobre solos antigos e pobres em nutrientes.

BIODIVERSIDADE

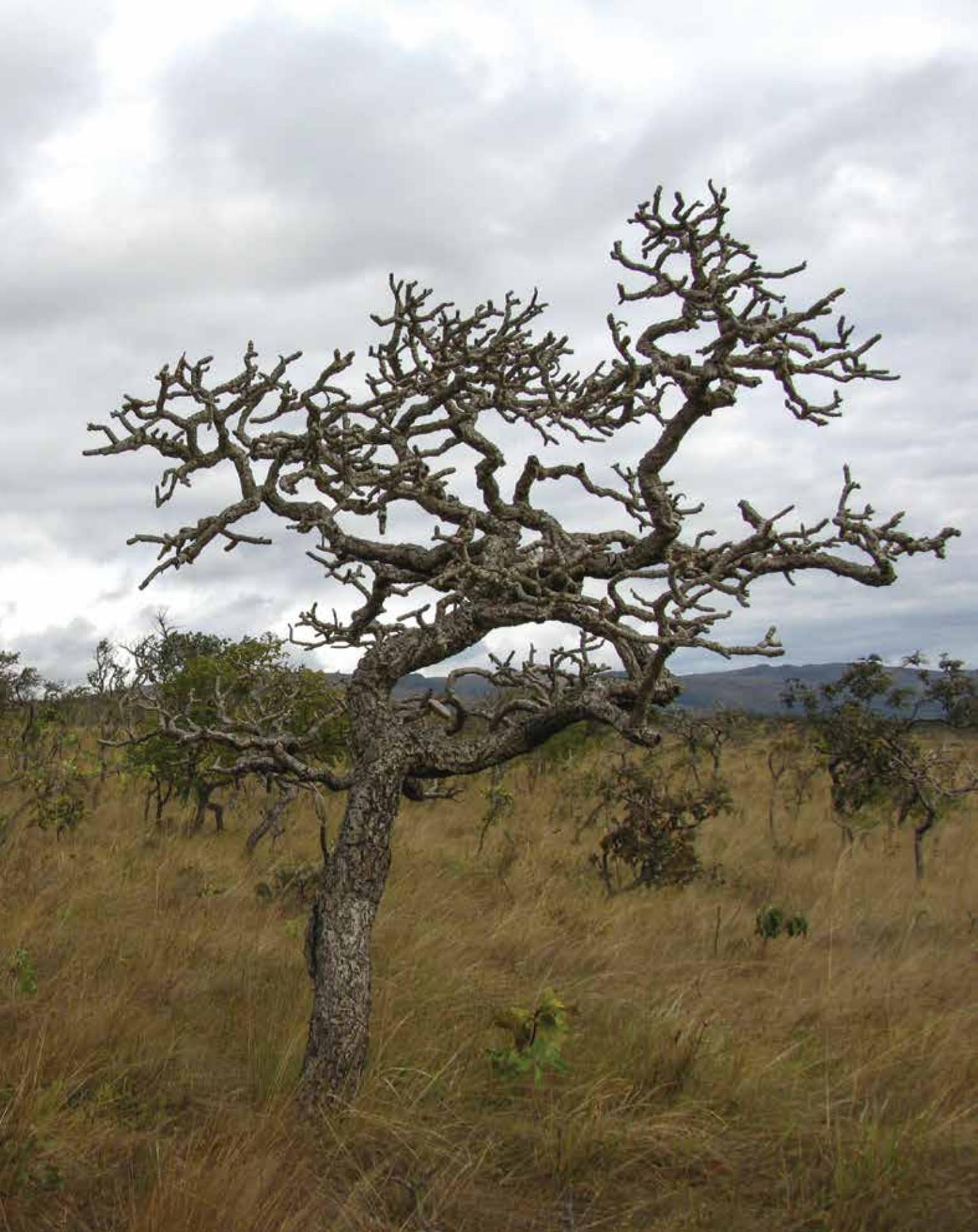
A biodiversidade do Cerrado é elevada e muito maior que a de savanas em outros continentes. O bioma abriga quase a metade das aves conhecidas no Brasil e mais de dois terços dos mamíferos, sendo 11 de grande porte, como o tamanduá-bandeira, o tatu-canastra e a anta. Dos morcegos conhecidos no país, 66% vivem no Cerrado. São mais de 210 espécies de anfíbios, mais de 300 espécies de répteis e 13.140 espécies de plantas, 36,9% do total listado na “Flora do Brasil” e 4,8% da flora mundial. Apesar da carência de inventários, são conhecidas cerca de 1.200 espécies de peixes, o que representa 46,4% das espécies brasileiras. O Cerrado abriga também o maior número de insetos galhadores do mundo e ao menos 1,5 mais espécies de formigas que as savanas da Austrália e da África. Embora sejam poucos, os estudos existentes indicam que 25% da riqueza mundial de fungos micorrízicos se concentra apenas nos campos rupestres do Cerrado.



Distribuição da cobertura vegetal nativa (em verde) e áreas de uso antrópico (em rosa) no Cerrado, bioma brasileiro que mais perdeu vegetação nativa nos últimos 50 anos (1 milhão de km²)

As origens do Cerrado remontam a cerca de 80 milhões de anos, quando os dinossauros ainda caminhavam sobre a Terra e a América do Sul e a África estavam conectadas. Depois que os dois continentes se separaram, a América do Sul permaneceu como uma ilha em completo isolamento do resto do mundo durante cerca de 60 milhões de anos. Então, há aproximadamente 15 milhões de anos, a conexão com as Américas do Norte e Central começou a ser reestabelecida, fato que possibilitou grande intercâmbio de fauna e flora. Foi apenas há cerca de quatro milhões de anos que o Cerrado teve sua configuração atual estabelecida.

Muito tempo depois, grupos humanos usaram a conexão entre as Américas para alcançar várias regiões do continente. Um dos registros humanos mais antigos da América do Sul, datado de 13 mil anos, foi encontrado em Lagoa Santa, Minas Gerais, numa região de Cerrado. É provável que mudanças climáticas ocorridas no final do último ciclo glacial, há cerca de 10 mil anos, tenham impulsionado os grupos humanos em direção ao sul, acompanhando a expansão da floresta amazônica sobre o Cerrado.



Antes da chegada dos europeus ao Brasil, o Cerrado cobria uma extensa e contínua área com mais de dois milhões de quilômetros quadrados. No século XVIII, a descoberta de minerais, notadamente o ouro, moveu o eixo econômico da Mata Atlântica, no litoral, em direção ao Cerrado. Foi a primeira atividade econômica que deslocou populações para o interior do país. Mas a infraestrutura ainda era inadequada e isso manteve a região relativamente isolada até a segunda metade do século XIX, quando as primeiras ferrovias adentraram pelos estados de São Paulo e Minas Gerais e depois chegaram ao coração do Cerrado, no Mato Grosso do Sul e em Goiás. Foi na década de 1970, com a criação de planos nacionais de desenvolvimento, que tecnologias modernas de exploração e uso intensivo da terra para a agricultura foram introduzidas, dando início à ocupação efetiva do bioma.

Na década de 1980, o oeste da Bahia e, especialmente, regiões do Mato Grosso, Pará e Rondônia foram as novas áreas ocupadas

— estas últimas foram tão intensamente ocupadas que ficaram conhecidas em conjunto como “arco do desmatamento”, pois ali o crescimento de atividades como a pecuária e agricultura dizima o Cerrado e avança para Amazônia, causando desmatamento em ambos os biomas. Na década seguinte, a atividade agrícola expandiu-se para o que restava de Cerrado ainda não ocupado, numa região denominada Matopiba, localizada na confluência dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Os preços de terra muito baixos, a mecanização, o aumento da fertilidade do solo e o desenvolvimento de variedades agrícolas provocaram uma nova frente de ocupação nessa região. Na década de 2000, o plantio para a produção de biocombustíveis também avançou para o interior do Cerrado, intensificando a força do agronegócio.

Atualmente, a agricultura de soja, milho, algodão, cana-de-açúcar e a pecuária para abastecer o mercado nacional e internacional são as principais atividades econômicas no Cerrado. A produção animal é o uso predominante da terra, seguido por culturas agrícolas. A produção de carvão vegetal para a indústria siderúrgica, principalmente em Minas Gerais e, mais recentemente, no Mato Grosso do Sul, também

“Nem tudo que é torto é errado
vide as pernas do Garrincha
e as árvores do cerrado” *Nikolas Behr,*
Nem tudo que é torto

Campo sujo em Carrancas, MG

está se tornando uma importante (e ameaçadora) atividade econômica.

Se por um lado a ocupação e a intensificação do agronegócio proporcionaram o aumento da importância econômica do Cerrado, por outro, implicaram em grandes perdas de vegetação nativa. Dados oficiais indicam que já foram derrubados mais de um milhão de quilômetros quadrados do Cerrado original. De 2002 a 2014, o desmatamento no bioma causou a supressão de aproximadamente 64.000 km² de área nativa. Dos 9,5 milhões de toneladas de carvão produzidos no Brasil em 2005, 50% veio da queima da vegetação nativa, na maior parte do Cerrado. E o processo de ocupação continua, especialmente ao norte, no Maranhão, Piauí e Tocantins, e a oeste, no Mato Grosso.

Baseados em projeções sobre a economia e nas taxas de desmatamento atuais, modelos computacionais apontam o avanço da ocupação do Matopiba em cerca de 40.000 km² por década, rumo a um desastre ambiental. Mesmo onde o desmatamento diminuiu em relação às décadas de 1990 e 2000, como na fronteira agrícola do Mato Grosso, as queimadas frequentes estão produzindo alterações na vegetação do Cerrado, com prováveis consequências

futuras, como a fragmentação de habitats e a invasão biológica através da introdução de espécies exóticas de gramíneas africanas, entre outras.

Um bioma prioritário para a conservação

O Cerrado é considerado um *hotspot*, um local prioritário para a conservação da biodiversidade mundial, pois está sob forte pressão antrópica, abriga grande biodiversidade e possui muitas espécies endêmicas — 38% do total de plantas, 37% das espécies de lagartos e serpentes, 50% dos anfíbios, 12% dos mamíferos e 4% das aves, dentre outros. O bioma apresenta também muitos dos chamados centros de endemismo, locais com muitas espécies que só ocorrem ali. É o caso da Serra do Espinhaço (MG), das chapadas dos Veadeiros (GO) e dos Guimarães (MT), da planície do rio Araguaia (TO/PA) e do vale do rio Paranã (GO). Essas regiões, aparentemente, permaneceram isoladas umas das outras por milhares

“O buriti é das margens, ele cai seus cocos na vereda – as águas levam – em beiras, o coquinho as águas mesmas replantam; daí o buritizal, de um lado e do outro se alinhando, acompanhando, que nem que por um cálculo.”

Guimarães Rosa, Grande Sertão: Veredas

Jardim de Maytrea, Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO

de anos, permitindo que comunidades únicas de animais e plantas se desenvolvessem. Regiões de contato do Cerrado com outros biomas também possuem ambientes únicos, como a transição com a Amazônia, que se estende por mais de 6.000 km, do Maranhão até a Bolívia, e, infelizmente, onde se localiza o “arco do desmatamento”.

Há também grandes lacunas de conhecimento sobre o Cerrado. Para se ter uma ideia, aproximadamente 1.300 novas espécies de vertebrados foram descritas no Brasil nos últimos 30 anos, desse total, 340 foram encontradas no Cerrado, o que equivale a quase uma espécie descrita por mês no bioma. Além disso, estima-se que existam cerca de 100 mil espécies de fun-

gos no Cerrado, mas atualmente apenas 1% desse valor é conhecido, e a diversidade de mixomicetos, apenas começou a ser revelada na última década. O conhecimento sobre fungos associados às raízes das plantas também é rudimentar.

Sazonalidade das chuvas, fator essencial para o Cerrado

A forte sazonalidade das chuvas é um fator importante nos processos ambientais no Cerrado e a biota responde à acentua-



da variação desse recurso. Há roedores que aproveitam a florada das gramíneas para se reproduzir em plena seca, mas muitas espécies se reproduzem no começo da estação chuvosa. Aves migratórias retornam à região antes das chuvas para iniciar a reprodução; cupins voam aos milhões em busca de parceiros, fenômeno aproveitado pelos animais que deles se alimentam; cigarras também afluem depois de até 17 anos vivendo no subsolo, e rapidamente mudam para a forma adulta para reproduzir.

A chegada das chuvas faz com que diversos anfíbios aumentem explosivamente suas populações, além de fazer brotar muitas sementes que ficam dormentes no solo. Um dos casos mais curiosos é o do pirá-brasília (*Simpsonichthys boitonei*), um peixe endêmico do Distrito Federal que desenvolveu um comportamento reprodutivo extremo. Os adultos da espécie se reproduzem no período chuvoso e morrem com a seca, deixando ovos depositados no fundo de lagoas temporárias. Quando a chuva enche novamente as lagoas, os alevinos formam novas populações.

O ciclo hidrológico também mantém a dinâmica de rios e bacias e é um fator controlador de fluxos e estoques de carbono.

Em função dos solos pobres em nutrientes e da restrição hídrica durante a seca, a vegetação típica do Cerrado tem mais biomassa embaixo da terra do que na parte de cima. De certa forma, é como se as árvores do Cerrado crescessem de cabeça para baixo, tendo muito mais biomassa nas raízes do que acima do solo, em troncos e folhas. Esse fato faz com que ecossistemas de Cerrado representem estoques significativos de carbono, em especial considerando-se a matéria orgânica no solo.

Serviços ambientais e usos da biodiversidade

O Cerrado contribui enormemente para o bem-estar humano provendo serviços ecossistêmicos em escalas local, regional e global. O bioma é, por exemplo, responsável pela manutenção da dinâmica hídrica das bacias do Amazonas, Tocantins, Parnaíba, São Francisco, Paraná e Paraguai. Extensas áreas, especialmente dos chapadões do Brasil central, contribuem para a recarga e a manutenção do volume, da vazão e da qualidade da água de aquíferos, como o Guarani. Sua vegetação nativa, principalmente os campos úmidos e as várzeas, regula o fluxo de água e mantém sua qualidade, reduzindo o custo do

tratamento de água em cerca de 100 vezes.

Animais também cumprem importantes papéis. Cupins e formigas são fundamentais na reciclagem de nutrientes e estruturação dos solos. Abelhas, besouros, aves e morcegos realizam a polinização, aumentando a produtividade de cultivos como o de café, laranja e limão, tomate, berinjela, abóbora, pe-

qui, jatobá e muitos outros. Aumentar a produtividade com a ajuda desses animais é muito mais barato e rápido do que, por exemplo, realizar artificialmente a polinização, como ocorre em algumas culturas, como a do maracujá. Estudos em cafezais mineiros constataram que aqueles localizados próximos à vegetação nativa são 14,6% mais produtivos que os mais afastados. Essa diferença se deve à ação dos polinizadores que habitam as áreas nativas próximas aos plantios. Ou seja, é um bom negócio preservar a biodiversidade.

Comunidades, povos tradicionais e agricultores familiares extraem do Cerrado



Arara-canindé (*Ara ararauna*) sobre palmeira em frutificação

diversos bens para consumo próprio e geração de renda, desde alimentos, fibras e óleos, até medicamentos e material de construção. Muitos frutos comestíveis, como o pequi (*Caryocar brasiliense*) e o buriti (*Mauritia flexuosa*), são retirados da natureza e comercializados em grandes quantidades pela indústria agrícola e por extrativistas, seja *in natura* ou na forma de conservas, compotas, sorvetes, óleos, farinha, entre outros. Esses produtos têm amplo consumo regional, e alguns chegam a outras partes do país, como o pequi, presente em feiras da cidade de São Paulo.

Assim como em outros biomas, os nú-



“O senhor vê: o remôo do vento nas palmas dos buritis todos, quando é ameaço de tempestade. Alguém esquece isso? O vento é verde. Aí, no intervalo, o senhor pega o silêncio põe no colo. Eu sou donde eu nasci.” *Guimarães Rosa, Grandes Sertão: Veredas*

Tempestade em formação sobre os campos sujos do Parque Nacional das Emas, GO

meros oficiais dos volumes de plantas nativas comercializados estão muito abaixo dos valores reais. Dados oficiais indicam que a produção nacional de pequi foi de 5.700 toneladas em 2010, sendo Minas Gerais responsável por quase 30% desse total. No entanto, resultados de pesquisas conduzidas pelo PPBio-Cerrado confirmam que apenas um comerciante chega a transportar e comercializar 7.500 toneladas nos anos em que a safra é boa.

Há milhares de comerciantes que compram a produção diretamente dos agroextrativistas, cooperativas que processam os frutos e uma intensa comercialização em feiras e margens de rodovias, atividades que envolvem milhares de pessoas. O comércio de castanhas de baru, por exem-

plo, pode gerar, em um ano, rendimentos que vão de 10 a 80 salários mínimos. Durante a safra de pequi, homens e mulheres de todas as idades colhem os frutos para vendê-los para intermediários, obtendo renda diária que excede em quatro vezes a renda diária obtida como empregado de uma fazenda. É importante notar que há estudos que evidenciam ser possível extrair, de forma sustentável, 40% dos frutos de pequi deixando o suficiente para a fauna nativa.

O volume de frutos colhidos e comercializados, e a quantidade de pessoas ocupadas com a cadeia produtiva relacionada a espécies nativas, embora desconhecidos, indicam que o agroextrativismo no Cerrado é uma atividade importante para a



economia e para os meios de vida das comunidades tradicionais, além de um aliado no manejo sustentável e na conservação da biodiversidade. Cooperativas e associações de agricultores desempenham papel importante nesse processo. Há cooperativas no Cerrado que chegam a processar até 240 toneladas ao ano de frutos nativos.

A biodiversidade do Cerrado fornece também uma miríade de medicamentos, como a rutina, substância que fortalece os vasos sanguíneos, e a isoquerssetina, usada no tratamento da diabetes e catarata, ambas extraídas da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*). As plantas do Cerrado possuem grande valor estético, e muitas são coletadas por populações de baixa renda e exportadas como plantas ornamentais para mais de 50 países. Em 2003, o volume das exportações chegou a 940

toneladas, e em 1991 gerou US\$2,74 milhões. Esse comércio ocorre há décadas, remunerando famílias de baixa renda nas zonas rural e urbana, e constituindo um rico patrimônio cultural ainda pouco conhecido por pessoas de fora da região. A contribuição de produtos da biodiversidade para a renda das famílias pode ser substancial, mas a diferença entre os preços dos produtos vendidos nos centros urbanos pode chegar 1.300% do valor pago ao agroextrativista no campo.

Ameaças e Soluções

Atualmente, o Cerrado tem um nível de proteção ambiental muito aquém das metas internacionais de conservação da biodiversidade. São visíveis o comprometimento dos recursos hídricos, os processos erosivos, inundações e outros impactos que trazem, ironicamente, insegurança



Êma (*Rhea americana*) no Parque Nacional das Emas, GO

para a agricultura e pecuária, fatores causadores da ocupação do bioma. Infelizmente, há também descaso na ocupação do Cerrado em relação às comunidades indígenas e tradicionais. Casos emblemáticos são os dos índios Goyazes, extintos desde o tempo dos bandeirantes, e dos Avá-Canoeiros, grupo nômade que atualmente totaliza menos de 25 pessoas, e que teve suas terras paulatinamente ocupadas por fazendas, garimpos e cidades.

O Brasil possui diversos mecanismos legais capazes de assegurar que a implantação de empreendimentos de significativo impacto ambiental seja acompanhada de estudos de impacto e da adoção de medidas de mitigação das alterações ambientais e sociais causadas. Mesmo assim, o

Cerrado é severa e continuamente afetado por desmatamentos e pela ocupação desordenada. Por que isso acontece? E, no futuro, qual será a trajetória de ocupação? Como evitar o desaparecimento do Cerrado? As respostas não são simples e requerem novas frentes de trabalho que envolvam aumento da proteção ambiental, recuperação das áreas excessivamente ocupadas, desenvolvimento de pesquisas e adoção de modelos econômicos ambientalmente adequados e socialmente justos.

Em todo o mundo, unidades de conservação são a base para a proteção da biodiversidade. No Cerrado, os locais protegidos representam ínfimos 8,6% da área original do bioma. Deste total, 4,9% são

Áreas de Proteção Ambiental, ou seja, com baixíssima contribuição efetiva para a conservação do bioma. Embora os compromissos assumidos internacionalmente pelo Brasil recomendem que até 2020 esse percentual deva dobrar, considerando-se as medidas ineficientes e tendências políticas para a conservação do bioma, dificilmente a meta será alcançada. Agravando a situação, a demanda local e global por acesso e uso dos recursos naturais já exerce pressão para a diminuição e recategorização das unidades de conservação. Entre 1981 e 2012 a perda do status de unidade de conservação, conhecida juridicamente como desafetação, totalizou uma área de quase 300.000 ha no Cerrado.

Além da criação e fortalecimento de unidades de conservação, é preciso investir na restauração ecológica. Recompôr os ecossistemas nativos é uma estratégia para diminuir os chamados passivos ambientais, obrigações que empreendimentos que causam impacto ambiental devem cumprir para compensar os danos que causam. A recomposição ainda melhora a qualidade da água, reduz emissões de gases de efeito-estufa e coloca o ambiente no seu rumo natural e em sintonia com o ecossistema intacto adjacente.

No âmbito internacional, o Brasil assumiu compromissos de conter a perda de biodiversidade ao ratificar a Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (CDB), e de reduzir emissões de gases de efeito-estufa com a ratificação da Convenção sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). Esses compromissos preveem o aumento da proteção e a redução dos desmatamentos, tornando prioritária a identificação das áreas mais ameaçadas pela perda da vegetação e dos locais que mais contribuem para o sequestro de carbono. O Cerrado precisa ser efetivamente integrado à política internacional sobre a biodiversidade. Mais de um milhão de km² da sua área original, ou seja, mais de 50% da vegetação nativa, foi convertida, tornando o Cerrado o bioma que mais tem sofrido com o desmatamento. Graus maiores de proteção e ações concretas de conservação tem sido estabelecidas em ambientes florestais, algo que não têm acontecido com a mesma velocidade e intensidade no Cerrado, na Caatinga e nos Campos Sulinos. O atendimento às políticas internacionais não pode ser feito apenas em um ou outro bioma, às custas da savana mais rica em espécies do planeta.

Pesquisas e conhecimento científico são

parte da solução para os problemas no Cerrado. Processos inovadores e atividades comerciais voltadas para produtos nativos, como a exploração de princípios fármacos, polpas e ecoturismo, entre outros, devem ser fortemente estimulados. A restauração ambiental e o aumento da eficiência no uso de áreas já ocupadas devem ser igualmente implementados. É possível ainda que instrumentos econômicos sejam mais eficientes na regulação da ocupação do Cerrado do que todo o conjunto de ações de fiscalização e imposição dos mecanismos legais.

O avanço no conhecimento e a formação de pessoal especializado são fundamentais para o estabelecimento de atividades de conservação e uso sustentável do Cerrado. São necessárias informações precisas, que devem ser continuamente buscadas em campo, monitoradas e usadas para a definição de alternativas de uso do bioma para o bem da sociedade brasileira. O conhecimento científico sobre o Cerrado pode fornecer essas informações e as bases para repensar e reformular o processo de ocupação e as estratégias para a conservação do bioma.

SUGESTÕES DE LEITURA

Um bom começo para quem quer entender o Cerrado é o livro organizado por Aldicir Scariot, José Carlos Souza-Silva e Jeanine M. Felfili, “Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação”. A obra traz a contribuição de 46 pesquisadores empenhados em desvendar as peculiaridades, belezas e a diversidade biológica dos cerrados brasileiros. Leituras mais aprofundadas podem ser feitas a partir dos textos de Ilse e Gerhard Gottsberger no livro “*Life in the Cerrado*”, volumes I e II, que apresentam aspectos da evolução da flora do Cerrado. Já o livro editado por Paulo S. Oliveira e Robert Marquis, “*The Cerrado of Brazil*”, apresenta uma excelente revisão de vários aspectos do Cerrado, desde sua origem até a ecologia de interações. Para quem quer conhecer melhor os campos rupestres, sugerimos “*Ecology and Conservation of Mountain-Top Grasslands in Brazil*”, editado por Geraldo Wilson Fernandes e lançado em 2016. Na internet, uma boa fonte de informação é a página do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (www.lapig.iesa.ufg.br), que traz, por exemplo, dados sobre o desmatamento na região.

REDES COMCERRADO E RPBCERRADO

A rede ComCerrado é formada por 12 instituições de ensino e pesquisa, e organizações não-governamentais. Criada em 2009, está estruturada em nove núcleos regionais distribuídos entre Distrito Federal, Goiás, Tocantins, Bahia, Maranhão, além de Minas Gerais e Mato Grosso, que contam com dois núcleos cada. Os núcleos atuam em conjunto no desenvolvimento de pesquisa, intercâmbio de informação e experiências, treinamento e formação de pessoal e na publicação de artigos técnicos e científicos. A Rede de Pesquisa Biota do Cerrado (RPBCerrado) foi criada em 2010. Com coordenação na Universidade de Brasília, integra outras 13 instituições. Suas atividades visam ampliar e divulgar o conhecimento sobre a biodiversidade do Cerrado para promover sua conservação e uso sustentável, e formar pessoal altamente qualificado em biodiversidade do Cerrado.



Sapo flecha (*Ameerega flavopicta*) na Chapada dos Veadeiros, GO
Mocó (*Kerodon rupestris*) no Parque Nacional da Chapada Diamantina, BA
Veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) no Parque Nacional das Emas, GO
Gafanhotos (espécie desconhecida) no Parque Nacional das Emas, GO



Campo de mimosinho , com
predominância de capim mimoso
(*Axonopus purpusii*)

PANTANAL

A IDENTIDADE DE UMA GRANDE ÁREA ÚMIDA

Cátia Nunes da Cunha

Pierre Girard

Gustavo Manzon Nunes

Julia Arieira

Jerry Penha

Wolfgang J. Junk



"No Pantanal ninguém pode passar régua. Sobre muito quando chove. A régua é existidura de limite. E o Pantanal não tem limites." *Manoel de Barros, Livro de Pré-Coisas*

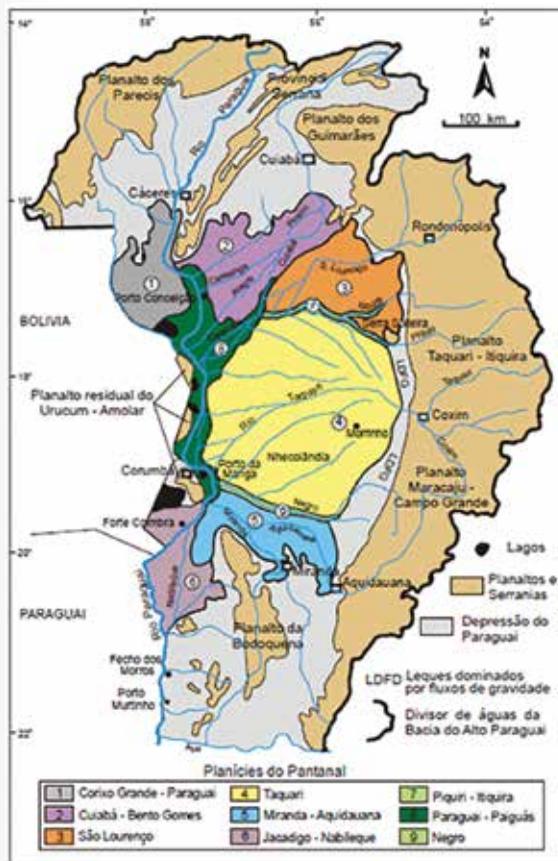
O Pantanal Mato-Grossense é uma planície de inundação com cerca de 150 mil km² localizada na região Centro-Oeste do Brasil. Essa enorme área úmida apresenta uma fase aquática e outra terrestre que se alternam anualmente, e é composta por diferentes macrohabitats, unidades de paisagem sujeitas a condições hidrológicas similares e cobertas por vegetação característica. Atualmente, há 57 macrohabitats descritos para o Pantanal, número que certamente aumentará conforme mais estudos sejam feitos. Os limites do Pantanal são indicados pela presença de solos hidromórficos (caracterizados pela drenagem deficiente ou ocorrência de inundações periódicas e prolongadas) associados ou não à presença de plantas adaptadas a condições de submersão, alagamento ou encharcamento.

CLIMA E RELEVO

O Pantanal situa-se na depressão do alto rio Paraguai, que se estende entre o Brasil central e a base dos Andes. A depressão é circundada por diferentes formações geológicas e é coberta, em maior parte, com sedimentos de origem lacustre ou fluvial depositados entre cinco milhões e 11 mil anos atrás, entre o Plioceno e o Pleistoceno. Os solos são geralmente hidromórficos, com textura variando de argilosas a arenosas. De maio a setembro ocorre a estação seca, e de outubro a abril, a estação chuvosa. A precipitação anual varia de 1.089 mm (Corumbá, MS) a 1.250 mm (Cáceres, MT). A temperatura varia de 27.4 °C (dezembro) a 21.4 °C (julho) próximo a Cuiabá, mas pode ocasionalmente descer a 0° C quando massas de ar frio chegam à região.

BIODIVERSIDADE

Estima-se que existam cerca de 2.000 espécies de plantas no Pantanal, 13% das quais são macrófitas aquáticas e 87% são espécies terrestres. Destas, 50% são espécies de ampla distribuição, 30% são espécies do bioma Cerrado e 20% têm outras origens. Entre as espécies de ampla distribuição estão: aguapé (*Eichhornia crassipes*), orelha-de-onça (*Salvinia auriculata*) e guanandi (*Calophyllum brasiliensis*). A maior contribuição vem do Cerrado, principalmente quanto a árvores e arbustos que ocupam áreas livres ou inundadas somente em anos de inundação muito grande, como pau-terra (*Qualea grandiflora*), lixeira (*Curatella americana*) e timbó (*Magonia pubescens*). Outras contribuições vêm do Chaco, que se estende da Bolívia ao Paraguai e adentra o Pantanal, como o carandá (*Copernicia alba*). Da bacia amazônica ocorrem aquelas consideradas tolerantes à inundação, por exemplo a pimenteira (*Licania parvifolia*), o novateiro (*Triplaris americana*) e a fruta-de-pacú (*Pouteria glomerata*). A Floresta Seca Chiquitana e as Florestas Semidecídua e Decídua brasileiras trazem espécies como o ipê-branco (*Handroanthus roseo-albus*) e ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*).



Bacia do Alto Paraguai e subsistemas hidrogeomorfológicos do Pantanal. (Fonte: Assine 2003)

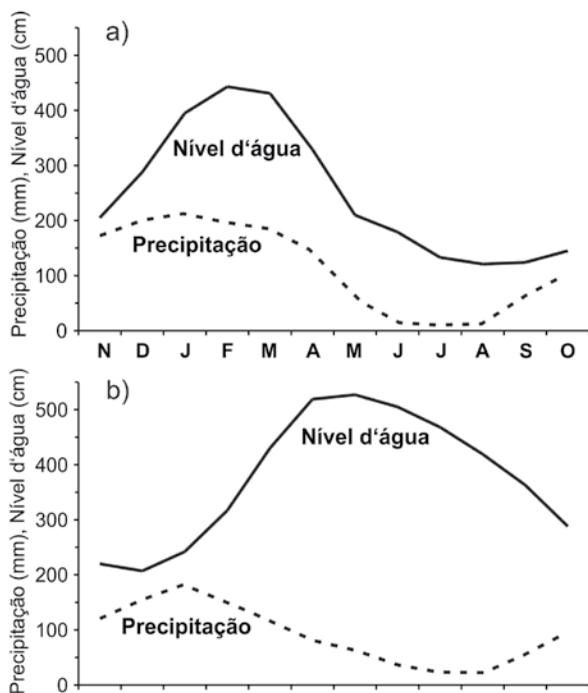
Cerca de 20% da América do Sul tropical são áreas úmidas, embora algumas tenham pequenas dimensões e sejam pouco conhecidas. Áreas úmidas são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos cuja identidade é definida pela hidrologia. Regimes distintos de flutuações do nível da água do solo, o chamado pulso de inundação, diferenciam a maioria das áreas úmidas no Brasil, influenciando a distribuição e a composição de comunidades de plantas e animais, o que resulta numa

grande diversidade de espécies adaptadas a variações na disponibilidade de água.

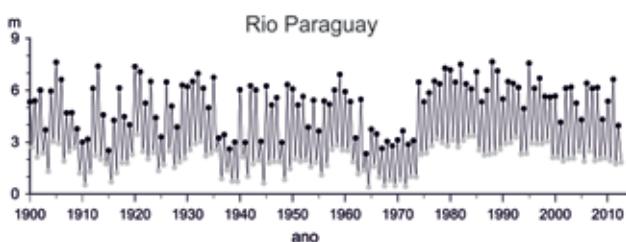
O Pantanal é uma grande área úmida que se estende pelos estados brasileiros de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, até a Bolívia e o Paraguai. É caracterizado por um pulso de inundação previsível, com uma fase aquática e outra terrestre, de baixa amplitude (médias máximas abaixo de quatro metros) e longa duração (acima de seis meses). O pulso de inundação coincide, na parte norte, com a estação das chuvas, e tem uma defasagem de cerca de três meses na parte sul.

As paisagens pantaneiras atuais mostram elementos testemunhos das mudanças no clima e na geografia da região iniciadas há 2,5 milhões de anos. Atualmente, sua estrutura e funcionamento dependem dos níveis de água oscilantes: é a oscilação que promove o intercâmbio de águas, de nutrientes e de organismos entre os rios, lagos e as áreas alagáveis adjacentes.

A dinâmica de inundação confere ao Pantanal sua identidade e é dirigida por uma conjunção de fatores climáticos, geomorfológicos e hidrológicos. A inundação sazonal é resultante da drenagem restrita do solo ou da elevação do nível da água subterrânea, da existência de um relevo qua-



Precipitação média mensal e nível d'água médio do rio.
 a) Cuiabá norte do Pantanal (Fonte: Zeilhofer, 1996);
 b) Ladário, sul do Pantanal (Fonte: Hamilton et al., 1999)



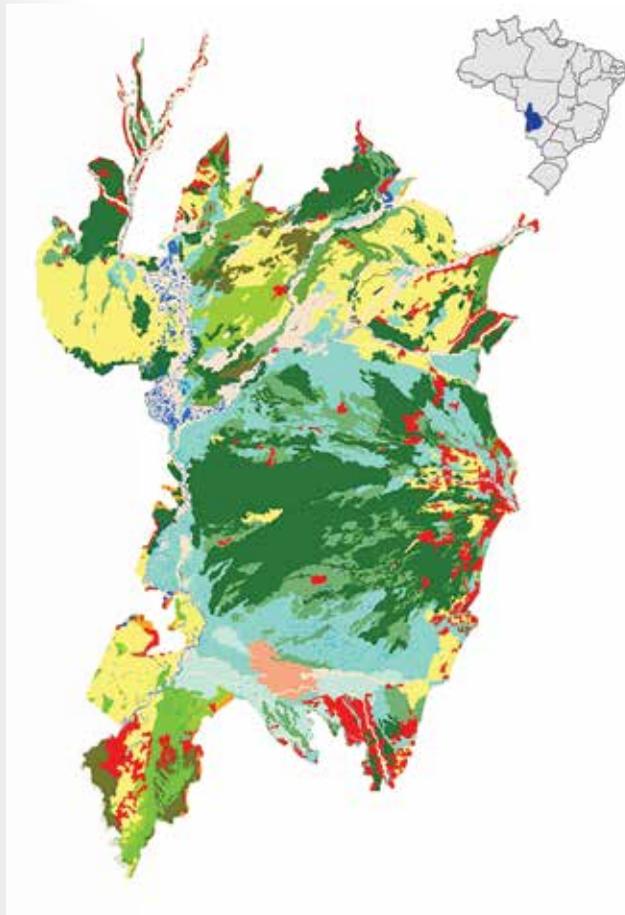
Flutuações anuais do nível d'água do rio Paraguai em Ladário de 1900 – 2012. Períodos plurianuais de inundação com anos de secas extraordinárias e anos com fluxos variáveis de inundação. Dados do Departamento Nacional de  guas (ANA)

se plano e de chuvas concentradas durante o verão. Nesse período, os rios transbordam e a água da chuva empocha sobre os solos devido   sua baixa capacidade de drenagem. Como resultado, uma significativa parte dos solos da planície pantaneira permanece saturada ou inundada por períodos que variam de poucos dias a mais de oito meses.

Além das variações anuais, podem ocorrer períodos plurianuais chuvosos e de estiagens, que resultam em eventos extremos de enchentes e secas acompanhadas de grandes incêndios. Essas variações, tanto anuais quanto plurianuais, afetam a biota com diferentes intensidades e em diferentes escalas de tempo.

A vegeta o do Pantanal pertence ao domínio fitoecol gico da Savana/Cerrado, com fitofisionomias de cerradões ocorrendo em áreas permanentemente terrestres, enquanto cerrado, campos cerrado e outras fisionomias do cerrado *lato sensu* ocorrem em áreas periodicamente inundáveis.

O clima influencia a dominância de fitofisionomias savânicas na região. De acordo com a abordagem atual, o Pantanal compreende 13 formações que traduzem a cobertura vegetal e o regime de inundação.



- Savana Estépica Parque com Paratudal
- Savana Parque
- Savana Estépica Parque inundável
- Campos de Alta Inundação
- Floresta Estacional não Inundável
- Savana Florestada não Inundável
- Floresta Estacional Semidecidual Inundável
- Savanas e Florestas Inundáveis com Dinâmica de Vegetação
- Campos de baixa Inundação
- Savana Estépica Florestada não Inundável
- Savana Estépica Arborizada Inundável
- Contato Savana / Savana Estépica
- Campos de Média Inundação
- Pecuária e Culturas Cíclicas
- Corpos d'Água

Mapa preliminar da vegetação do Pantanal resultante da sobreposição de mapas da vegetação e dados sobre inundação

Essas formações são representadas por fisionomias aquáticas, campestres, savânica-cerrado e florestais. A flora da região é composta por elementos oriundos de domínios morfoclimáticos e fitogeográficos como o Cerrado, a Amazônia e o Chaco, que imigraram para o Pantanal devido a oscilações climáticas ocorridas durante o Pleistoceno, entre 2,5 milhões e 11,5 mil anos atrás.

Gestão e conservação

Grandes áreas úmidas como o Pantanal apresentam conjuntos complexos de unidades de paisagem sujeitos a diferentes padrões de inundação e seca, e que interagem quanto aos fluxos de água, ciclos biogeoquímicos e intercâmbio de flora e fauna. Devido à alta complexidade, várias propostas de classificação têm sido apresentadas para tornar possível o planejamento, a gestão e a conservação do Pantanal.

Uma das propostas, feita pelo geólogo Mario Luis Assine em 2003, divide o Pantanal em nove subsistemas com base nos processos hidrogeomorfológicos que comandam a formação e a dinâmica da paisagem. Apesar de essa proposta representar um avanço para a gestão do Pantanal, ainda havia necessidade de definir

e delimitar unidades operacionais em escala espacial mais detalhada, que tratassem do ambiente físico associado à biota e que tivessem reconhecimento pela população local. Com o intuito de suprir essa necessidade foi proposta a utilização de unidades naturais denominadas macrohabitats.

No Pantanal, os macrohabitats são unidades de paisagem sujeitas a condições hidrológicas similares e com uma vegetação característica. Formando um mosaico, cujas peças estão interconectadas e interagem de forma complexa. Por isso, correspondem ao nível mais detalhado dentro da classificação de áreas úmidas,

e representam a escala mais adequada para o entendimento e o manejo da paisagem. Esse conceito também requer que os gestores de iniciativas na região utilizem nomes para os macrohabitats que correspondam aos utilizados pelos pantaneiros. Dessa forma, a população local reconhece os macrohabitats e pode praticar seu uso de forma sustentável, promovendo sua proteção.

Planos de manejo e projetos científicos no Pantanal também devem considerar a diversidade de macrohabitats. Muitos animais aquáticos e terrestres passam fases do seu ciclo de vida em diferentes am-

Área alagada com vitória-régia em flor
(Victoria amazonica)



bientes e migram entre os macrohabitats para procurar alimento, proteção contra predadores, refúgio contra inundação ou seca, ou locais para reprodução. Assim, mantendo-se a diversidade de macrohabitats protege-se a integridade estrutural e funcional da área úmida como um todo, bem como sua biodiversidade.

Principais macrohabitats pantaneiros

Os principais macrohabitats do Pantanal foram definidos por Cátia Nunes da Cunha e Wolfgang J. Junk, pesquisadores ligados ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio).

Entre os macrohabitats campestres há os campos de mimoso, cujas plantas predominantes são do tipo C3, consideradas espécies esbanjadoras de água, enquanto os campos de murundus, de caronal e de macega-vermelha são dominados por plantas savânicas típicas, do tipo C4, econômicas quanto ao uso da água. Os campos de mimosinho são cobertos por capim-mimoso (*Axonopus purpusii* e *Reimarochloa brasiliensis*), espécies reconhecidas pelo sabor agradável e pelo alto valor nutricional para o gado. Já os campos de murunduns representam um macrohabitat muito característico, onde cupins constroem pequenas

“ilhas” terrestres em áreas campestres encharcadas. Tais “ilhas” são cobertas por espécies típicas do cerrado, como a lixeira (*Curatella americana*), e os espaços entre os murunduns são ocupados, na fase da cheia, por plantas aquáticas e de ambientes encharcados, e na fase seca, por plantas herbáceas terrestres.

Pombeiral é um macrohabitat formado por densos conjuntos de um arbusto escandente conhecido como pombeiro, cujo nome científico é *Combretum laxum*. Esses adensados de arbustos são considerados um problema pelos fazendeiros, pois costumam ocupar campos limpos usados como pasto para o gado.

Existem também diversos macrohabitats florestais. Os landis, por exemplo, são florestas sazonalmente inundáveis que se formam em antigos canais de drenagens e apresentam predomínio de uma espécie conhecida como pimenteira, a *Licania parvifolia*, e de outra conhecida como guanandi, a *Calophyllum brasiliense*. Eles funcionam como corredores naturais que transportam água dentro da planície durante a fase aquática do sistema, e servem como refúgio das altas temperaturas para a fauna durante a fase terrestre. Já os cambarazais

são florestas dominadas por uma planta conhecida como cambará (*Vochysia divergens*) e ocorrem em planícies onde a inundação pode durar por até seis meses. O cerradão, por sua vez, é uma floresta baixa e densa, com árvores e arvoretas de lixeira e cumbaru, timbó e gonçaleiro (respectivamente: *Curatella americana*, *Dipteryx alata*, *Magonia pubescens*, *Astronium fraxinifolium*) e cujo estrato herbáceo é composto principalmente por gravatás (*Bromelia balansae*). Cerrados nas terras secas são refúgios importantes para animais silvestres e domésticos, principalmente durante a fase aquática do sistema, porque estas áreas permanecem livres da inundação.

Os brejos caracterizam-se pela presença de solo saturado por água ou com lâmina d'água que varia durante o ano, ainda que alguns possam secar completamente em anos de extrema seca. Podem ser dominados por uma única espécie herbácea, como acontece no pirizal, dominado por *Cyperus giganteus*. Brejos representam cerca 7,4% das formações vegetais do Pantanal. No entanto, esses ambientes ainda carecem de caracterização mais adequada e recomenda-se que sejam objetos de estudos, posto que são habitats especiais

para a fauna e os macrohabitats mais afetados por alterações no ciclo da água, sejam elas causadas por eventos naturais ou pela ação humana.

A ação humana é, por sinal, responsável pela existência de macrohabitats específicos no Pantanal, caso dos pastos plantados com cultivos exóticos, caracterizados pelo estrato herbáceo denso com predominância da espécie de gramínea *Bracharia humidicola*.

Instrumentos legais e desafios para proteção das áreas úmidas

O Pantanal Mato-Grossense é declarado patrimônio nacional na Constituição Federal de 1988, e sua utilização deve ser feita na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais. A conservação e o uso sustentável do Pantanal também se tornaram um compromisso oficial quando o Brasil, em 1996, assinou a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, mais conhecida como Convenção de Ramsar. Mas, mesmo com essas duas referências jurídicas sustentando as diretrizes de políticas públicas para o Pantanal, a região não é de fato tratada como um ecossistema

de áreas úmidas, respeitando sua característica ecológica principal, como preconizado no contexto da Convenção de Ramsar.

Leis federais, como o Código Florestal¹ e a Política Nacional de Recursos Hídricos², ignoram a natureza ecológica de áreas úmidas como o Pantanal e delegam a cada estado a responsabilidade da aplicação de dispositivos legais, sem levar em conta a possibilidade de conflitos. Assim, urge a criação de instrumentos políticos novos, cujo foco esteja especificamente nas áreas úmidas. Estes instrumentos legais devem considerar a natureza intrínseca do Pantanal e buscar a manutenção dos processos hidroecológicos em toda a bacia hidrográfica, de modo a garantir o uso e a gestão de modo sustentável.

Áreas úmidas são de imenso valor para países tropicais, principalmente para aqueles que enfrentam períodos prolongados de falta d'água ou para os quais são projetados cenários negativos de mudanças do clima. Essas áreas assumem funções importantes que contribuem para o bem-estar das populações humanas: fornecem recarga de água dos rios e aquíferos; são locais para

produção de alimento; estocam carbono e controlam erosões, retendo sedimentos e nutrientes; reabastecem rios, amortecendo extremos climáticos; e ajudam no controle da proliferação de doenças.

A despeito disso, as áreas úmidas estão sob forte ameaça de desaparecimento ou degradação. Tradicionalmente, as leis brasileiras que tratam de temas relacionados ao meio ambiente são fundamentadas em conhecimentos sobre ecossistemas terrestres ou aquáticos, algo inadequado para o Pantanal. Para essa região, as políticas públicas devem ser baseadas em sua natureza intrínseca de área úmida e em conhecimento científico acumulado sobre essas áreas, não utilizado, por exemplo, no Código Florestal de 2012 e no projeto da Lei do Pantanal³.

Em relação à gestão de áreas pantaneiras, é preciso considerar a dificuldade imposta pela existência de enorme diversidade de macrohabitats e as variações do ecossistema em suas fases aquática e terrestre. Uma gestão que efetivamente aplicasse os princípios acordados na Convenção Ramsar funcionaria como um marco

1 Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012)

2 Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997

3 Projeto de Lei do Senado nº 750, de 2011.

regulatório para a gestão de toda a região. Tal gestão deve atender a uma visão ecossistêmica, garantindo a manutenção do caráter de área úmida do ambiente pantaneiro mediante a implantação de ações de desenvolvimento sustentável.

Para o uso sustentável no Pantanal, as atividades devem primar pela manutenção do ciclo hidrológico natural e dos fluxos de sedimentos e nutrientes, bem como pela manutenção da diversidade dos macroha-

bitats naturais, dos processos ecológicos e das espécies, incluindo o fluxo gênico dentro do Pantanal e com o planalto que o circunda. Projetos de grandes obras de infraestrutura que alteram a hidrologia e o fluxo de sedimentos e nutrientes não devem ser executados, evitando o colapso do ecossistema. É também imprescindível que as atividades garantam a estabilidade e a manutenção de condições de vida adequadas às populações tradicionais.

SUGESTÕES DE LEITURA

O marco conceitual do Pantanal enquanto área úmida se fez através de artigo publicado em 1989 na *Canadian Special Publications for Fisheries and Aquatic Sciences* por Wolfgang Jung e colaboradores. O artigo, intitulado "*The Flood Pulse Concept in River-Floodplain-Systems*", mostra a importância do fluxo lateral da água dos rios, que ocorre anualmente durante a inundação, sobre os processos ecológicos. O livro de Aziz Ab'Saber intitulado "Brasil: Paisagens de Exceção" e o artigo de Mario Assine e Paulo César Soares, "*Quaternary of the Pantanal, West-Central Brazil*", publicado em 2004 no jornal *Quaternary International*, são referências para entender a gênese desse ecossistema. O artigo "*Biodiversity and its Conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil*", publicado na *Aquatic Science* em 2006 por Junk e colaboradores, reúne conhecimento sobre a fauna e a flora do Pantanal. Em um esforço recente para criar um sistema de classificação para as áreas úmidas brasileiras, pesquisadores do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INCT-INAU/UFMT) publicaram a classificação dos macrohabitats do Pantanal, mostrada no livro "Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats".

PRINCIPAIS MACROHABITATS NO PANTANAL

EM ÁREAS PERIODICAMENTE TERRESTRES

Campos pouco ou não alagados e campos inundados de três a seis meses

Conhecidos como campos de caronal, onde predomina o capim-corona (*Eleonurus muticus*), são pouco ou não alagados (a esquerda); campos de macega ou campos de capim-vermelho, nos quais predominam o capim-vermelho (*Andropogon hypogynus*) e *Axonopus leptostachium*, são inundados por cerca de três meses (a direita); ou campos de mimosinho, com predominância de capim-mimoso (*Axonopus purpusii*) e outras espécies, inundados por cerca de seis meses (foto na página 82).



Campos de murundus

Campos murundus são inundados por algumas semanas pela água de chuva (período chuvoso a esquerda e período seco a direita). Apresentam espécies de cerrado, como lixeira (*Curatella americana*) e craibeira (*Handroanthus aureus*), enquanto as partes alagadas são dominadas por plantas herbáceas.



Pombeiral

Formações densas de arbustos com até quatro metros de altura, com espécies como o pombeiro-preto e o pombeiro-branco (*Combretum laxum* e *C. lanceolatum*). Podem permanecer inundados por até seis meses.



Floresta poliespecífica e Landis (Floresta monoespecífica)

Inundadas por poucas semanas na porção mais alta do dique marginal, com espécies como *Banara guianensis* e *Mabea paniculata*. Já os landis ocorrem em canais rasos, sazonais e conectados ao lençol freático. Seu nome vem da árvore conhecida como guanadi (*Calophyllum brasiliense*).



Floresta monoespecífica

Conhecida como cambarazal, a floresta monoespecífica ocorre em planícies onde a inundação pode perdurar até oito meses. Seu nome vem da árvore conhecida como cambará (*Vochysia divergens*).



EM ÁREAS PANTANOSAS

Pântanos (ou brejos) de plantas herbáceas

Podem ser poliespecíficos (esquerda) ou monodominantes (direita), frequentemente chamados de brejos. São o habitat preferencial do cervo pantaneiro. O pirizal, que tem como principal espécie o piri (*Cyperus giganteus*), é um exemplo de brejo monodominante.



ÁREAS PERMANENTEMENTE TERRESTRES

As cordilheiras com cerradão (esquerda) são savanas florestadas com relação florística e estrutural aos cerradões do Centro-Oeste. Entre as espécies arbóreas destacam-se *Qualea parviflora* (pau-terra), *Qualea grandiflora* e *Alibertia edulis*. As florestas decíduas não inundáveis (direita), geralmente localizam-se sobre terraços aluviais antigos e apresentam espécies como *Handroanthus impetiginosus*, *Combretum leprosum* e *Myracrodruon urundeuva*.



EM ÁREAS ANTROPOGONICOS

Pastagens exóticas são campos de espécies exóticas como *Brachiaria humidicola* ou outras gramíneas mantendo ilhas de vegetação de murundus.



A REDE PPBIO PANTANAL

O Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) atua na porção norte do Pantanal implementando projetos ecológicos de longa duração no município de Nossa Senhora do Livramento, próximo a Poconé, em um sítio experimental chamado Sítio Pirizal. As atividades são realizadas por um grupo de 12 pesquisadores das universidades federais de Mato Grosso (UFMT), de Brasília (UnB) e de Minas Gerais (UFMG). O principal objetivo é identificar padrões de variação da biodiversidade e sua relação com os fatores ambientais e com as técnicas de manejo praticadas pela população rural nessa região. O sítio se insere em áreas privadas onde é praticada a pecuária extensiva, e contempla uma paisagem complexa, caracterizada por um mosaico savânico submetido a alagamento sazonal. Os estudos ocorrem em diferentes macrohabitats, incluindo áreas sazonalmente inundáveis (como campos nativos, pastagens de gramíneas exóticas, campos de murundus, landis e cambarazais) e sistemas terrestres não inundáveis (por exemplo, cordilheiras com savana arbórea densa e savana arbórea aberta). Os principais grupos monitorados são plantas, peixes, anfíbios, répteis, mamíferos, aves e alguns invertebrados.



Vista do Pantanal em período de cheia em Poconé - MT



Flor de cactus conhecido como Quipá ou Guigóia
(*Tacinga inamoema*)

CAATINGA

DIVERSIDADE NA ADVERSIDADE DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO



Luís Fernando Pascholati Gusmão
Luciano Paganucci de Queiroz
Freddy Ruben Bravo Quijano
Flora Acuña Juncá
Reyjane Patricia de Oliveira
Iuri Goulart Baseia

Em toda a extensão da vista, nenhuma outra árvore surgia. Só aquele velho juazeiro, devastado e espinhento, verdejava a copa hospitaleira na desolação cor de cinza da paisagem.
Rachel de Queiroz em O Quinze, 1930

A Caatinga ocupa 844.453 km², o equivalente a 11% do território brasileiro, e compreende quase a totalidade dos 980.000 km² da região do Semiárido. Sob o termo Caatinga existem vários tipos de vegetação. A paisagem mais comum é dominada por árvores baixas, frequentemente com espinhos e folhas diminutas, além de plantas suculentas, como cactos e eufórbias. Muitas plantas perdem as folhas na estação seca e apresentam floração intensa e rápida no início da estação chuvosa. Os índios já denominavam essa vegetação de Caatinga, que significa “mata branca” na língua tupi-guarani (“Caa” significa planta ou floresta e “tinga”, branca), ressaltando o aspecto claro da vegetação desfolhada na longa estação seca.

CLIMA E RELEVO

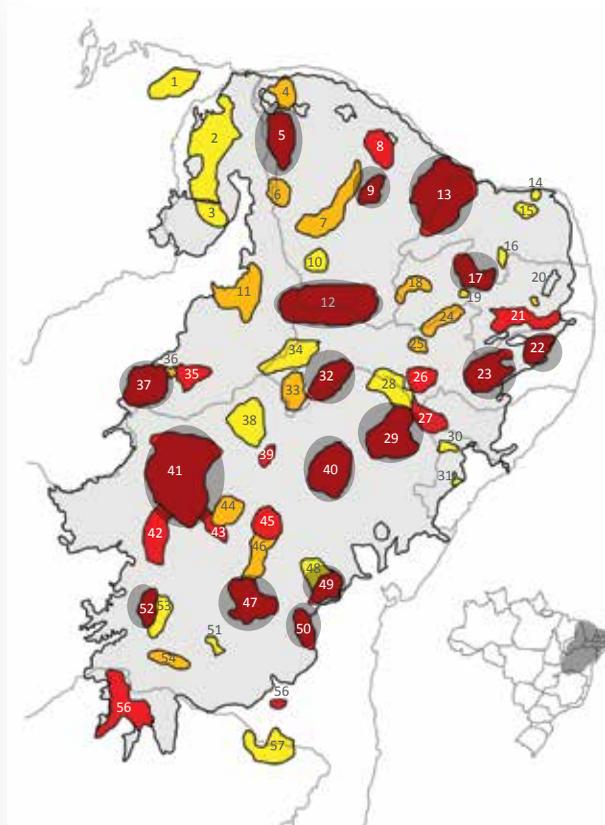
As chuvas são escassas e irregulares, concentradas em três a seis meses por ano, com médias anuais entre 250 mm e 800 mm. As temperaturas são altas, com média anual de 27 °C. Muitas áreas ficam seis meses ou mais sem chuvas. Além de concentradas em curto período, a distribuição das chuvas é muito irregular, podendo não chover durante todo um ano, especialmente quando ocorre o fenômeno conhecido como El Niño. O relevo é dominado por grandes depressões, com altitudes variando entre 200 m e 600 m e solos derivados diretamente do embasamento cristalino. Alguns planaltos têm altitudes de até 1.200 m, com predomínio de rochas sedimentares e solos arenosos.

BIODIVERSIDADE

A diversidade biológica da Caatinga é expressiva. Hoje são conhecidas 178 espécies de mamíferos, 975 de aves, 240 de peixes, 177 de répteis, 80 de anfíbios, 221 de abelhas, além de cerca de 6.000 espécies de plantas e mais de 1.000 espécies de fungos. Os números, no entanto, podem ser bem maiores. Trabalhos desenvolvidos pelo Programa de Pesquisa em Biodiversidade do Semiárido (PPBio Semiárido) já catalogaram mais de 4.500 espécies de diferentes grupos, com a descoberta de cerca de 400 espécies novas para a ciência.



Ziziphus joazeiro: "Ai, juazeiro, Tô cansado de sofrer. Juazeiro, meu destino, Tá ligado junto ao teu" Luiz Gonzaga & Humberto Teixeira, *Juazeiro*



PROBIO - Importância Biológica

- Extrema
- Muito alta
- Alta

Mapa de áreas prioritárias para conservação e conhecimento da biodiversidade no domínio da Caatinga. Círculos cinzas indicam áreas já inventariadas pelo PPBio Semiárido. (Fonte: Fundação Biodiversitas, 2000)

A água é essencial para a vida e sua disponibilidade leva a uma extraordinária diversificação, tanto biológica como cultural. Grande parte de oito dos nove estados da região Nordeste do Brasil e o norte de Minas Gerais têm na falta da água a sua principal e mais dramática feição, caracterizando o clima semiárido. A Caatinga recobre boa parte da região semiárida do Brasil e as plantas, animais e humanos que ali habitam convivem com uma oferta de água esporádica, irregular e imprevisível.

Os rios da Caatinga são quase sempre temporários, na estação seca restam apenas os seus leitos secos, que chegam a ser utilizados como estradas. O maior rio da região, e um dos poucos perenes, é o São Francisco.

Com 2.814 km de extensão, o São Francisco corta a Caatinga levando água a 521 municípios em cinco estados do Nordeste e sustentando seis usinas hidrelétricas.

Historicamente, a Caatinga foi observada com uma visão simplista que a reduzia a uma vegetação resultante da degradação de florestas exuberantes como as encontradas na Mata Atlântica e na Amazônia. Essa visão levou à falsa ideia de que a Caatinga abrigava poucas espécies. Entretanto, estudos recentes estão produzindo uma nova perspectiva que demonstra que a biota é extremamente diversa. Esses estudos estão revelando que há uma proporção elevada de espécies que ocorrem apenas na re-

gião: são conhecidos atualmente 18 gêneros endêmicos de plantas, o que pode indicar que se trata de organismos que surgiram na Caatinga como resultado de adaptação às suas condições inóspitas; e diversos animais, como o soldadinho-do-araripe, a arara-azul-de-lear e o veado-catingueiro.

Apesar disso, a Caatinga ainda está envolta pela ideia de improdutividade, sendo vista como uma fonte menor de recursos naturais, pobre e sem atrativos, o que tem feito com que siga sendo fortemente devastada e sua biota impiedosamente eliminada e reduzida. As estratégias de proteção também têm sido negligenciadas: menos de 1% do território da Caatinga encontra-se em unidades de conservação permanentes.

Na Caatinga ainda há muito a conhecer. Se sua riqueza de espécies é menor que em florestas tropicais úmidas, como a Mata Atlântica e a Amazônia, a diversidade de habitats, o isolamento e a adaptação das espécies às condições do clima garantem maior heterogeneidade e diversidade entre áreas dentro da Caatinga do que nos demais domínios fitogeográficos brasileiros. A biodiversidade está ligada a condições ambientais muito locais, que determinam biotas relativamente distintas, formadas

por espécies de distribuição restrita, mesmo em áreas relativamente próximas. Assim, o avanço no conhecimento da diversidade da Caatinga dependerá do estudo de mais áreas e habitats.

Atualmente, as plantas, particularmente as plantas com flores, são os organismos mais conhecidos. Entre os vertebrados, a diversidade de peixes é a mais bem conhecida, embora novas espécies continuem sendo descritas. Outros grupos, como anfíbios e mamíferos, principalmente morcegos e roedores, têm, comparativamente, menos estudos. Falta também conhecer melhor musgos e samambaias, fungos e insetos, estes últimos tão pouco estudados. Para gerar esse conhecimento é preciso muitas amostras, exemplares coletados em campo pelos pesquisadores, pois eles permitem saber quais espécies existem, onde existem e que habitat ocupam.

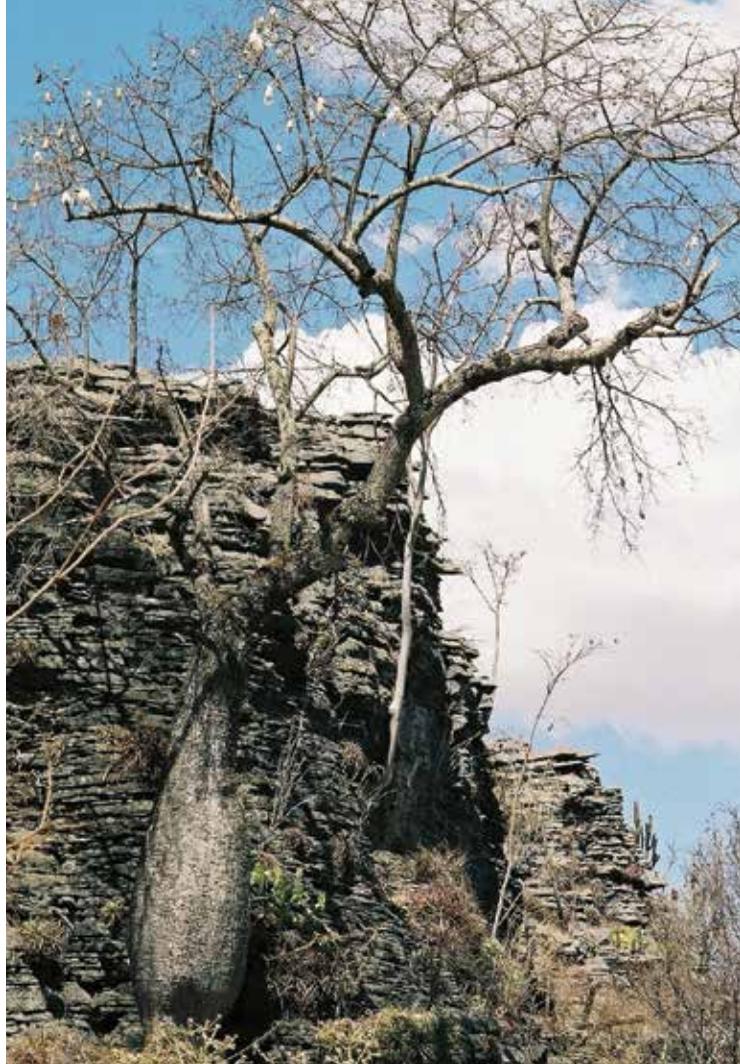
Estratégias de sobrevivência das plantas

Os processos ambientais na Caatinga são extremamente dependentes do regime local de chuvas e esta apresenta imensa diversidade espacial na sua distribuição, variando em quantidade (médias anuais), na distribuição ao longo do ano (existência e duração de períodos secos e chuvosos) e entre os anos (existência de anos secos

e anos chuvosos). Essas variações contribuem para acentuar a heterogeneidade ambiental e biológica do bioma.

Além do clima, há estudos demonstrando que a composição e o funcionamento da biota da Caatinga respondem à origem do solo, havendo distinções marcantes entre animais e plantas de áreas com solos derivados diretamente do embasamento cristalino (solos rasos e pedregosos, geralmente férteis) e de solos derivados de bacias sedimentares (arenosos, geralmente pobres em nutrientes).

A principal resposta fisiológica das árvores e arbustos à seca é a perda das folhas, processo conhecido como caducifolia. Muitas espécies da Caatinga apresentam estratégias para rebroto intenso no início da estação chuvosa, na forma de gemas dormentes que se expandem rapidamente com as primeiras chuvas. É uma estratégia semelhante à observada em florestas de regiões temperadas de outros países, onde as árvores rebrotam rapidamente a partir de gemas na primavera, após a perda das folhas no inverno rigoroso. Há forte sincronismo entre a perda e o rebroto de folhas das árvores, especialmente nas áreas sobre solos derivados do cristalino. A sincronia não é tão marcante nas áreas



Ceiba glaziovii, conhecida como barriguda.

de solos sedimentares, com cerca da metade das plantas produzindo folhas novas ao longo do ano, a não ser naqueles excessivamente secos.

A reprodução das plantas também apresenta sincronia com a chegada das chuvas. Em geral, elas florescem antes ou ao mesmo tempo em que as folhas estão se expandindo. Assim, no início das chuvas há grande oferta de flores e frutos para a fauna e, provavelmente, os polinizadores



A caatinga em período seco e chuvoso

“O nosso sertão amado,
Estrumicado e pelado,
Fica logo transformado
No mais bonito jardim.

Neste quadro de beleza
A gente vê com certeza
Que a musga da natureza
Tem riqueza de incantá”.

Patativa do Assaré, A festa da natureza

competem por estes recursos. A forte sincronia da floração é observada nas áreas de solos derivados do cristalino, mas não nas áreas de solos sedimentares.

As plantas menores, como ervas, capins e pequenos arbustos, desaparecem na estação seca e reaparecem na chuvosa. Algumas passam a seca na forma de bulbos ou rizomas subterrâneos (são as chamadas plantas geófitas) e emergem rapidamente na estação chuvosa, em geral com floração muito intensa, como é o caso das açucenas. Outra estratégia de algumas espécies do estrato herbáceo é a formação de bancos

de sementes que germinam rapidamente no período chuvoso, como ocorre com várias espécies de gramíneas. Um caso notável é o das plantas aquáticas que crescem em brejos e lagos temporários e que, surpreendentemente, apresentam grande diversidade de espécies endêmicas em um ambiente marcado pela falta d’água.

História e cultura na Caatinga

A região da Caatinga foi colonizada por portugueses a partir do século XVI. Os novos habitantes europeus rapidamente adaptaram seu modo de vida ao ambiente, possibilitando a criação de gado em grandes áreas do interior do Nordeste, por muito tempo o principal fornecedor de carne para as populações do litoral. Esse modo particular de vida gerou um tipo cultural distinto, o sertanejo, cujo convívio com o gado se reflete até nas típicas vestimentas de couro.

Existe grande identidade cultural das po-

pulações residentes na Caatinga, expressa nos costumes, na forte religiosidade e na importância de algumas festas, como o São João, que ocorre no mês de junho. Há gêneros específicos de produção cultural, como a literatura de cordel, e, na música, o xaxado, o forró e o baião. A vida das populações no meio rural está intimamente ligada ao meio natural e ao uso da biodiversidade. O sertanejo retira da vegetação combustível, na forma de lenha, remédios, alimento para ele e para o gado.

Embora de importância marcante na história, a Caatinga abriga as mais profundas contradições e desigualdades sociais do Brasil. Com cerca de 20 milhões de habitantes, é a região semiárida mais populosa do mundo e, no Brasil, é a que apresenta os mais baixos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH).

O potencial econômico da natureza na Caatinga

A vegetação responde por cerca de 30% da matriz energética da região, especialmente pelo uso da lenha como principal combustível no meio rural. Infelizmente, cerca de 80% da produção de lenha e carvão ainda provém do desmatamento da vegetação nativa e apenas 6% de áreas de manejo. Mas há experimentos mostrando que a grande

demanda por lenha e carvão na Caatinga pode ser suprida pelo reflorestamento de áreas desmatadas com espécies resistentes ao corte, como a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), a catingueira (*Poincianella pyramidalis*) e o marmeleiro (*Croton sonderianus*). A produção de combustíveis a partir do manejo sustentável de áreas reflorestadas com essas espécies pode diminuir significativamente a pressão por desmatamento de novas áreas e deve ser incentivada.

Outro uso expressivo da vegetação é na produção de mel. A flora do bioma é predominantemente adaptada à polinização por abelhas e tem sido usada como pasto para abelhas europeias (*Apis mellifera*), algumas vezes de forma itinerante, seguindo os ritmos de floração naturais da vegetação. Mas essa produção poderia ser feita com abelhas nativas sem ferrão, como a mandaçaia (*Melipona mandacaia*), que gera um mel de maior valor agregado.

O potencial é enorme. A fauna apícola da Caatinga é representada por 187 espécies de 77 gêneros. A utilização dos recursos naturais através da apicultura e de seus produtos, como mel, pólen apícola, própolis e geleia real, atende aos pressupostos do tripé da autossustentabilidade: o econômico, gerando renda para o agricultor; o social, empregando



Erythrina velutina: “Os mulungus rotundos, à borda das cacimbas cheias, estadeiam a púrpura das largas flores vermelhas, sem esperar pelas folhas” *Euclides da Cunha, Os Sertões*

mão de obra familiar no campo; e o ecológico, visto que a atividade depende da preservação da vegetação para seu sucesso. A produção de mel e seus derivados com abelhas nativas preserva a biodiversidade, pois implica na manutenção de diversos recursos, como os locais e materiais usados pelas abelhas para construção de ninhos e as diferentes flores, cujo néctar é imprescindível para obtenção do produto final.

Há ainda que considerar o potencial para geração de energia. O índice de radiação solar do Nordeste é um dos mais altos do mundo e não apresenta grandes variações ao longo do dia, sendo considerado bas-

tante adequado para geração de energia. O potencial da geração de energia a partir do vento também é enorme no Nordeste, sendo o maior do Brasil. Estima-se que cerca de 75.000 MW possam ser produzidos, o que representa mais da metade do potencial de geração de energia eólica brasileiro, de 140.000 MW.

O armazenamento de água da chuva, por sua vez, é uma necessidade real para o sertanejo. Diversas são as ações do governo para que a água fique disponível por um período maior na estação da seca, como a construção de cisternas. Uma das formas mais comuns do sertanejo ter aces-

so à água na seca são as aguadas, baixios naturais no terreno que são adaptados para o armazenamento de água da chuva. A água armazenada geralmente é utilizada para a criação de animais e não tem qualidade para o consumo humano, mas muitas vezes é a opção na seca.

Os diversos potenciais da Caatinga devem ser aproveitados e usados para ajudar a superar os desafios atuais para a conservação de sua biodiversidade e os problemas que podem surgir ou se intensificar. Estudos recentes apontam que o semiárido brasileiro e a região amazônica serão as regiões mais afetadas pelas mudanças climáticas. Para o semiárido, as vulnerabilidades estão no aumento da temperatura do ar (que pode ficar entre 2 °C e 4 °C mais quente), nas reduções substanciais da precipitação, na ocorrência de mais dias secos e na presença de ondas de calor. Somadas, essas alterações provocariam a mudança do clima semiárido para um clima árido e a subsequente desertificação.

A desertificação de regiões da Caatinga, por sinal, já é uma preocupação e a conservação desse ecossistema está diretamente associada ao combate desta ameaça. De forma geral, a desertificação

na Caatinga tem causas que não são diferentes daquelas encontradas em outras regiões semiáridas do mundo. Na maioria das vezes, está ligada à exploração dos recursos naturais, à agricultura irrigada de forma inadequada, a práticas equivocadas de uso do solo, como o superpastoreio e o cultivo excessivo e, sobretudo, a métodos de desenvolvimento imediatistas.

No Brasil, dois fatores são mais relevantes: o aumento da intensidade do uso do solo e a redução da cobertura vegetal nativa. Ambos têm levado à redução da fertilidade do solo, o que demonstra a fragilidade desse ecossistema. A perda de solo por erosão contribui para reduzir a produção agrícola na Caatinga, e as recentes secas no Nordeste têm agravado o problema.

A desertificação altera todo o ciclo do ecossistema, modificando drasticamente a fauna e a flora e ameaçando a subsistência da comunidade rural, que, sem animais para caçar e sem terra fértil para plantar, tende a migrar para a zona urbana. O trabalho em cooperação, a formação de cooperativas e a ajuda mútua entre agricultores, apicultores e criadores podem ser as bases para a construção de ações voltadas ao desenvolvimento local sustentável e à manutenção do agricultor no campo.

Ações para garantir o futuro

Apesar de sua importância, a Caatinga tem sido desmatada de forma acelerada nos últimos anos, devido principalmente ao consumo de lenha, ao sobrepastoreio e à sua conversão para pastagens e agricultura. O avançado desmatamento chega a 46% de toda a área. A exploração predatória para satisfazer demandas por carvão vegetal e lenha usados nas casas e indústrias, como os polos de produção de gesso, cal, cerâmica e ferro-gusa, é pulverizada, o que dificulta a fiscalização e requer ações específicas.

A Caatinga ainda carece de marcos regulatórios, ações e investimentos na sua conservação e uso sustentável. Entre as ações fundamentais estão a pu-

blicação da proposta de emenda constitucional que transforma a Caatinga em patrimônio nacional, a criação da Comissão Nacional da Caatinga, a finalização do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento da Caatinga, a criação de mais unidades de conservação e a destinação de mais verbas para preservação e uso sustentável de seus recursos naturais.

Há enormes desafios. Com imenso potencial para a conservação, uso sustentável e bioprospecção, a Caatinga é decisiva para o desenvolvimento do país, e sua biodiversidade pode fornecer subsídio para atividades de agrosilvopastoreio e para indústrias farmacêuticas, cosméticas, químicas e de alimentos.

SUGESTÕES DE LEITURA

Uma visão bem interessante sobre a heterogeneidade da Caatinga pode ser obtida no livro “Ecorregiões Propostas para o Bioma Caatinga”, organizado por Agnes Velloso, Everaldo Sampaio e Frans Pareyn e publicado pela Associação Plantas do Nordeste e *The Nature Conservancy* do Brasil em 2002. Outro livro recomendado é “Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga”, organizado por Maria Auxiliadora Gariglio, Everaldo Sampaio, Luis Antônio Cestaro e Paulo Kageyama, publicado pelo Serviço Florestal Brasileiro em 2010 e disponível no site do Ministério do Meio Ambiente. As duas obras darão ao leitor uma avaliação da Caatinga, inclusive com indicação de áreas prioritárias para conservação, além do uso dos recursos florestais e propostas para sua conservação.

PPBIO SEMIÁRIDO

O Programa de Pesquisa em Biodiversidade do Semiárido (PPBio-Semiárido) tem obtido avanços significativos ao desenvolver estudos em áreas consideradas prioritárias e áreas de extrema, muito alta e alta importância biológica para o conhecimento e estudo da biodiversidade (essa classificação foi proposta pelo biólogo Agnes Velloso e colaboradores em trabalho indicado nas Sugestões de Leitura). De 57 áreas prioritárias, 22 áreas de extrema importância biológica foram inventariadas pelo PPBio-Semiárido. Ao longo dos 10 anos de atuação do programa, as atividades agregaram mais de 18 instituições de pesquisa e ensino, e mais de 150 pesquisadores e bolsistas. Houve inserção de alunos de programas de pós-graduação e graduação, com desenvolvimento de teses, dissertações e monografias, um trabalho que resultou, até o momento, em mais de 200 espécies novas descritas, entre plantas, fungos e animais vertebrados e invertebrados. Mas há ainda muito por estudar. A manutenção de programas como esse é fundamental para acelerar o processo de conhecimento e conservação da biodiversidade da Caatinga.



Algumas espécies da fauna da Caatinga: Periquito-da-caatinga (*Epsitulla cactorum*); lagarto (*Cnemidophorus ocellifer*) e Arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*)



Trecho de floresta de campinarana, em Novo
Airão, AM

AMAZÔNIA

BIODIVERSIDADE INCONTÁVEL

William Ernest Magnusson , Ana Sofia Sousa de Holanda , Maria Aparecida de Freitas,
Emiliano Esterci Ramalho, Alberto Akama, Leandro Ferreira, Marcelo Menin,
Cecilia Veronica Nunez, Domingos de Jesus Rodrigues, Ângelo Gilberto Manzatto,
Rubiane de Cássia Paggoto, Noemia Kazue Ishikawa.



"Parte integrante, Deste país gigante, Que luta pra manter-te inteira, Intacta, linda, majestosa, Amazônia, pulmão do mundo, Nossa sempre serás!" *Mazé Carvalho em Amazônia, 2008*

O bioma amazônico ocupa uma área de aproximadamente 6,7 milhões de km², mais da metade da qual está em território brasileiro (4,1 milhões de km²), onde cobre partes de Acre, Amazonas, Rondônia, Pará, Mato Grosso, Amapá, Tocantins e Maranhão. Bastante devastado pela exploração econômica predatória, especialmente para expansão agrícola e extração de madeira, desde 1988 perdeu cerca de 11% da cobertura vegetal original. Maior bioma brasileiro, ocupa 49% do território nacional e apresenta grande variedade de ambientes, incluindo áreas montanhosas, as maiores planícies de inundação do mundo, a maior floresta tropical do mundo, além de campos abertos e grandes áreas de manguezais.

CLIMA E RELEVO

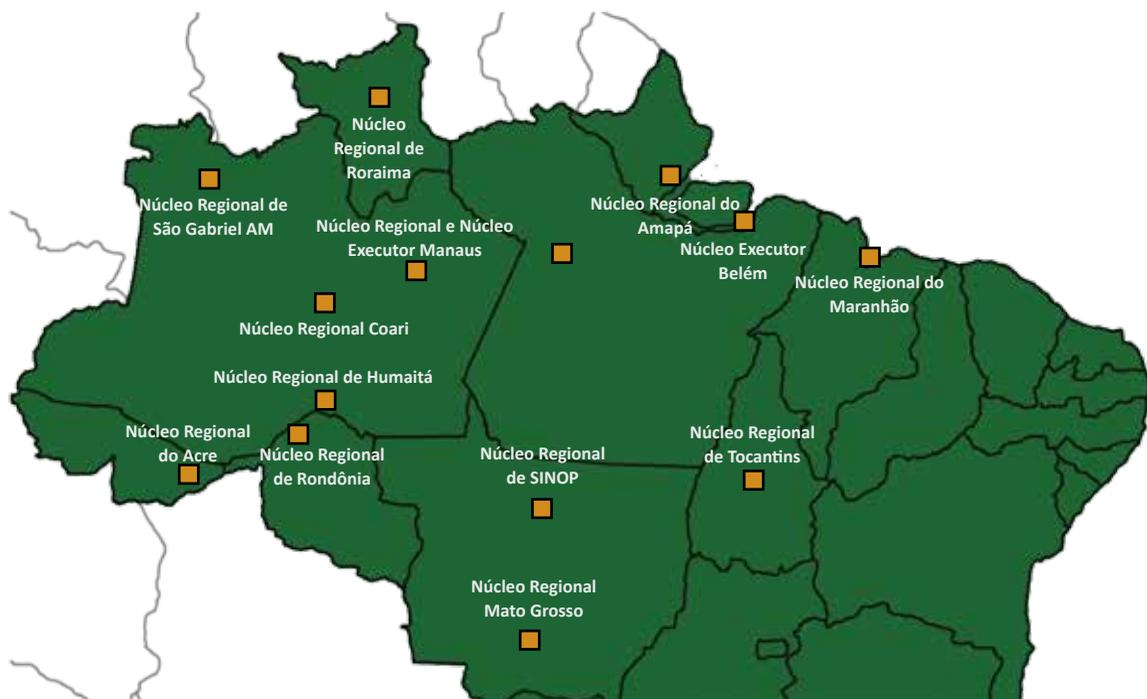
O clima na Amazônia é predominantemente equatorial, com chuvas abundantes na estação chuvosa. A distribuição das chuvas varia muito ao longo da bacia, com chuva intensa o ano inteiro na porção noroeste e épocas de seca prolongada na área que vai do rio Tocantins, no sul, até as savanas de Roraima e do Amapá. A chuva vinda do mar é reciclada pela floresta, que assim gera a maior parte da precipitação das regiões de produção agrícola no de Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país. O bioma abriga a maior bacia hidrográfica do mundo e também o maior rio em volume de água: o rio Amazonas, com 6.937 km de extensão. Além do Brasil, a bacia hidrográfica do Amazonas compreende partes da Bolívia, Colômbia, Equador, Guianas, Peru, Suriname e Venezuela. O relevo varia de regiões montanhosas na periferia, incluindo o Pico de Neblina, a montanha mais alta do Brasil, até extensas planícies a somente dez a trinta metros acima do nível do mar.

BIODIVERSIDADE

A Amazônia apresenta grande diversidade de habitats, o que se traduz em enorme riqueza de animais, plantas e fungos, dando ao bioma o status de maior reserva de biodiversidade do planeta. Estima-se, por exemplo, que a bacia amazônica abrigue mais de duas mil espécies de peixes de água doce, das quais mais de 1.800 são endêmicas. Isso representa quase um quarto de todas as espécies de peixes de água doce do mundo. Estimativas recentes indicam que podem existir mais que 16.000 espécies de árvores na Amazônia, das quais menos de um quarto foi descrito cientificamente.

Victoria amazonica,
conhecida como Vitória-régia





Localização de Núcleos Executores e Regionais do PPBio Amazônia Ocidental. Fonte: PPBio Am-Oc

Apesar de sua imensa biodiversidade, a Amazônia sofre com algumas das desigualdades sociais mais agudas do país. Enquanto alguns centros, como Manaus e Belém, são tecnologicamente avançados e possuem alto índice de desenvolvimento humano, comunidades distantes dessas localidades apresentam índice de desenvolvimento humano muito baixo, altas taxas de analfabetismo e altos índices de mortalidade infantil. Em contrapartida, esforços da sociedade e ações de governo hoje se traduzem em unidades de conser-

vações que cobrem cerca de 25% do seu território, segundo o Sistema Nacional de unidades de conservação (SNUC). É na Amazônia que se encontram as maiores Unidades de Conservação do Brasil em área física, embora se reconheça que, de modo geral, carecem de recursos humanos e materiais que possibilitem o cumprimento da missão à qual se destinam.

No entanto, seguindo um padrão mundial, as áreas de maior desconhecimento sobre a biodiversidade na Amazônia são também as regiões com os mais graves

problemas sociais. A infraestrutura de pesquisa na região mostra o mesmo contraste entre áreas bem desenvolvidas e áreas carentes. A maioria dos pesquisadores e instituições de pesquisa estão em Manaus ou Belém. Essas capitais também abrigam as maiores e mais diversas coleções biológicas da Amazônia, embora importantes coleções de referência para pesquisas em instituições do interior tenham sido criadas nos últimos anos. Laboratórios de genética e bioprospecção para aprimorar o estudo com os elementos da biodiversidade regional também são encontrados no interior, porém, poucos são capazes de realizar análises mais complexas e depen-

dem de centros regionais e nacionais com maior infraestrutura para obter produtos finais e valorizar a matéria-prima.

Atualmente, a região é alvo de várias obras de infraestrutura que geram polêmica tanto social quanto ambiental. Essas obras, como a construção de grandes centrais hidrelétricas, estradas, gasodutos e projetos de colonização, podem promover o desmatamento e a extinção local de espécies. A mineração (legal e ilegal) também ameaça a região, especialmente os ambientes aquáticos. Uma das maiores críticas aos projetos de desenvolvimento é a desconsideração da biodiversidade e dos serviços ambientais, tanto na fase de



Alunos e pesquisadores do PPBio em atividade de campo



Atividade de extensão realizada pelo PPBio

planejamento quanto no desenvolvimento dos projetos. Investimento na formação de recursos humanos para estudar a biodiversidade e o aporte de recursos para essa finalidade através dos grandes empreendimentos poderiam contribuir para diminuir esses contrastes.

Desafios e ações futuras

As áreas de atuação do PPBio na Amazônia estão localizadas em regiões remotas e de difícil acesso, muitas vezes a centenas de quilômetros de instituições de pesquisa ou ensino mais próximo, tornando o trabalho de campo e a manutenção da infraestrutura um desafio constante para a rede. Os Núcleos Regionais também já identificaram demandas em todos os estados para capacitação em biotecnologia, genética, bioinformática, monitoramento, análises econômicas e transferência de tecnologia. No entanto, ainda é um desafio incluir um diagnóstico local inicial para aproveitar os recursos humanos qualificados, infraestrutura instalada e delinear um programa que atenda a todas as demandas da cadeia de produção de conhecimento.

Atualmente, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e o Serviço Florestal Brasileiro

(SFB) exigem protocolos padronizados para estudos de impactos ambientais, e monitoramento de concessões florestais na Amazônia. Entretanto, são ainda poucos os programas de capacitação tanto para os analistas quanto para as empresas de consultoria, resultando na perda de grande parte do investimento na avaliação e monitoramento da biodiversidade no país.

A Amazônia é o maior bioma do Brasil, o de maior biodiversidade e com a maior proporção da população diretamente dependente da biodiversidade. No entanto, também é a área com a menor densidade de pesquisadores, menor infraestrutura de pesquisa e recebe a menor quantidade de recursos para estudos da biodiversidade.

A rede PPBio necessita, mais do que nunca, adentrar e aprofundar suas práticas em regiões com conhecimento incipiente. Para isso, precisa fortalecer e consolidar ações dos Núcleos Regionais, realizando desde o resgate de conhecimento gerado historicamente até a implementação de formação científica para cidadãos comuns que permita a sua participação em discussões técnico-científicas associadas a projetos de desenvolvimento. A consolidação dos Núcleos Regionais permitirá maior fortalecimento das suas ações em



Rios de nuvens sobre a floresta

âmbito estadual e regional. Essa microrregionalização do conhecimento é um bom caminho para o desenvolvimento sustentável e redução das desigualdades sociais na Amazônia.

Mesmo ainda possuindo desníveis regionais, o conhecimento obtido desde 2004, quando o PPBio foi criado, permitiu incorporar ações socioambientais e socioeducativas com profundidade, permeabilidade e maior segurança. Os Núcleos Regionais

estão amadurecendo e assumindo o papel de Núcleo Executor para a sua região.

Nos dias atuais, a atividade científica é uma atividade colaborativa. A ciência na educação para a cidadania tem como propósito contribuir para o debate em torno do seu papel na educação científica e na formação de uma cidadania para a participação na tomada de decisões. Somente uma rede extensa e eficaz, como a do PPBio, pode contribuir para vencer esses desafios.



Comunidade estabelecida na beira dos rios

SUGESTÕES DE LEITURA

Os livros “Cenários para a Amazônia”, de Thaise Emílio e Flávio Luizão, publicado em 2014 (Editora Inpa, Manaus, AM) e “Biodiversidade e monitoramento ambiental integrado” de William Magnusson e colaboradores, publicado em 2013 (Áttema Editorial, Santo André, SP), mostram parte dos avanços no conhecimento nesta imensa região e os desafios a serem enfrentados. Guias de identificação de anuros, lagartos, cobras, samambaias, Zingiberales, leguminosas herbáceas, fungos micorrízicos e arbusculares, formigas, fungos de liteira e palmeiras, publicados pelo PPBio, encontram-se disponibilizados gratuitamente, em versão digital, no site do PPBio (<http://ppbio.inpa.gov.br/public>).

PPBIO AMAZÔNIA

A rede de pesquisas do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) é a base do Instituto Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica (INCT-CENBAM). Criado em 2008, o Cenbam atua em nove estados: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. A rede é formada por Núcleos Executores e Núcleos Regionais. Os Núcleos Executores têm o papel de promover o intercâmbio entre os Núcleos Regionais e de facilitar o acesso dos pesquisadores aos sítios de pesquisa, além de garantir a manutenção da infraestrutura de acampamentos e a manutenção dos sistemas de trilhas e parcelas. Os Núcleos Executores estão sediados no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), na cidade de Manaus, e no Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), em Belém. Os Núcleos Regionais estão sediados em instituições de pesquisa nas cidades de Manaus, Coari, Tefé, São Gabriel da Cachoeira, Boa Vista, Porto Velho, Rio Branco, Sinop, Cáceres, Santarém, Palmas, Altamira, Belém, São Luís e Macapá.

A área de atuação do PPBio na Amazônia é composta por grande diversidade fitofisionômica, incluindo florestas ombrófilas e semidecíduas, campinas e campinarianas, savanas, várzeas, igapós, campos rupestres e campos de altitude. Estados onde o PPBio desenvolve suas atividades possuem fronteiras com diversos países, como Guiana Francesa, Guiana, Suriname, Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia. Incluem áreas com altitudes que variam de 30 m até 2.994 m acima do nível do mar, incluindo o Pico da Neblina. Também, inclui grande número de etnias indígenas e 77,2% das terras indígenas formalmente homologadas por decreto e regularizadas no Brasil.

A aprovação desta rede pelo governo federal em edital aberto mostrou o reconhecimento do papel do PPBio nos estudos da biodiversidade amazônica, e tem permitido a interação com instituições sediadas em outros países amazônicos, além de intercâmbio com pesquisadores da Europa, Estados Unidos, Japão e Austrália. O



Pesquisadores, professores e alunos da rede PPBio Amazônia Ocidental reunidos no Instituto de Pesquisas da Amazônia (Inpa) em Manaus, AM

PPBio faz parte do consórcio internacional para o compartilhamento de dados, DataONE, e disponibiliza dados ecológicos através do sistema Metacat, adotado pelo Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr). Dados de coleções estão armazenados e disponibilizados através dos programas Brahms e Specify, que estão ligados à rede *speciesLink*¹, um sistema distribuído de informação que integra dados primários de coleções científicas. A maioria dos Núcleos Regionais não tem capacidade para armazenar e disponibilizar seus dados ecológicos, de inventários e outros diretamente na rede e, portanto, usam os repositórios centrais dos Núcleos Executores.

O PPBio tem um papel estratégico na integração de programas de capacitação de recursos humanos nos diferentes níveis de formação na bacia Amazônica. Diversas universidades e instituições de pesquisa que atuam na Amazônia oferecem a capacitação de recursos humanos, tanto no meio acadêmico como não acadêmico, em aspectos relacionados à biodiversidade. O PPBio, em colaboração com o INCT-CENBAM, tem atua-

¹ Disponível em splink.cria.org.br

ção em todos estados da Amazônia brasileira e, desde o começo do programa, realiza cursos, oficinas e outras atividades, capacitando funcionários de agências ambientais, professores e estudantes universitários, técnicos de empresas privadas e moradores de comunidades locais. No entanto, os cursos ministrados até o momento foram pontuais e concentrados nas capitais estaduais, além de proverem pouco apoio aos participantes das cadeias de produção não acadêmicas, como comunidades locais e donos de micro empreendimentos. O maior desafio hoje consiste em descentralizar os treinamentos e torná-los mais acessíveis aos diversos atores envolvidos. No âmbito acadêmico, alunos realizaram ou estão realizando suas dissertações e teses dentro do programa, contribuindo diretamente para o conhecimento da biodiversidade, o desenvolvimento de protocolos para estudos de impactos ambientais e o monitoramento da biodiversidade.

Os Núcleos Executores da rede do PPBio oferecem, regularmente, cursos e oficinas sobre organização, manejo e disponibilização de dados para coleções biológicas e projetos ecológicos, sobre instalação de infraestrutura de campo, sobre levantamentos de espécies alvo, estatística e preparação de publicações, além de cursos específicos por demanda, como cursos sobre o uso de equipamentos e identificação de grupos taxonômicos. Também são responsáveis por realizar reuniões regulares que promovem a organização e a compilação de resultados e o intercâmbio entre pesquisadores de diferentes Núcleos Regionais, por manter listas de discussão sobre tópicos de interesse que auxiliam a nortear a pesquisa integrada, e cuidar dos sites onde o público pode obter informações sobre o programa. Para disseminar informações sobre a biodiversidade tanto para pesquisadores como para um público mais amplo interessado, (por exemplo, estudantes e guias turísticos), o PPBio produziu guias de identificação para vários grupos biológicos. Todas as publicações são fornecidas gratuitamente para organizações ou instituições localizadas na Amazônia e disponibilizados em versão digital no site do PPBio².

Os desafios logísticos que a Amazônia oferece exigiram o desenvolvimento de uma rede de capacitação que permitisse que o treinamento chegasse aos diferentes estados

² <http://ppbio.inpa.gov.br/public>

da região. A criação dos Núcleos Regionais e a capacitação de pessoal nesses núcleos permitiram criar um efeito multiplicador, onde o pessoal já capacitado passou a ministrar cursos, contribuindo para a descentralização dos treinamentos. Parcerias com o setor produtivo e empresarial também obtiveram bom resultado e apresentam grande potencial. As parcerias também permitiram a publicação de trabalhos de alto impacto disseminando o conhecimento da biodiversidade em colaboração com redes internacionais, como a rede Amazônica de Inventários Florestais (Rainfor) e a Rede da Diversidade de Árvores da Amazônia (ATDN).



Árvore emergente em barranco



COMPARTILHAMENTO E INTEGRAÇÃO DE DADOS

A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE BIODIVERSIDADE

Debora Pignatari Drucker

Flávia Fonseca Pezzini

O conhecimento sobre a biodiversidade brasileira é fundamental para o sucesso na sua conservação e uso sustentável. Acompanhar as mudanças na diversidade e na distribuição das espécies e suas relações com o ambiente permite definir estratégias e mecanismos efetivos para a conservação. Mas como são obtidas as informações que permitem conhecer cada espécie? Estimativas apontam que a biota brasileira representa mais de 20% da biota mundial. Diante de tamanha grandiosidade, como os pesquisadores fazem para conhecer a biodiversidade e seus processos? Como podem analisar se uma determinada atividade econômica está realmente sendo sustentável?

A resposta para essas e outras perguntas, por incrível que pareça, é a mesma: eles fazem isso integrando e compartilhando

dados. Após visitarem densas florestas, caminharem por campos abertos ou investigarem qualquer outro ecossistema, depois de consultarem imagens de satélites, bases de dados e outros instrumentos, os pesquisadores voltam aos seus laboratórios com os dados sobre o que viram e as amostras que recolheram, quando necessário. Esses dados são registrados, organizados e analisados de maneira específica de acordo com o que se quer estudar, resultando em informações. Os materiais são processados e analisados em laboratórios ou em coleções científicas.

Dados são a base da pesquisa científica em todos os campos do conhecimento, não apenas nas áreas relacionadas à biodiversidade. São peças fundamentais para embasar o avanço da ciência e informar a tomada de decisões. Podem ser obtidos

de diferentes maneiras, em diferentes locais e analisados e reanalisados mesmo muito tempo depois de sua obtenção.

Pesquisas em biodiversidade são fortemente baseadas em representações quantificáveis, ou seja, números que representam entidades ou fenômenos, e estimativas. Uma pesquisa pode incorporar dados coletados por pesquisadores em diferentes locais, assim como dados publicados em repositórios ou na literatura para serem reanalisados em novos estudos. Os dados podem também ser integrados de modo a construir um conhecimento complexo. É possível, por exemplo, integrar dados de organismos diferentes que ocorrem em um mesmo local, como dados sobre a estrutura da vegetação e a diversidade de aves em uma unidade de conservação. É possível combinar dados de um mesmo grupo em tempos diferentes, como a variação da composição da comunidade de aves dessa unidade de conservação em diferentes estações do ano. Ou ainda, combinar informações de diferentes grupos biológicos em diferentes locais e tempo – para descobrir, por exemplo, como a comunidade de aves varia ao longo do ano em áreas com diferentes estruturas de vegetação.

Entretanto, para que as diferentes informações sejam combinadas é necessário que os diversos grupos de pesquisa considerem pontos tais como: precisam saber da existência dos diversos conjuntos de dados. Depois, precisam ter acesso a eles. E, para utilizá-los, precisam entender como foram obtidos e se são dados brutos, ou seja, se são apresentados assim como foram coletados em campo, antes de qualquer análise. Precisam ainda identificar os responsáveis pelos dados, bem como os direitos de uso e redistribuição dos mesmos, de modo a assegurar o devido crédito aos autores e viabilizar novas parcerias científicas a partir de colaborações em novas análises e interpretações e na publicação de resultados.

Com as novas tecnologias computacionais, a quantidade de dados disponíveis para a pesquisa tem aumentado de forma acelerada. Ao mesmo tempo, o avanço nas tecnologias de comunicação tem tornado a ciência cada vez mais colaborativa. Portanto, cada um desses passos – aquisição, gestão, compartilhamento e divulgação de dados científicos –, e especialmente a boa documentação de um conjunto de dados, tem cada vez mais importância. Dados de campo têm alto valor, exigem esforço e re-



Oficina de gerenciamento de dados e metadados em ecologia oferecidos pelo PPBio contribuem para a divulgação da importância e do cuidado com a qualidade e do compartilhamento de dados

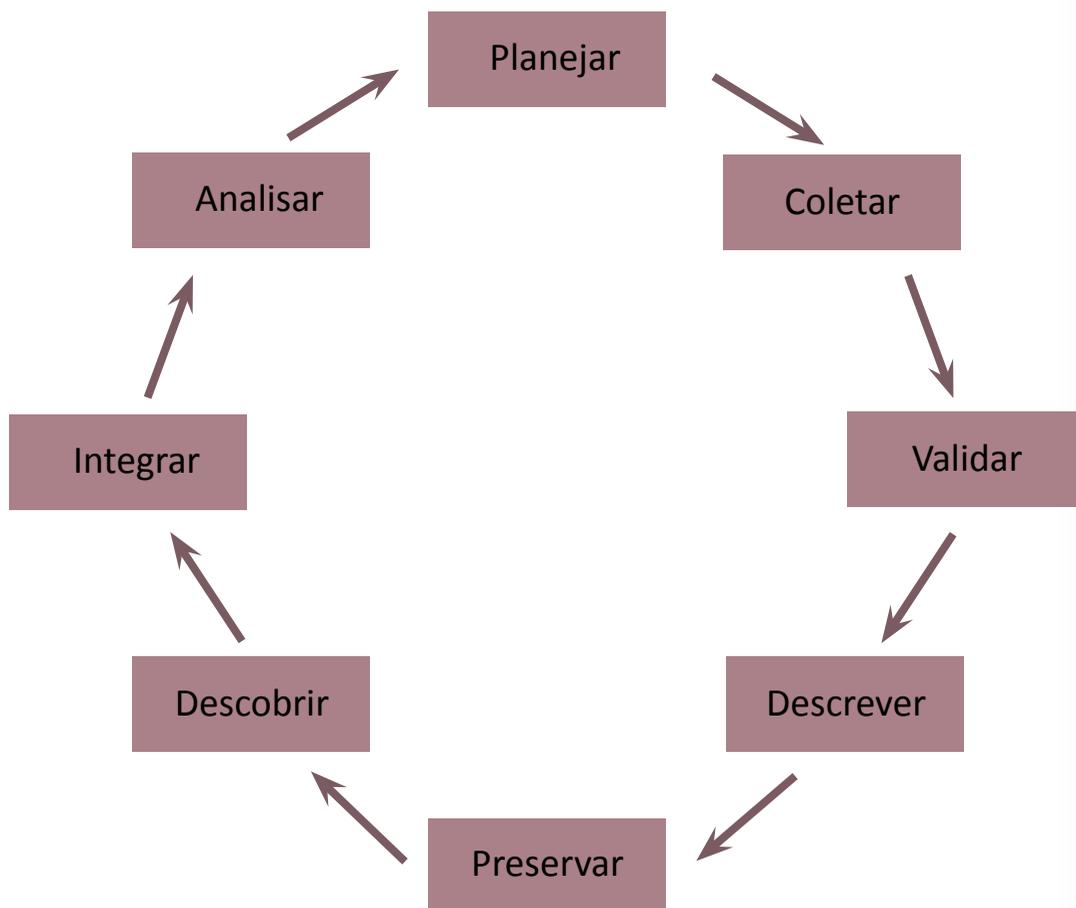
curso para sua obtenção que não podem ser desperdiçados.

Dados sobre biodiversidade

Há inúmeros tipos de dados que são coletados continuamente pelos cientistas para representar a biodiversidade: dados taxonômicos, relacionados à classificação de seres vivos em grupos como espécies, gêneros e famílias; dados ambientais, como aqueles sobre o solo e o clima; dados

ecológicos, sobre as interações entre espécies, por exemplo; dados de distribuição geográfica de organismos; dados de experimentos de campo, laboratório ou casa de vegetação, entre outros. Os levantamentos realizados para obter esses dados são planejados com meses de antecedência e, na maioria das vezes, direcionados ao estudo de um grupo biológico ou um fenômeno ecossistêmico pré-determinado.

De acordo com as características das perguntas que os pesquisadores querem responder, são definidos os instrumentos de medição, a composição da equipe, os materiais para a preservação das amostras, a estrutura da tabela a ser preenchida no campo, os dispositivos eletrônicos para a gravação, dentre outros itens importantes para o sucesso de uma expedição. É também recomendável que o planejamento do trabalho de campo incorpore aspectos sobre a organização e o uso futuro dos dados. Isto significa considerar todo o ciclo de vida dos dados – um contínuo de etapas de curadoria necessárias para transformá-los em novo conhecimento. Em uma perspectiva ampla, curadoria de dados científicos é entendida como o conjunto de atividades e processos realizados para gerenciar, manter, validar e armaze-



Ciclo de vida dos dados, desde seu planejamento e geração até sua preservação, integração e análise, produzindo resultados que levarão ao avanço do conhecimento e estimularão novas perguntas, levando a um novo ciclo.

Fonte: adaptado de <https://www.dataone.org/best-practices>

nar dados de pesquisa de forma a preservá-los e permitir seu reuso.

O ciclo de vida dos dados abrange etapas que vão desde a geração e aferição de sua qualidade, a documentação (com metadados apropriados) e preservação,

até sua recuperação por buscas e consultas, sua integração, análise e publicação dos resultados. Como a construção do conhecimento é contínua, uma volta no ciclo produzirá resultados que incitarão a geração de novas perguntas científicas, as

quais levarão ao início de um novo ciclo de planejamento de novas investigações para respondê-las. A disponibilização pública dos dados em repositórios científicos aumenta muito o aproveitamento e o valor social das pesquisas, uma vez que possibilita o cruzamento de dados produzidos por diferentes grupos de pesquisa, e vem sendo cada vez mais exigida por revistas científicas e agências de financiamento.

As perguntas a serem respondidas por um grupo de cientistas podem não ser as mesmas perguntas de interesse de outro grupo. Entretanto, frequentemente, os dados brutos coletados por um grupo são úteis para outros grupos, especialmente se forem coletados em uma mesma área ou em uma mesma escala espacial. Um exemplo são os dados coletados em parcelas permanentes, que são áreas delimitadas em locais de interesse para coleta de dados e amostradas durante longo prazo e nos quais inúmeros projetos de pesquisa diferentes são conduzidos. Uma característica de parcelas permanentes é o investimento em infraestrutura e condições de pesquisa para viabilizar a investigação de fenômenos que demandam um longo período de observações e coleta de dados para serem compreendidos.

Dados publicados em repositórios ou na literatura podem ser reanalisados em novos estudos. Tecnologias computacionais facilitam a produção, o acesso e a integração de dados de procedência diversa como dados obtidos por sensoriamento remoto, frequentemente por meio de satélites; dados gerados por sensores de campo, como estações meteorológicas; ou câmeras que registram a presença de vertebrados. Ainda assim, a obtenção continuada de dados em campo por pessoas é imprescindível para produzir representações da biodiversidade confiáveis. Esses dados dependentes da observação e anotação humana caracterizam-se por seu alto valor agregado, tanto do ponto de vista do esforço empreendido para sua obtenção, bem como sob o aspecto dos recursos necessários para viabilizar sua aquisição. São heterogêneos, com variações no formato, modelo e semântica, características desafiadoras em termos de viabilizar sua preservação, recuperação e reutilização.

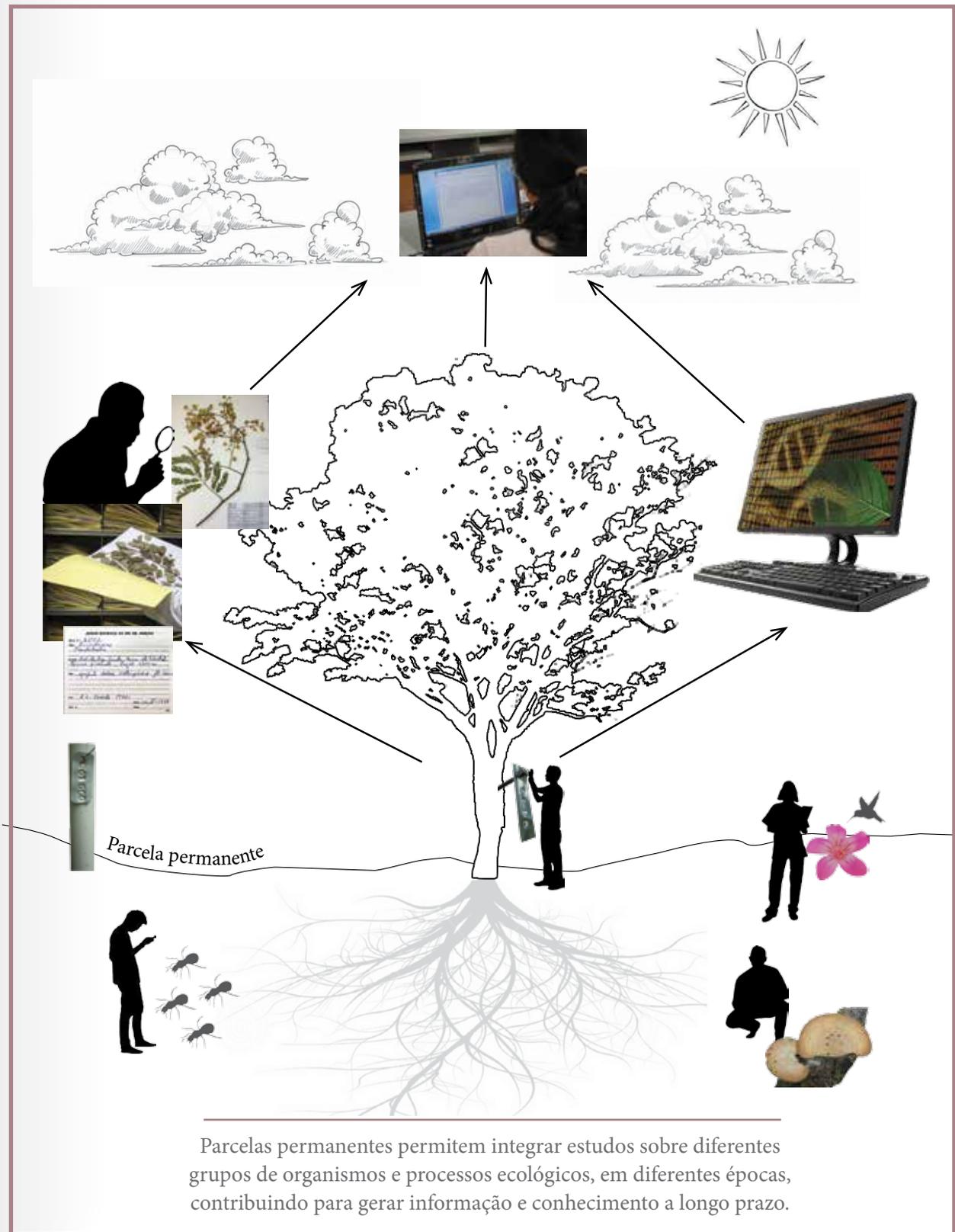
Por exemplo, quando o interesse está voltado para a compreensão da quantidade estocada e da dinâmica de carbono em uma floresta, pesquisadores utilizam uma série de técnicas em conjunto. Boa parte do carbono estocado em uma flo-

resta está armazenado nas árvores. Para estimar a quantidade estocada no componente arbóreo, é preciso medir o diâmetro e a altura das árvores de determinado local. Em geral, a parcela no campo, seja ela permanente ou temporária, é identificada e marcada com estacas e fitas. Muitas vezes, os dados de altura são estimados, por diferentes técnicas, pois é difícil visualizar o topo das árvores. No caso do diâmetro, há um protocolo a ser seguido, e convencionou-se medi-lo à altura do peito, considerado como 1,30 m do solo. As medições são anotadas em planilhas de campo, nas quais são anotadas também singularidades das árvores medidas, como o fato de algumas delas bifurcarem antes da altura de 1,30 m. Todo e qualquer detalhe é importante para o resultado final e por isso o cuidado em anotá-lo devidamente é essencial.

Como, normalmente, há o interesse em acompanhar o crescimento das árvores ao longo do tempo, um número de campo é atribuído a cada uma delas. Esses números, registrados também em pequenas placas fixadas nas árvores, passam a ser seus códigos de identidade e são informatizados em bases de dados no computador, juntamente com os dados das me-

dições de altura e diâmetro realizadas. A localização das árvores também é registrada, normalmente com os valores x e y de um plano cartesiano. Esse procedimento viabiliza que novas informações atribuídas a cada árvore sejam registradas e comparadas. Além de todo o esforço para medir as árvores acima do solo, um grande desafio no estudo da estocagem de carbono é a medição de sua presença nas raízes, um processo custoso. Para aumentar ainda mais a complexidade, há também o componente da respiração do solo para ser contabilizado nas equações de carbono. Além disso, diferentes espécies têm diferentes densidades de madeira, o que também afeta as estimativas. Para se conhecer as diferentes espécies, é preciso identificá-las, o que requer a amostragem de galhos, folhas, flores e frutos. O material coletado, chamado de testemunho ou *voucher*, é acondicionado em prensas que serão secas em estufas.

Não importa qual a pergunta ou o objetivo da pesquisa, é sempre preciso coletar o material testemunho. Trata-se de exemplares dos organismos estudados que são coletados exclusivamente para armazenamento em coleções científicas. O material testemunho pode ser uma planta (geral-



mente partes contendo folhas, flores ou frutos), que será incorporada a herbários; exemplares de animais que serão incorporados à coleções zoológicas; ou mesmo tecidos, tanto de animais como de plantas, cujas coleções vêm crescendo cada vez mais em importância.

Ao coletar um *voucher*, os pesquisadores também anotam as informações associadas, chamadas tecnicamente de metadados. Essas informações incluem o local, as coordenadas geográficas e a data de coleta, o nome do coletor e seu número de coleta, informações taxonômicas, e quem identificou o indivíduo coletado. Esse último, muitas vezes, incorporado aos metadados posteriormente.

Assim que o *voucher* é depositado em uma coleção, ele recebe um número de tombo, número exclusivo que o identifica como um item daquela coleção. Em pesquisas botânicas, normalmente várias duplicatas de um mesmo indivíduo são coletadas e distribuídas por diferentes herbários, prática que pode ser mais difícil em pesquisas zoológicas. Cada duplicata recebe um número de tombo

diferente de acordo com o herbário no qual foi depositada, mas todas estarão interligadas pelo nome e número do coletor. Assim, todos os espécimes que foram estudados em um levantamento de campo possuem informações associadas nos respectivos metadados e também material testemunho depositado em coleções científicas.

O controle do nome e número de coletor é muito importante e deve ser feito pelo pesquisador. O número é um identificador único que pode ser citado como referência em artigos científicos, seja de revisão taxonômica ou estudos ecológicos. Nos últimos anos, sequências genéticas depositadas em bases de dados online, como o GenBank¹, passaram a utilizar esse código como referência dos dados ali depositados. O número de coletor é também de extrema importância para rastrear e atualizar informações sobre as espécies nas diferentes coleções, bem como para associa-las aos dados coletados em campo.

Dados sobre biodiversidade são dinâmicos: com o passar do tempo é possí-

¹ O GenBank é uma base de dados de sequências genéticas amplamente utilizado, que pode ser consultada em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>

vel agregar informações a eles ou corrigir erros, aumentando sua qualidade e utilidade. Aquela mesma árvore marcada em uma parcela permanente em um estudo sobre estoque de carbono, por exemplo, será estudada com outros objetivos. É possível ter, além do nome que identifica a espécie, uma série de informações, tais como: medidas de diâmetro e altura (estrutura); dados sobre crescimento (dinâmica), produção de flores, frutos e renovação de folhas (fenologia); quantificações do tipo de solo em que ela ocorre; quais animais a polinizam e se alimentam dela e quais são seus predadores (interações ecológicas); ou quais compostos químicos ela produz e para que eles podem ser úteis (bioprospecção); como ela lida com as variações de disponibilidade de luz e água (fisiologia); em quais outros lugares essa mesma espécie está presente (distribuição geográfica); há quanto tempo essa espécie se diversificou e está ali naquele ambiente (biogeografia); entre outros dados. Em geral, essas informações são obtidas ao longo de meses ou anos por meio de estudos realizados por diferentes grupos de pesquisa — muitas vezes são produto de várias dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Um dos desafios relacionados à preservação de dados sobre biodiversidade para reuso futuro é acompanhar as mudanças que ocorrem nos sistemas de referência taxonômicos ao longo do tempo. Caso o taxonomista faça uma nova determinação, é desejável poder rastrear todos os estudos aos quais ela está ligada e atualizar seu nome. Isso inclui outras bases de dados online, como o de sequências genéticas, GenBank. Mas todas podem estar ligadas ao voucher depositado em uma coleção, o que facilita a realização de mudanças conforme elas ocorram.

A importância do cuidado com os dados

O trabalho com dados requer cuidado e atenção. Rasuras e falta de informações no preenchimento de fichas de campo ocasionam problemas de interpretação nas análises futuras. Erros de digitação cometidos, por exemplo, ao criar uma tabela a partir das anotações nas fichas de campo, também devem ser evitados, e todo dado digitado deve ser conferido. Quando os dados são adquiridos por meio de sensores e armazenados em dispositivos de gravação automáticos, é preciso realizar procedimentos de verificação que auxiliem a detectar valores improváveis que



Pesquisadores trabalhando em parcelas permanentes: investimento em infraestrutura para pesquisas de médio e longo prazo integrando dados coletados por diferentes equipes

possam estar sendo registrados devido, por exemplo, a problemas de calibração de instrumentos.

Ao realizar seu experimento, um pesquisador tem claros os detalhes necessários para usar o conjunto de dados obtidos. Sabe como uma coleta foi feita, como o experimento foi montado ou o tipo, marca e modelo dos aparelhos utilizados — após realizar o experimento essas informações estão vivas em sua memória. Mas elas logo se perderão se não forem organizadas, seja no papel ou no computador. Além de ficarem indisponíveis para outras pessoas caso isso não seja feito, é muito provável que o próprio pesquisador esqueça a maioria dos detalhes em pouco tempo. A falta de registro organizado dos dados, obtidos às custas de muito esforço e com recursos financeiros e humanos, inviabiliza que eles sejam aproveitados em seu máximo potencial.

Computação, uma aliada

A organização de dados sobre a biodiversidade em uma só base de dados pode ser muito complexa, dada a variedade de tipos de informações que podem ser coletadas e a dificuldade de prever quais serão coletadas no futuro. O Centro Na-

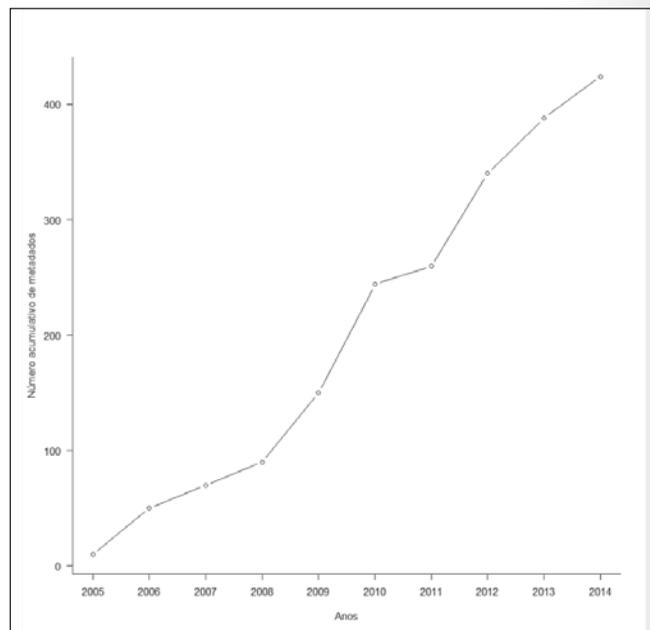
cional de Análise e Síntese Ecológica (NCEAS, na sigla em inglês), da Universidade da Califórnia, em Santa Bárbara, nos Estados Unidos, reúne pesquisadores que buscam integrar e analisar dados ecológicos para produzir estudos de síntese do conhecimento. A experiência desses cientistas mostrou que encontrar, acessar e compreender dados coletados por outros pesquisadores para poder integrá-los eram algumas das etapas mais demoradas e trabalhosas da pesquisa.

Essa constatação levou a equipe de ecoinformática do NCEAS a desenvolver ferramentas computacionais de código aberto para armazenar, organizar e preservar dados ecológicos. Uma dessas ferramentas é o Metacat, um repositório no qual dados e seus respectivos metadados são armazenados e documentados em uma estrutura e linguagem fixa, seguindo um padrão chamado “*Ecological Metadata Language - EML*”.

O Metacat é um repositório flexível e, justamente por isso, é recomendável a presença de um gestor de dados, uma pessoa que assegura que a documentação seja feita de forma a viabilizar o reuso dos dados. Em 2010, o Programa de Pesquisa em Biodiversidade Amazônia Ocidental

(PPBioAmOc) começou a usar o Metacat para armazenar dados e metadados. Desde 2005, há, no PPBioAmOc, uma pessoa exclusivamente responsável por garantir que as informações sejam providenciadas pelos pesquisadores e, posteriormente, disponibilizadas. A presença do gestor de dados foi um fator determinante para os resultados positivos do programa, colaborando para o incremento contínuo na quantidade de dados depositados no repositório. Pesquisadores, muitas vezes, precisam de orientação de como organizar e disponibilizar seus dados e raras vezes de incentivo e explicação de porque é importante. O gestor de dados auxilia o pesquisador a realizar as boas práticas ao longo do ciclo de vida dos dados, em especial nas etapas de validação, descrição e preservação, assegurando seu reuso e a reprodutibilidade de resultados. Uma política de dados bem definida é outro fator chave que vem consolidando a cultura do compartilhamento de dados no PPBio AmOc².

Pesquisadores e gestores de dados utilizam para seu trabalho outro programa criado pelo NCEAS, uma ferramenta de edição de metadados, também no EML, chamada



Número acumulado de metadados disponíveis no repositório PPBio Am-Ac de 2005 a 2014. O incremento anual de dados descritos e organizados no sistema demonstra a adesão da comunidade de pesquisa aos procedimentos de gestão de dados.

Morpho, a qual interage com o Metacat. Essa ferramenta funciona como um guia para a estruturação de metadados em consonância com padrões abertos amplamente adotados, criando arquivos em formato XML – uma linguagem de marcação que facilita a recuperação da informação por mecanismos de busca, utilizando por exemplo palavras-chave.

Mas ainda há desafios a serem vencidos. É preciso, por exemplo, estimular a ado-

2 A política de dados do PPBio pode ser consultada em https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/politica_dou.pdf

ção de termos padronizados, de modo a favorecer o uso de palavras-chave iguais para representar o mesmo fenômeno ou entidade. Por exemplo, o uso das palavras “sapo” e “anura” como palavras-chave em diferentes metadados pode influenciar os resultados exibidos em determinada busca. Diversos grupos vêm trabalhando, nacional e internacionalmente, com o desenvolvimento de técnicas para facilitar essas representações, favorecendo o que chamamos de interoperabilidade semântica. É também fundamental descrever os procedimentos usados para integrar os dados, os códigos e as equações utilizadas nas análises, e os métodos de visualização de dados escolhidos. Essas práticas ainda são incomuns na comunidade científica, mas provavelmente passarão a ser mais frequentes ao longo dos próximos anos, à medida que as ferramentas e tutoriais se tornem mais acessíveis.

O futuro da gestão e compartilhamento de dados sobre biodiversidade

Em muitos países, os dados brutos coletados pelos pesquisadores começaram a ser reconhecidos e tratados como um dos principais produtos das pesquisas. Agências de fomento, como a “National

Science Foundation” nos Estados Unidos e o “Natural Environment Research Council” no Reino Unido, já exigem que os pesquisadores incluam um plano de gestão de dados na proposta de pesquisa a ser submetida para financiamento. Esse plano deve incluir informações como quem será o responsável pelos dados, quais os tipos de dados produzidos, padrões de dados e metadados que serão adotados, onde e como serão preservados ao longo dos anos, mesmo depois que o projeto tiver sido encerrado, quem terá acesso a esses dados, como eles serão disseminados, reutilizados e compartilhados. Além disso, importantes revistas científicas internacionais na área de biologia, como “American Naturalist” e “Heredity”, passaram a exigir que os dados relacionados aos artigos nelas publicados sejam disponibilizados em repositórios públicos.

No Brasil, algumas agências vêm sinalizando a adoção de procedimentos semelhantes aos das agências de fomento americana e britânica, o que indica que a prática de planejamento da gestão de dados passará a ser uma realidade também no contexto nacional. Essa iniciativa beneficia as pesquisas e é exemplo de transparência e bom uso de recursos públicos.

Cada vez mais há interesse em compreender de que maneira os resultados de pesquisas levam a transformações na sociedade. Métricas tradicionais de impacto de pesquisas são baseadas em citações de artigos científicos em novos artigos científicos, ou seja, avaliam o impacto na esfera da ciência. Como complemento, métodos inovadores para a medição dos impactos da ciência vêm sendo propostos por grupos que pesquisam como detectar os acessos aos resultados de pesquisas no mundo digital, uma nova área de pesquisa que tem sido chamada de altmetria, nome derivado de métricas (ou medições) alternativas.

Na altmetria, as informações sobre o acesso às informações científicas são registradas a partir da interação das pessoas (pesquisadores ou não) com portais de ciência, por exemplo, pelo registro de visualizações e downloads de conteúdos científicos, discussões em blogs de ciência, citações na Wikipedia ou em documentos voltados para políticas públicas, divulgação em mídias jornalísticas e compartilhamento, etiquetagem e comentários sobre conteúdos científicos em mídias sociais como Twitter, Facebook ou G+. Essas mé-

tricas possibilitam analisar a atenção que determinado produto de pesquisa alcançou, ou seja, quantas pessoas foram expostas ao conteúdo, sua disseminação – onde e como um resultado de pesquisa está sendo discutido ou compartilhado, o impacto e sua influência, tanto entre cientistas como na esfera pública.

Outra tendência na relação da sociedade com os dados científicos é o aumento de atividades de ciência cidadã (do inglês “citizen science”). A ciência cidadã busca engajar voluntários não especializados em atividades relacionadas à ciência. Um exemplo interessante é o WikiAves³, plataforma digital na qual observadores de aves divulgam dados sob a forma de imagens, sons, textos e outros. Redes como essa possibilitam a interação entre especialistas e interessados e colaboram com a compreensão de fenômenos associados à biodiversidade e com a conservação de espécies e ecossistemas.

Os novos interesses e padrões de interação com o conhecimento científico estão em consonância com o movimento mundial em prol da ciência aberta, ou “open science”, que busca tornar dados cientí-

³ O portal WikiAves é direcionado à comunidade de observadores de aves, os quais podem contribuir com conteúdo no endereço <http://www.wikiaves.com.br/>.

ficos acessíveis a todos os níveis da uma sociedade, facilitando a comunicação sobre ciência entre profissionais e amadores em benefício de todos. O movimento é baseado no princípio de que dados acessíveis proporcionam escolhas infor-

mas sobre ações tomadas no mundo. Nessa perspectiva, a existência de dados abertos sobre biodiversidade permite a tomada de decisões com base em fatos e em conhecimentos e deve ser estimulada no Brasil.

SUGESTÕES DE LEITURA

Um panorama dos dados existentes sobre a biodiversidade brasileira e as principais lacunas do conhecimento é apresentado nos dois volumes do livro “Avaliação do Estado do Conhecimento da Biodiversidade Brasileira”, de Thomas Michael Lewinsohn, publicado e disponibilizado na internet pelo Ministério do Meio Ambiente (2006). Para saber mais sobre o repositório de dados do PPBio, com ênfase em dados de vegetação, consulte o artigo “The Brazilian Program for Biodiversity Research (PPBio) Information System”, escrito por Flávia Pezzini e colaboradores e disponível em <http://bit.ly/1QBerT4>. Há diversos portais para consulta: “Biodiversity Information Standards” (www.tdwg.org/), traz informações sobre padrões adotados nacional e internacionalmente para dados de biodiversidade; DataOne (www.dataone.org/) apresenta dados de organizações de todo o mundo, informações sobre boas práticas de gestão de dados, além de eventos e webinars. Dados sobre espécies, inclusive de vouchers coletados no Brasil e depositados como material testemunho em coleções brasileiras estão disponíveis no Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira – <http://www.sibbr.gov.br/>, o qual está vinculado à iniciativa internacional Global Biodiversity Information Facility - <http://www.gbif.org/>. Altmetric (www.altmetric.com) apresenta métricas alternativas e é voltado a instituições, financiadores, editoras e pesquisadores. A Rede pelo Conhecimento Livre (<http://br.okfn.org/>) busca tornar a relação entre governo e sociedade mais transparente. Sobre ciência cidadã, sugerimos o portal www.citizenscience.org. Sobre curadoria de dados em repositórios institucionais, sugerimos a leitura do artigo “The Data Curation Continuum: managing data objects in institutional repositories”, de Andrew Treolar e colaboradores, disponível em <http://bit.ly/1ThCJan>.



Plantio de espécies de rápida cobertura em local com problema de erosão

PRINCÍPIOS E DESAFIOS DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM ECOSSISTEMAS BRASILEIROS

Gerhard E. Overbeck

Milena F. Rosenfield

Mariana S. Vieira

Sandra C. Müller

No século XXI, a restauração ecológica tornou-se parte fundamental da conservação em reação às grandes perdas de ecossistemas naturais e ao forte impacto das ações humanas sobre os remanescentes no mundo inteiro. Atualmente, para manter a diversidade biológica e os processos e serviços ecológicos, fundamentais à humanidade, é preciso restaurar ambientes degradados.

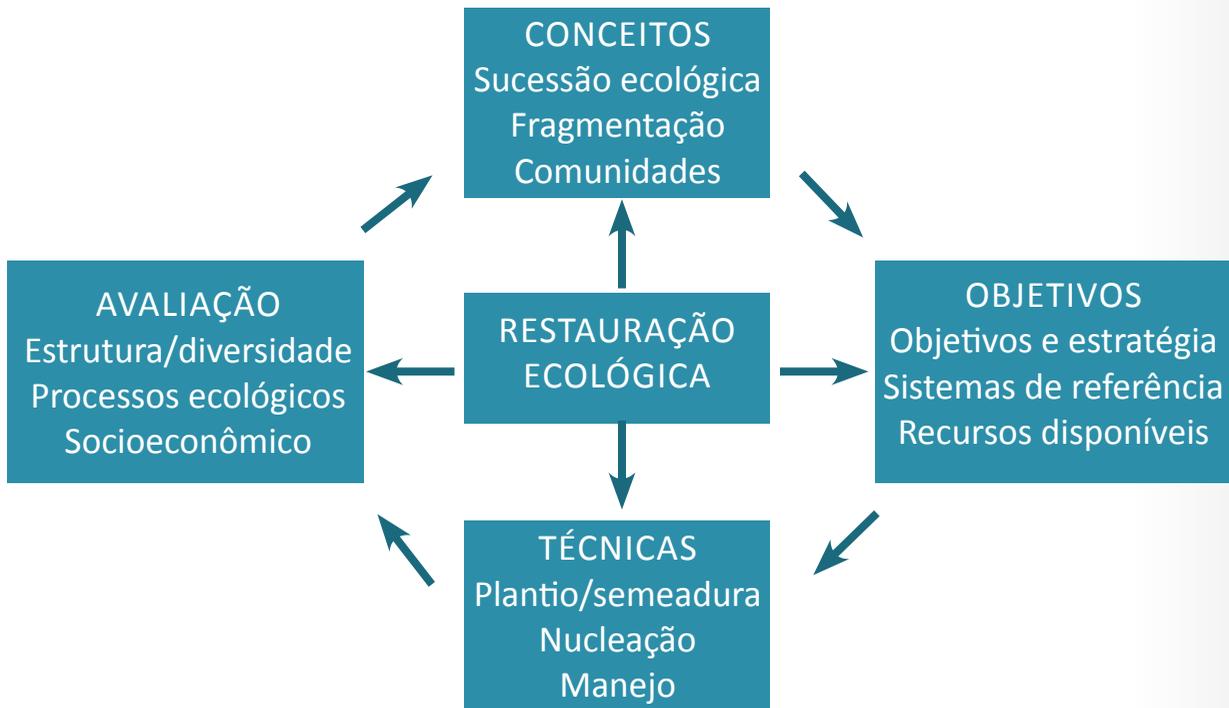
A restauração ecológica é definida pela Sociedade para a Restauração Ecológica (SER, do inglês *Society for Ecological Restoration*) como “o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído”. Ações de restauração ecológica envolvem diferentes setores e atores da sociedade e buscam restabelecer um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na es-

trutura e no funcionamento dos processos ecológicos, considerando-se seus valores ecológicos, econômicos e sociais. A restauração ecológica só funciona de fato quando também considera questões socioeconômicas, nas quais a população local tem papel imprescindível para o sucesso dos projetos. Além disso, questões associadas aos custos e potenciais benefícios ecológicos e socioeconômicos são fundamentais no planejamento estratégico de restauração ecológica de áreas degradadas.

A importância da restauração ecológica é reconhecida e apoiada por diversas iniciativas. No âmbito da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), uma das chamadas metas de Aichi¹ é recuperar, até o ano 2020, no mínimo 15% dos ecossistemas degradados de todo o mundo. Esse

1 As Metas de Aichi para a Biodiversidade são voltadas à redução da perda da biodiversidade em âmbito mundial. Detalhes em <http://portaldabiodiversidade.sp.gov.br/files/2014/06/Metas-de-Aichi.pdf>

PONTOS CHAVE PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA



O planejamento envolve conceitos de ecologia que servem de base às definições de projeto e planejamento de ações. Após essas definições, são estabelecidas as técnicas a serem utilizadas e o projeto pode ter início. Por fim, devem ser definidas métricas claras para avaliar e monitorar o desenvolvimento da restauração. As setas laranjas simbolizam o manejo adaptativo e a revisão das ações a curto, médio e longo prazo

ainda é um objetivo distante, e os desafios são grandes e complexos.

Muito mais que uma obrigação legal

No Brasil, as primeiras iniciativas de restauração ecológica datam do século XIX, quando, no atual Parque Nacional da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro, foram recuperados ecossistemas florestais a partir do plantio de mais de 70.000 mudas de

árvores. O objetivo principal não foi a restauração da biodiversidade, mas a preservação dos recursos hídricos — uma ação pioneira muito antes do termo “serviços ecossistêmicos” ser conhecido. Não é surpreendente que a primeira atividade de restauração ecológica conhecida no Brasil tenha ocorrido na Mata Atlântica: o bioma sofreu os primeiros impactos da ação humana e é hoje o mais degradado entre

os biomas brasileiros, com a menor proporção de vegetação natural em relação à extensão original.

Desde então, a restauração ecológica no Brasil teve grandes progressos, propulsionada por avanços científicos e pelo reconhecimento da importância da biodiversidade e de processos ecológicos para o bem-estar da humanidade. A partir de 1980, os aspectos teóricos da ecologia ganharam maior destaque nos projetos de restauração, o que levou a um novo uso do conhecimento gerado pelas pesquisas sobre biodiversidade. As informa-

ções geradas por essas pesquisas são de suma importância para ações de restauração, uma vez que para restaurar os ecossistemas e sua biodiversidade é preciso antes conhecê-los.

A restauração ecológica tem respaldo na legislação ambiental brasileira, por exemplo, por meio da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei 12.651/2012), mais conhecida como Código Florestal. A partir dessa lei foi criado, em janeiro de 2015, o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), que, entre outras medidas, prevê a restauração de no mí-

PROPORÇÃO DE REMANESCENTES DE ECOSISTEMAS NATIVOS E RIQUEZA DE ESPÉCIES NOS BIOMAS BRASILEIROS (FONTE: IBGE, FLORA DO BRASIL)

Bioma	Extensão total (mil km ²)	Remanescentes de vegetação nativa (IBGE 2012)	Riqueza de espécies de plantas (Flora do Brasil)*
Amazônia	4.196,9	80%	14262
Cerrado	2.036,4	51%	13774
Mata Atlântica	1.110,2	12%	20751
Caatinga	844,5	46%	5963
Pampa	176,5	46%	2041
Pantanal	150,4	85%	1592

*Dados disponíveis em 07/08/2015. Os números não são completos, mas permitem uma visão geral da diversidade de plantas nos biomas.

O QUE SÃO SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS?



Serviços ecosistêmicos são benefícios oferecidos pelo ecossistema e pela diversidade biológica aos seres humanos, servindo de base para ou melhorando sua condição de vida. Eles resultam dos processos ecológicos oriundos da interação entre espécies ou de espécies com seu ambiente podem ser divididos em três categorias principais: de provisão (comida, água potável e combustível), de regulação (regulação de clima, água e doenças), de suporte (produção primária e formação do solo). Adicionalmente, ecossistemas podem ter importância cultural (espiritual, estética e de recreação)

nimo 12,5 milhões de hectares até o ano de 2035, incluindo a recuperação de áreas degradadas dentro de unidades de conservação, Áreas de Preservação Permanente, áreas de Reserva Legal e terras indígenas. Uma ferramenta importante para o planejamento de atividades de restauração ecológica é o Cadastro Ambiental Rural, que propõe o registro e a integração das informações do uso da terra e do estado de conservação das propriedades rurais em âmbito nacional.

Todavia, os benefícios da restauração ecológica vão além dos requerimentos legais e da recuperação da biodiversidade: ela tem o potencial de reconstruir a cobertura vegetal de áreas degradadas e de áreas que conectam ecossistemas naturais, os chamados corredores ecológicos, contribuindo para a melhoria das funções e dos processos ecológicos e, conseqüentemente, com a provisão de serviços ecossistêmicos.

Um serviço que tem recebido especial atenção é a capacidade dos ecossistemas de armazenar carbono, retirando o dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera. Dada essa capacidade, muitos projetos de restauração contribuem para a mitigação das mudanças climáticas, um dos maiores problemas ambientais das últimas décadas.

Além disso, há efeitos econômicos diretos da recuperação de áreas degradadas, como a diversificação da renda dos produtores rurais e a criação de empregos, e efeitos indiretos, associados à disponibilidade de água e à preservação do solo.

É importante lembrar que cada projeto de restauração trará benefícios específicos, os quais dependem dos objetivos e das características ecológicas do ecossistema em questão. Cada atividade de restauração deve estabelecer objetivos cujo alcance possa ser medido. Para isso, são utilizadas características ecológicas de um ecossistema de referência que permitem estabelecer metas de curto e longo prazo. O ecossistema de referência é geralmente considerado como aquele que existia no local antes da ação de degradação, e serve de base para a escolha das estratégias e técnicas de recuperação, assim como para a seleção das espécies utilizadas no projeto. Mas, muitas vezes, não há como saber como era a composição e estrutura do ecossistema antes do distúrbio. Nestes casos, a referência passa a ser um ecossistema sob condições ambientais semelhantes próximo à área degradada.

A determinação das metas da restauração deve também considerar o grau do

impacto causado no ecossistema, o tamanho da área a ser restaurada e o contexto da paisagem do entorno. Nem sempre é possível alcançar a meta de um ecossistema de referência e, em algumas situações, como no contexto urbano, é mais plausível focar em objetivos associados a serviços ecossistêmicos importantes para a situação específica. Ainda assim, o projeto deve estabelecer objetivos claros e realísticos, para que seja possível avaliar sua viabilidade de sucesso.

Como restaurar?

Ações de restauração começam com a interrupção das fontes de degradação e perturbação (“distúrbio”, na linguagem da pesquisa ecológica) e o restabelecimento da estrutura física que sustenta a comunidade, como as características do solo. O objetivo dessa primeira etapa é criar um ambiente no qual a vegetação possa se desenvolver.

Em seguida tem início a restauração do componente biótico, cuja meta, de modo geral, é recuperar a estrutura da vegetação, visando o desenvolvimento de espécies nativas e de uma fisionomia semelhante ao ecossistema original. Nessa etapa, promover o restabelecimento dos processos

ecológicos característicos do ambiente é essencial para garantir o desenvolvimento do ecossistema e sua sustentabilidade. A atuação de processos como produtividade primária (quantidade de matéria orgânica produzida num certo tempo e numa dada área, relacionada ao acúmulo de carbono no ecossistema), ciclagem de nutrientes e interações entre espécies, viabiliza a regeneração natural e a retomada da trajetória de sucessão de espécies e da resiliência, definida pela capacidade e velocidade do ecossistema de se recuperar espontaneamente após um distúrbio.

Existem alguns princípios gerais da restauração que se aplicam a ecossistemas florestais e outros que servem aos ecossistemas não florestais. Em ecossistemas aquáticos, seja em rios, lagos ou no mar (não abordados aqui), as ações de restauração devem também abranger as condições físicas da água e do substrato.

Restauração de ecossistemas florestais

Os métodos e técnicas para restauração florestal já são amplamente difundidos em virtude da grande demanda pela conservação e recuperação de florestas, principalmente na Mata Atlântica. As estratégias se dividem basicamente em dois grupos:

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA (PACTO)

O Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (Pacto) é uma ambiciosa iniciativa em prol da restauração florestal, em atividade desde 2009. Uma de suas principais metas é restaurar 15 milhões de hectares até o ano de 2050. O projeto envolve proprietários de terras, empresas privadas, organizações não governamentais e diferentes esferas governamentais. Um de seus importantes produtos foi a indicação de locais prioritários para restauração no bioma, buscando ampliar a conectividade entre os remanescentes naturais. As ações do Pacto envolvem tanto projetos locais de restauração quanto contribuições às políticas públicas, e possibilitam a integração de esforços para viabilizar a conservação da biodiversidade. O projeto propõe métodos padronizados de monitoramento e técnicas, de modo que ações em distintas áreas e regiões possam ser comparadas, gerando maior conhecimento.



O componente biótico na restauração ecológica. **A.** Plantio de espécies arbóreas em local com problema de erosão. **B.** Experimento de introdução de espécies campestres nativas a partir do feno em áreas degradadas pelo plantio de *Pinus*. **C.** Área de restauração florestal com alta cobertura de gramínea que impede a regeneração de espécies nativas e exige medidas de controle. **D.** Poleiros artificiais que servem para atrair aves dispersoras de sementes



Para recuperar a floresta ao longo do curso do rio é preciso recompor totalmente o substrato e o próprio leito do rio com obras de engenharia. Sob condições tão adversas, não é possível saber se o ecossistema de referência será restaurado, sendo fundamental almejar metas intermediárias para poder avaliar o progresso da restauração

a restauração ativa, que propõe uma intervenção direta para acelerar o desenvolvimento da vegetação, como o plantio de mudas ou a semeadura; e a restauração passiva, na qual a área degradada é isolada dos distúrbios externos, por exemplo, impedindo a entrada de gado, para permitir a regeneração natural da comunidade.

A restauração passiva é geralmente indicada para áreas pequenas, pouco impactadas e próximas a remanescentes florestais. A proximidade é fundamental nessa abordagem, pois a regeneração do sistema degradado depende da chegada de frutos e sementes provenientes de áreas naturais. No caso de degradação mais severa, como em áreas com histórico de mineração, aplica-se a restauração ativa e os

primeiros passos consideram a reestruturação do substrato.

Na restauração ativa, embora diversas técnicas tenham sido desenvolvidas, a mais utilizada é o plantio de mudas. A seleção das espécies para o plantio geralmente é feita com base em informações do ecossistema de referência. Inicialmente é importante usar espécies de crescimento rápido, conhecidas como espécies pioneiras, pois estas logo desenvolvem uma cobertura de copas (dossel) que proporciona condições favoráveis para o estabelecimento de outras espécies. O plantio de espécies típicas de florestas maduras ou a regeneração natural são mais efetivos sob condições de maior sombreamento e umidade. Portanto, a escolha das espécies

deve considerar suas características ecológicas e seu potencial de estabelecimento nas distintas fases de restauração, com intervenções a curto, médio e longo prazo, visando à retomada da trajetória de sucessão das espécies no ecossistema.

Além do plantio de mudas, há um conjunto alternativo de técnicas que podem ser utilizadas, como a instalação de poleiros artificiais para atração de aves dispersoras de sementes e a transposição de solo de áreas conservadas (com a consequente transferência de sementes, raízes, propágulos e organismos para a área em restauração). Essas técnicas almejam o progresso do sistema de modo mais próximo ao natural, agregando heterogeneidade e complexidade à medida que atraem a fauna associada. Nesses contextos, a paisagem do entorno tem grande influência, pois quanto mais modificada pelo ser humano e fragmentada for, mais lento será o processo de restauração.

Em síntese, as ações de restauração em florestas buscam superar barreiras que impedem ou retardam o desenvolvimento florestal. No decorrer dos projetos é importante monitorar os processos ecossistêmicos nos ambientes em recuperação e realizar comparações com ecossistemas

de referência, não se restringindo à avaliação do crescimento de árvores. É preciso também enfrentar os maiores desafios para a restauração de áreas florestais atualmente: a carência de conhecimento sobre os efeitos da diversidade de espécies, da diversidade genética e da diversidade funcional para o sucesso da restauração, bem como a pouca habilidade em incluir interesses socioeconômicos nas ações, o que poderia ampliar e difundir a prática da restauração ecológica em áreas degradadas em âmbito privado.

Restauração de ecossistemas não florestais

A necessidade de conservar e restaurar ecossistemas florestais é amplamente aceita. Mas essas ações são igualmente importantes para os ecossistemas não florestais, tais como os campos do Pampa e os campos de altitude da Mata Atlântica, as vegetações rupestres e savanas do Cerrado e Caatinga e as áreas inundadas do Pantanal, bem como ecossistemas de dunas e restingas. Originalmente, quase 30% da superfície do Brasil era coberta por ecossistemas não florestais, os quais têm níveis de biodiversidade semelhante às florestas e contribuem igualmente para diversos serviços

ecossistêmicos. No entanto, os ecossistemas não florestais têm sido muitas vezes negligenciados tanto na sua conservação como na necessidade de sua restauração.

Ainda há grandes lacunas no que diz respeito às técnicas que contribuem para a restauração de ecossistemas não florestais no Brasil. Plantar árvores ou permitir a colonização natural não é adequado, pois a riqueza e a estrutura desses ecossiste-

mas estão concentradas no estrato herbáceo ou, em alguns sistemas, nos estratos arbustivo e subarbustivo. A restauração ecológica deve, portanto, focar nestes componentes. As barreiras de restauração, ou seja, os empecilhos à recuperação dos ecossistemas, também concentram-se em barreiras abióticas, por exemplo, em características do solo após outras formas de uso, e bióticas, associadas prin-

Área originalmente campestre na região dos Campos de Cima da Serra, no Rio Grande do Sul, degradada após plantio de *Pinus*. Sem atividades de restauração ativa, a vegetação campestre não consegue se recuperar. Aqui a restauração ecológica deveria contemplar a remoção de espécies lenhosas, como regenerantes do próprio *Pinus*, a remoção dos detritos do *Pinus* e a reintrodução de espécies herbáceas nativas. No caso dos Campos Sulinos, a falta de sementes de espécies herbáceas nativas é um problema sério para a restauração ecológica



principalmente à falta de propágulos das espécies típicas do local e à dificuldade de dispersão destas espécies.

A degradação de ecossistemas abertos muitas vezes compromete os sistemas subterrâneos das plantas, ou seja, as estruturas de reservas (bulbos, tubérculos etc.) que permitem o rebrotamento das espécies após distúrbios. Pode comprometer também o banco de sementes de espécies nativas no solo, fazendo com que seja imprescindível a introdução direta de propágulos na atividade de restauração. Um grande problema para a restauração ecológica desses ecossistemas, em contraste com a restauração florestal, é a inexistência de produção de sementes e mudas de espécies típicas de ambientes abertos, o que inviabiliza a aplicação de técnicas de semeadura direta ou o plantio de mudas. A identificação das espécies mais adequadas para a restauração ecológica, seu cultivo e propagação são ações urgentes para que haja avanços na restauração e conservação desses sistemas, sendo atividades que precisam ser fomentadas.

Métodos de restauração ativa de ecossistemas abertos empregados com sucesso no hemisfério Norte também podem ajudar e começam a ser aplicados no Brasil,

principalmente no âmbito de projetos de pesquisa. A transposição de feno e o transplante de leivas podem ser técnicas eficientes para reintroduzir espécies nativas, principalmente devido à falta de sementes de espécies herbáceas nativas no mercado. No entanto, estas e outras técnicas precisam ser adequadas aos ecossistemas brasileiros e nem sempre o sucesso é garantido, por exemplo devido às baixas taxas de germinação ou estabelecimento das espécies-alvo, aquelas espécies de interesse principal para a restauração. Outros desafios envolvem ecossistemas sob condições ambientais naturalmente severas, como os campos rupestres, a Caatinga ou as restingas, onde uma alternativa seria promover relações de facilitação entre espécies de plantas – quando a presença de uma planta proporciona mudanças nas características ambientais do seu entorno, tornando o local mais favorável para o estabelecimento de outras espécies –, aumentando assim as chances de recrutamento a partir de sementes e as chances de sucesso na restauração.

O manejo da vegetação com animais ou com o fogo, contraindicado para ecossistemas florestais, pode contribuir para o sucesso da restauração de ambientes

campestres ou de savanas, visto que são ecossistemas que evoluíram com a presença destes fatores. Esse manejo pode ser usado para controlar o desenvolvimento da biomassa e impedir o desenvolvimento de comunidades dominadas por espécies de maior porte, caso estas não constituam parte do sistema alvo da restauração. O gado pode contribuir para a dispersão de propágulos oriundos de áreas conservadas, além de conciliar a restauração com uso econômico, ampliando assim o potencial de envolvimento da sociedade local em ações de restauração.

Monitoramento e critérios de sucesso

Para avaliar o sucesso de um projeto de restauração ecológica é necessário definir metas e objetivos e estabelecer um monitoramento detalhado, além de ter clareza sobre quais indicadores são mais adequados a cada fase do projeto. O monitoramento e os critérios de sucesso devem contemplar três amplas abordagens, que são complementares entre si: ecológica, socioeconômica e de gestão.

A abordagem de gestão prevê o monitoramento da capacidade de programar, agir, relatar e ajustar ações nas diferentes fases da restauração. O monitoramento

ecológico consiste em acompanhar as respostas do sistema após a implementação das técnicas de restauração, avaliando indicadores de desenvolvimento das metas estabelecidas. Nessa abordagem são considerados parâmetros que vão desde a taxa de sobrevivência de mudas, até medidas de processos ecossistêmicos, como produtividade e decomposição, além de variáveis associadas à capacidade de regeneração natural, que permitem avaliar o estado do desenvolvimento e o grau de independência de novas ações humanas.

Somente através do monitoramento é possível estipular potenciais ajustes nos projetos. Nessa perspectiva, conhecida como manejo adaptativo, há a revisão constante das estratégias e medidas aplicadas para a restauração, sendo possível traçar novas metas caso sejam necessárias novas ações para auxiliar a restauração. O tempo de monitoramento é um ponto crucial para o sucesso: muitos dos indicadores não são detectados a curto prazo, tornando as medidas de longa duração, mais espaçadas no tempo, tão importantes quanto aquelas necessárias nos primeiros anos da restauração.

Mas como e quando é possível assumir que um ecossistema está restaurado? A



Principais atributos ecológicos de um ambiente restaurado segundo a Sociedade pela Restauração Ecológica

Sociedade pela Restauração Ecológica considera vários critérios para chegar a essas respostas, alguns de avaliação ainda bastante desafiadora, como o estabelecimento de funções ecossistêmicas, a autossustentabilidade e a quantificação de espécies de grupos funcionais e suas interações. Os desafios são tanto de ordem

metodológica, quanto de ordem financeira e temporal. Comumente, o monitoramento de áreas em restauração se restringe às plantas, ou seja, não considera outros organismos e suas interações, nem os processos ecológicos. Todavia, uma abordagem ecossistêmica e integradora se faz necessária para a avaliação efetiva

do sucesso. A pesquisa na área de ecologia de restauração tem apontado diversas possibilidades para um monitoramento mais abrangente, mas aplicações ainda são escassas.

Sob a perspectiva socioeconômica, o foco da restauração está na manutenção ou ampliação do bem-estar social e econômico dos colaboradores diretos e indiretos dos projetos. Os critérios e indicadores usados no monitoramento dos fatores socioeconômicos servem para avaliar a percepção das pessoas e os efeitos da restauração nos diferentes setores da sociedade, e incluem parâmetros como geração de renda, investimentos, formação de pessoas e o próprio engajamento das comunidades com a restauração ecológica. Diversas experiências têm demonstrado que o sucesso da restauração está profundamente associado ao envolvimento das comunidades do entorno, sendo este monitoramento, portanto, uma etapa que não deve ser negligenciada.

Desafios e oportunidades da restauração ecológica

A restauração ecológica no Brasil é de extrema importância, uma vez que o país apresenta altas taxas de supressão dos

ecossistemas naturais e de criação de vastas superfícies degradadas. Os desafios são grandes. Além da falta de ferramentas e técnicas adequadas para a recuperação, especialmente de ecossistemas não florestais, também há pouco conhecimento sobre a dinâmica dos próprios ecossistemas de referência. Como estabelecer alvos se em muitos casos pouco se sabe sobre a dinâmica da diversidade e da estrutura dos ecossistemas naturais e, menos ainda, sobre os processos ecológicos que os definem?

Nesse cenário, pesquisas em biodiversidade como as realizadas no Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) são fundamentais, assim como projetos de longa duração que permitam o monitoramento de ecossistemas em restauração e de referência, a exemplo do que é feito no Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD). De fato, a ecologia da restauração e a restauração ecológica são áreas que apresentam atualmente grande crescimento no Brasil e alta diversificação de conceitos e aplicações graças à diversidade dos ecossistemas brasileiros e suas particularidades, o que resulta em diferentes necessidades e estratégias para a restauração. Aqui, receitas genéricas geralmente são pouco indicadas.

Muitos conceitos e abordagens sugeridos pela ciência ainda precisam ser incorporados à prática, tanto na implementação dos trabalhos de restauração, quanto no monitoramento. Muitas vezes, o estabelecimento de uma cobertura vegetal, independentemente da identidade e origem das espécies que a compõem, continua a ser considerado como sucesso, mesmo que tal situação seja bastante distante daquilo que se entende por restauração ecológica.

Mas, mesmo existindo lacunas no conhecimento e na aplicação de técnicas, há uma base científica sólida para fazer recomen-

dações sobre como restaurar de modo estratégico. A interação da pesquisa com as atividades práticas de restauração são de grande importância para o alcance dos objetivos da restauração ecológica. Além disso, dada a necessidade de restauração em larga escala, também é preciso continuar a qualificar profissionais e membros da sociedade em geral. Cabe aos diferentes atores envolvidos com a restauração buscar soluções inteligentes e criativas, de modo que as gerações vindouras possam usufruir dos serviços ecossistêmicos gerados pela restauração ecológica.

SUGESTÕES DE LEITURA

A Sociedade para a Restauração Ecologia publica e disponibiliza em sua página na internet (www.ser.org) diversos materiais sobre os conhecimentos e resultados mais recentes em restauração ecológica. Destacam-se o documento “Princípios da *SER International* sobre a Restauração Ecológica”, que define conceitos básicos da restauração ecológica e traz uma introdução sobre as principais abordagens, e a série “*The Science and Practice of Ecological Restoration*”, que atualmente conta com 28 títulos. Entre os livros destacam-se as seguintes obras recentes: “Ecologia da Restauração”, de Efraim Rodrigues, publicado pela editora Planta em 2013; “Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados”, de Sebastião Venâncio Martins, publicado pela editora UFV em 2015; e “Restauração Florestal”, de Ricardo Ribeiro Rodrigues, Sergius Gandolfi e Pedro Henrique Santin Brancalion, publicado pela Oficina de Textos também em 2015.



Mata Atlântica na Reserva Biológica
Santa Lúcia, Santa Teresa, ES

BIODIVERSIDADE E SAÚDE

UMA RELAÇÃO QUE PRECISA SER RECONHECIDA

Rosana Gentile
Paulo Sergio D'Andrea

A saúde é um direito fundamental do ser humano e todo indivíduo deve poder realizar e satisfazer suas necessidades em um ambiente saudável. Saúde é mais que apenas a ausência de doenças ou enfermidades, é um completo estado de bem-estar físico, mental e social. Nesse contexto, onde a saúde é entendida de forma abrangente, está inserido o conceito de saúde ambiental.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), saúde ambiental é a parte da saúde pública relacionada aos fatores físicos, químicos e biológicos externos à pessoa, e aos comportamentos que impactam estes fatores. Engloba o conhecimento e o controle de características ambientais que podem afetar a saúde das pessoas, e tem como objetivo manter ambientes saudáveis e propícios para a vida humana e dos animais, e, desta forma, prevenir doenças.

Perturbações nos ambientes naturais causadas pela ação humana podem alterar os padrões de transmissão de organismos causadores de doenças, pois além de modificarem as relações entre os organismos, criam novos ambientes para vetores e hospedeiros de parasitos, algumas vezes levando ao surgimento de novas doenças ou ao aumento do número de casos de doenças já existentes. Dependendo das características do modo de transmissão, algumas dessas doenças podem atingir várias regiões do mundo, tornando-se pandemias, como aconteceu com a Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), com a gripe aviária e a gripe suína e com o Ebola.

Surtos de doenças com origem em animais silvestres ocorreram de forma recorrente no final da década de 1990 e início dos anos 2000 devido ao agravamento da

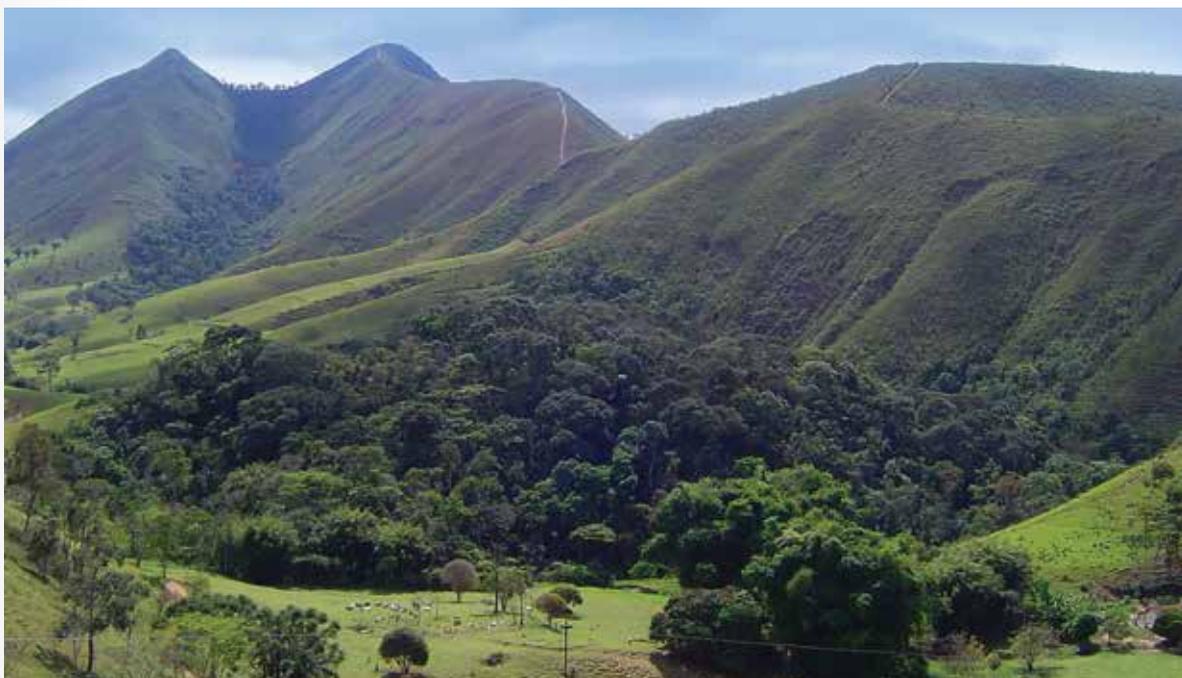
crise ambiental. Todas eram doenças com fortes tendências a se transformarem em epidemias de impacto mundial. Diante desse cenário, a OMS resgatou o conceito “um mundo, uma saúde” (no original, “*one world, one health*”), segundo o qual a transmissão de doenças infecciosas que ameaçam a saúde pública está diretamente relacionada ao estado de saúde do ambiente, dos animais e do ser humano. Segundo essa abordagem, é preciso lidar com a saúde de maneira integrada para prevenir ou controlar tais doenças.

No mesmo período surgiu, na América do Norte, a medicina da conservação, ramo da ciência que também reconhece que tanto a conservação das espécies quanto as políticas públicas para a saúde humana se beneficiam de abordagens da saúde mais inclusivas. A medicina da conservação une saúde humana, animal e ambiental a partir da consciência da inter-relação entre as espécies biológicas, a saúde e o ambiente. O foco está no estudo do contexto ecológico da saúde e na solução de problemas de saúde dentro de uma abordagem ecológica. O trabalho é colaborativo e multidisciplinar, envolvendo profissionais de áreas como epidemiologia, veterinária, toxicologia e ecologia.

Modificações no ambiente e o surgimento de doenças

O impacto das atividades humanas nos ecossistemas naturais é um fenômeno mundial. No Brasil, todos os biomas vêm sendo perturbados e muito alterados, principalmente devido à crescente urbanização e às mudanças de uso da terra para fins econômicos, como a implantação de atividades agrícolas e pecuária. Degradação e desmatamento também ocorrem de modo acelerado, reduzindo e fragmentando os ambientes naturais e afetando diretamente a biodiversidade e os ecossistemas, com diminuição da abundância ou mesmo extinção de algumas espécies. A taxa de extinção das espécies é uma das medidas de perda de biodiversidade mais usadas no mundo, porém, cabe ressaltar que grande parte das espécies ainda é desconhecida, principalmente espécies de invertebrados, plantas, fungos e micro organismos.

Esses processos têm grandes implicações para a saúde das pessoas, podendo levar ao surgimento ou ressurgimento de doenças e causando a perda de espécies usadas em produtos médicos e nas práticas do conhecimento tradicional em saúde. As atividades humanas parecem ser as responsáveis, por exemplo, pela dispersão de endemias



Devastação da floresta Amazônica por queimadas e abertura de estradas impactando a biodiversidade



Fragmentação florestal no bioma Mata Atlântica e a formação de ilhas de florestas isoladas ou pouco conectadas no estado do Rio de Janeiro

como a malária e as leishmanioses. Mas de que maneira modificações no ambiente resultam no surgimento de novas doenças ou no ressurgimento de outras já conhecidas?

Muitas vezes esse processo começa em locais onde o desmatamento e a alteração dos ambientes faz com que espécies que necessitam de áreas maiores, como os animais de médio e grande porte, desapareçam, causando desequilíbrio nas interações entre as espécies de todo o ecossistema em efeito cascata. As espécies chamadas de especialistas — que apresentam necessidades mais específicas, utilizando uma pequena variedade de recursos quando comparadas com outras espécies — também costumam ser logo impactadas, pois, de modo geral, são mais vulneráveis às mudanças nos ambientes.

As espécies que conseguem sobreviver nas áreas degradadas ou próximas a novas habitações acabam tendo suas abundâncias aumentadas, como acontece com gambás e pequenos roedores. Essas espécies sobreviventes podem se tornar elos de contato com as pessoas, eventualmente trazendo parasitos e doenças dos ambientes silvestres para o ambiente humano. O reverso também acontece, com parasitos de doenças originalmente

humanas passando a ocorrer nas espécies silvestres.

Benefícios da conservação da biodiversidade para a saúde humana

A conservação dos ecossistemas e de sua biodiversidade garante a manutenção dos serviços ecossistêmicos, que, por sua vez, estão diretamente relacionados ao bem-estar humano, às boas condições de vida das populações e à redução das chances de surgimento ou agravamento da transmissão de doenças. Num ecossistema preservado garante-se, por exemplo, o bom fornecimento de água para consumo humano e animal, terrenos apropriados para agricultura e habitação, regulação natural da temperatura dos ambientes, entre outros.

A conservação da biodiversidade também é importante para o fenômeno conhecido como efeito diluidor. Um ecossistema preservado apresenta muitos animais com capacidades diferentes de transmissão de parasitas. A presença de hospedeiros menos competentes “dilui” a transmissão e diminui as chances de infecção humana. Num ambiente degradado, com ecossistemas com menos espécies, pode ocorrer o favorecimento e o

aumento da abundância de espécies mais competentes para a transmissão de agentes causadores de doenças. A maior abundância dessas espécies facilita e aumenta a eficiência da transmissão de organismos patogênicos entre elas, aumentando sua ocorrência nas populações animais e, por consequência, aumentando o risco e as chances de transmissão aos seres humanos. Entretanto, o efeito diluidor ocorre somente em certas condições locais, e são as especificidades de cada ecossistema que determinarão se ele ocorrerá ou não.

Cabe lembrar que a conservação da biodiversidade inclui também os parasitos, inclusive os causadores de doenças humanas. A conservação da biodiversidade não deve ser vista de forma simplificada e reducionista, referindo-se apenas às questões relacionadas às espécies biológicas e ao equilíbrio dos ecossistemas, deve considerar também seu valor econômico e social para o ser humano.

Ações futuras

Apesar de estar diretamente relacionada à saúde humana, a biodiversidade muitas vezes não é considerada pelo poder público e por seus gestores na formulação e na execução de políticas públicas. Como re-

sultado, a preservação dos ambientes naturais e das espécies tem tido pouca prioridade no planejamento do desenvolvimento econômico dos países. Além disso, há pouca compreensão de que o estudo das espécies e suas relações pode ajudar a prever ameaças ao ser humano decorrentes da degradação ambiental.

O conhecimento sobre a biodiversidade de parasitos e sobre seus mecanismos de transmissão deve ser incluído como parâmetro nas questões relacionadas à conservação das espécies e como indicador efetivo da saúde geral de um ecossistema. A prevenção das zoonoses e das doenças infecciosas depende do conhecimento dos organismos causadores dessas doenças, seus reservatórios e suas dinâmicas de propagação.

Novas metodologias e iniciativas surgiram na última década para ajudar na compreensão da relação entre saúde e ambiente, dentre as quais destacam-se: os estudos da epidemiologia da paisagem; a utilização de modelos matemáticos preditivos nos estudos de ecologia das doenças; as análises mais complexas que utilizam dados de diversas regiões com o objetivo de se buscar padrões gerais; o uso de indicadores ambientais; as ferramentas de diagnóstico biomédico; técni-

cas de monitoramento não invasivas para os animais, como a marcação e soltura; técnicas de biologia molecular; adaptação de sistemas de monitoramento que combinam indicadores ecológicos e de saúde para situações de países em desenvolvimento; desenvolvimento da bioinformática; e disponibilização de bases de dados epidemiológicos e ecológicos.

Mesmo com todos esses avanços, a visão inclusiva e de longo prazo da saúde dentro do conceito “um mundo, uma saúde” — que integra saúde humana, animal e ambiental nas práticas clínicas, na saúde pública, na pesquisa científica e nas políticas públicas — ainda tem pontos a serem desenvolvidos.

Em relação à biodiversidade, é preciso au-



Condições ambientais para a transmissão oral da Doença de Chagas no estado do Pará. Presença de habitações precárias próximas a grandes áreas de monocultura do açaí, com redução da diversidade de animais vertebrados, fontes de alimento para os barbeiros vetores, e consequente atração para o peridomicílio em busca de animais domésticos e o próprio homem como fontes alternativas de alimento



Abundância de taquaras numa floresta degradada em Santa Catarina. Quando as taquaras florescem, fornecem grande quantidade de sementes que são utilizadas como alimentos pelos roedores silvestres, podendo levar a ratadas (grandes aumentos nas populações de ratos), facilitando a transmissão da hantavirose

mentar o conhecimento sobre as espécies envolvidas nos ciclos das doenças, bem como o entendimento sobre o funcionamento dos ecossistemas. Também é essencial obter estimativas da quantidade de organismos e suas abundâncias, e monitorar populações de espécies-chave com diagnóstico permanente dos parasitos que as infectam.

No aspecto humano, é essencial garantir o

diagnóstico das doenças e o tratamento das pessoas. É também necessário desenvolver programas de capacitação de agentes locais para monitoramento das doenças e promover maior integração entre médicos, cientistas, educadores, poder público, empresas e população. Por fim, é preciso fomentar programas de educação que visem a conscientização da população sobre a importância da biodiversidade para o bem-estar.



O diagnóstico de infecções naturais por vermes em animais silvestres é um dos indicadores usados para monitorar a saúde de animais de produção, dado o potencial de transmissão de doenças entre eles. A - Infecção de helmintos nematoides no fígado de um gambá. B – Procedimento de necropsia. C - Infecção de um helminto acantocéfalo no intestino delgado do gambá



A colocação de brincos de identificação em animais silvestres é uma das técnicas que permite monitorar as abundâncias e movimentos dos animais silvestres e, por sua vez, as taxas de infecção por agentes infecciosos

PRINCIPAIS DOENÇAS RELACIONADAS À SAÚDE AMBIENTAL NO BRASIL

A maioria das doenças associadas a ambientes não saudáveis atinge principalmente populações humanas mais pobres, que vivem em áreas com urbanização sem planejamento, sem redes de esgoto e acesso à água tratada, ou em ambientes rurais. Doenças infecciosas de origem animal naturalmente transmitidas para humanos são chamadas de zoonoses. Muitas espécies de vertebrados, particularmente mamíferos, são fontes conhecidas de parasitos que afetam as pessoas. Diversas espécies de roedores, gambás, cuícas, tatus e primatas são estudadas como indicadores da saúde do ambiente através do monitoramento das abundâncias de suas populações e de suas taxas de infecção por parasito, contribuindo não apenas para a compreensão de certas doenças, mas também para programas de manejo e conservação da biodiversidade. Epidemias e surtos de doenças infecciosas e de zoonoses têm diversas causas envolvendo seus agentes, os hospedeiros naturais destes agentes e as condições do ambiente. Dada esta complexidade de fatores, epidemias dessas doenças podem ser consideradas consequências do desequilíbrio de um ecossistema.

DOENÇA DE CHAGAS

Transmissores e ciclo de vida

Causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi*, a transmissão dessa doença pela via clássica — o inseto barbeiro após picar o ser humano para se alimentar, defeca ao lado da picada, as fezes contendo o protozoário entram na corrente sanguínea quando o ser humano coça o local da picada — é tida como controlada no Brasil. Porém, surtos locais da doença ocorreram acidentalmente por ingestão de alimentos contaminados nos estados de Santa Catarina, Ceará e Bahia. No caso dos estados amazônicos do Pará, Amapá e Amazonas, regiões produtoras e grandes consumidoras de açaí, surtos têm ocorrido frequentemente nos últimos anos. Nestes estados produtores, o consumo de polpa de açaí contaminada é a principal causa de transmissão da doença de Chagas.

Relações com a saúde ambiental

O cultivo de palmeiras de açaí em grandes áreas de monocultura reduziu drasticamente a diversidade e a abundância de animais vertebrados. Com isso, os insetos transmissores do *T. cruzi*, que antes se alimentavam picando esses animais, passaram a frequentar os

domicílios e áreas ao seu redor em busca de alimento. Esse comportamento do inseto aumenta as chances de contaminação da polpa do açaí durante suas etapas de armazenamento e preparo, pois ele pode acabar sendo processado junto com a fruta, contaminando o produto final. Trata-se de um novo perfil epidemiológico para a doença de Chagas, onde o principal modo de transmissão é a infecção por via oral através da ingestão de alimentos contaminados. Nestes casos, os animais adaptados a viver próximos às habitações humanas ou a áreas urbanas e periurbanas (chamados de animais sinantrópicos) e os animais domésticos podem apresentar um papel importante no ciclo de transmissão da doença.

MALÁRIA

Transmissores e ciclo de vida

Causada por um protozoário parasito do gênero *Plasmodium* e transmitida pela picada do mosquito-prego, do gênero *Anopheles*, a malária é considerada pela Organização Mundial da Saúde a mais importante doença parasitária do mundo.

A malária não é classificada como uma zoonose no sentido estrito, uma vez que é causada por parasitos que atualmente podem circular somente entre humanos, sem a necessidade de reservatórios silvestres. No entanto, casos de malárias transmitidas entre primatas silvestres e humanos já foram relatados, inclusive no Brasil, embora sejam relativamente raros.

Relações com a saúde ambiental

Uma das importantes mudanças ambientais que podem provocar aumento dos casos de malária é a construção de hidrelétricas, pois estas favorecem a proliferação das larvas dos mosquitos-prego, uma vez que todas as fases do ciclo de vida desse inseto, exceto a fase adulta, ocorrem na água. A construção de hidrelétricas, assim como atividades de mineração, também levam à abertura de estradas e ao aumento do trânsito de trabalhadores entre regiões. O deslocamento de pessoas infectadas com o protozoário de áreas endêmicas para áreas livres de malária pode criar novos focos da doença, resultando na sua emergência ou no aumento da transmissão.

HANTAVIROSES

Transmissores e ciclo de vida

Causadas por vírus do gênero *Hantavirus*, são transmitidas às pessoas através da inalação de aerossóis (partículas sólidas ou líquidas em suspensão no ar) contaminados provenientes de fezes e urina de roedores silvestres infectados.

Relações com a saúde ambiental

Casos de hantavirose ocorrem principalmente em ambientes rurais, onde frequentemente observa-se redução da diversidade de animais, particularmente mamíferos. A ausência desses animais pode favorecer o aumento da população dos roedores silvestres que transmitem a doença. A hantavirose apresentou cerca de 2.000 casos humanos desde o primeiro caso relatado no Brasil, em 1993, mas os registros de ocorrência vêm aumentando desde então. O primeiro caso humano da doença no estado do Rio de Janeiro, por exemplo, foi registrado em 2015, apesar de haver casos registrados em todas as regiões do país, principalmente no Sul e Centro-Oeste.

ESQUISTOSSOMOSE MANSÔNICA

Transmissores e ciclo de vida

A esquistossomose mansônica, uma das principais endemias brasileiras, também não é considerada uma zoonose no senso estrito, mas merece destaque. Causada pelo verme *Schistosoma mansoni*, a doença é transmitida ao ser humano pelo contato com ambientes aquáticos contaminados pela larva do verme, que é eliminada por um caramujo. O ciclo se completa quando fezes de pessoas infectadas contendo ovos do verme atingem ambientes aquáticos. Em diversos locais, ratos-d'água e ratos-de-cana (roedores silvestres dos gêneros *Nectomys* e *Holochilus*) também atuam como hospedeiros ou reservatórios do verme. A presença desses animais infectados em locais distantes de áreas contaminadas por fezes humanas sugere que eles são capazes de levar o parasito consigo, podendo criar novos focos ou potencializar a transmissão em áreas endêmicas e, deste modo, complicar o controle da doença.

Relações com a saúde ambiental

Entre os fatores relacionados a atividades humanas que favorecem o surgimento da esquistossomose estão a construção de barragens, a ausência de saneamento, água potável e água encanada nos domicílios, os movimentos migratórios das populações das áreas de risco, além de atividades de agricultura, como a construção de canais de irrigação, e lazer relacionadas ao foco de transmissão da doença.

ANGIOSTRONGILÍASE

Transmissores e ciclo de vida

Originária da Ásia, é uma verminose de origem zoonótica, tendo como principais hospedeiros vertebrados as ratazanas e os ratos comuns, que são espécies exóticas no Brasil. O principal hospedeiro intermediário é o molusco gigante *Achatina fulica*, de origem africana.

Relações com a saúde ambiental

Relacionada a modificações da fauna nativa causadas pela introdução de espécies exóticas. Esta doença foi registrada recentemente em diversos estados brasileiros, sendo considerada emergente.

DENGUE

Transmissores e ciclo de vida

Causada por um vírus do gênero *Flavivirus*, tornou-se uma pandemia após a Segunda Guerra Mundial e vem se expandindo desde então, juntamente com seus vetores. O principal vetor da dengue no Brasil é o mosquito *Aedes aegypti*.

Relações com a saúde ambiental

O mosquito *Aedes aegypti* é uma espécie exótica invasora de origem africana, hoje bastante adaptada ao meio urbano nas Américas e na Ásia. Trata-se de uma espécie capaz de se adequar a modificações no ambiente e de se recuperar numericamente após perdas em suas populações. A área de ocorrência do *Aedes aegypti* aumentou nas últimas

décadas devido a um complexo de fatores, como o descarte inadequado de resíduos que acumulam água e passam a servir de criadouros para as larvas do mosquito, o desmatamento e a urbanização desordenada. Cabe acrescentar que este mosquito também é vetor de outras doenças, como a febre amarela, a chikungunya e a zika, sendo que estas duas últimas foram introduzidas recentemente no Brasil. Os vírus causadores destas três doenças apresentam suas origens em ciclos silvestres associados à primatas não-humanos.

RAIVA

Transmissores e ciclo de vida

É uma zoonose fatal causada por vírus do gênero *Lyssavirus*, é também uma das doenças infecciosas humanas mais antigas que se tem conhecimento. É transmitida pelo contato com a saliva de animais infectados, principalmente por mordida de cachorros, gatos e morcegos, ou lambida em feridas abertas e mucosas. Nas áreas urbanas, os principais transmissores da doença são os cachorros e gatos, enquanto nas áreas rurais os principais transmissores são os morcegos.

Relações com a saúde ambiental

Apesar de a raiva humana estar bem controlada atualmente, a raiva em animais de criação ainda é muito prevalente em algumas regiões rurais ou com desmatamento recente.

CALAZAR E AS OUTRAS LEISHMANIOSES

Transmissores e ciclo de vida

São doenças causadas por protozoários do gênero *Leishmania*, transmitidas por picadas de mosquitos da família dos flebotomíneos conhecidos como mosquito-palha. Os hospedeiros vertebrados incluem mamíferos como roedores, marsupiais, morcegos, tatu e animais carnívoros.

Relações com a saúde ambiental

Os processos de urbanização e os remanescentes florestais mantidos dentro das cidades são fatores determinantes para a exposição do homem a este parasito.

TOXOPLASMOSE

Transmissores e ciclo de vida

Doença causada pelo protozoário da espécie *Toxoplasma gondii*, um parasito de ampla distribuição no Brasil, inclusive nos centros urbanos. A transmissão para humanos pode ocorrer através da ingestão de ovos encistados (ovos encapsulados por membranas protetoras) presentes na água e em alimentos contaminados ou através do contato com fezes de felinos. Felinos domésticos ou silvestres são os hospedeiros definitivos do protozoário, sendo os únicos hospedeiros que podem excretar as formas infectantes no ambiente. Esses animais se infectam ao se alimentarem de roedores ou outros pequenos animais contaminados.

Relações com a saúde ambiental

Tanto o ser humano quanto qualquer outro mamífero que participa do ciclo de transmissão desta doença irão se infectar em ambientes contaminados pelos ovos do protozoário.

LEPTOSPIROSE

Transmissores e ciclo de vida

Doença causada por bactérias *Leptospira*, transmitidas ao ser humano a partir do contato da pele lesionada ou da mucosa das pessoas com águas contaminadas pela bactéria. Os ratos comuns e, principalmente, as ratazanas são os principais hospedeiros, eliminando a bactéria através da urina e contaminando corpos d'água como lagos, riachos e piscinas não tratadas.

Relações com a saúde ambiental

A leptospirose é uma doença relacionada às áreas urbanas, e surtos ocorrem frequentemente em momentos quando o excesso de chuva causa inundações, principalmente em regiões degradadas ambientalmente ou com urbanização não planejada. Ocasionalmente também aparece em áreas rurais.

RIQUETSIOSES

Transmissores e ciclo de vida

Doenças causadas por bactérias do gênero *Rickettsia* e transmitidas por carrapatos, sendo o carrapato comum, ou carrapato-estrela, da espécie *Amblyomma cajennense*, o mais importante reservatório e transmissor da febre maculosa

Relações com a saúde ambiental

Esse carrapato é muito comum, principalmente onde há criação de gado e de equinos, ou mesmo em regiões onde se observa a presença de muitos mamíferos silvestres de médio e grande porte, como as capivaras. A febre maculosa é a riquetsiose de maior importância no território brasileiro.

SUGESTÕES DE LEITURA

Definições relacionadas à saúde ambiental podem ser encontradas no “Dicionário de Termos Técnicos de Medicina e Saúde”, escrito por Luis Rey e publicado pela editora Guanabara Koogan em 2003. A mesma editora publicou o livro “Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias”, obra de José Rodrigues Coura (editor) de 2005 que traz descrições dos parasitos, ciclos biológicos e dados epidemiológicos. Detalhes das abordagens da ecologia da saúde e da medicina da conservação são encontrados na publicação, disponível apenas em inglês, “*New Directions in Conservation Medicine*”, editada por Alonso Aguirre, Richard Ostfeld e Peter Daszak, pela editora da Universidade Oxford de 2012. O Portal Saúde, iniciativa do Ministério da Saúde, também traz informações sobre diversas doenças, tanto para cidadãos como para profissionais e gestores da área, e pode ser acessado no endereço <http://portalsaude.saude.gov.br>.



Ipê-amarelo (*Handroanthus aureus*) em Brasília, DF

POLÍTICAS PÚBLICAS: EM BUSCA DE CAMINHOS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Eduardo Vélez-Martin
Demetrio Luis Guadagnin
Valério De Patta Pillar

A humanidade e o planeta vivem atualmente um momento singular de suas histórias. A expansão e a intensificação da agricultura, dos meios de transporte e da indústria, e o uso maciço de combustíveis fósseis são forças motrizes de um modelo civilizatório perverso, com uma dinâmica econômica que já ultrapassou a capacidade de suporte da biosfera. O grau de transformação da natureza pela ação humana atingiu escala global, a ponto de se propor uma nova época no tempo geológico, o Antropoceno, quando as principais mudanças observadas no planeta são aquelas causadas pela humanidade.

A perda da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos e as mudanças climáticas são a face dramática das transformações em curso no mundo. Mas, embora sejam temas relacionados, os problemas que afe-

tam a biodiversidade têm menor repercussão na mídia e no imaginário da sociedade. O fato concreto é que a biodiversidade agoniza, e junto com ela perde-se também a sociodiversidade — a diversidade cultural de produção e manutenção de variedades, raças, conhecimentos e práticas tradicionais de uso dos recursos biológicos.

Desde a segunda metade do século XVIII até o presente, a população humana aumentou dez vezes e as extinções de espécies e ecossistemas atingiram uma proporção tão grande que já se configura o sexto episódio de extinção em massa da história da vida na Terra. A mudança no uso do solo, a exploração excessiva de recursos biológicos, a poluição, a introdução de espécies exóticas e as mudanças climáticas são os principais fatores que causam a perda da biodiversidade. Mas o que a

sociedade tem que fazer para deter, ou ao menos minimizar, o problema?

Muito já foi discutido, e existe razoável grau de acordo sobre o caminho a seguir. A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), um tratado internacional da Organização das Nações Unidas (ONU) em vigor desde 1993, detalha as ações que devem ser tomadas. A CDB é um guia para os países que a ratificaram. Ela traz as diretrizes para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversida-

de, além de manter uma agenda permanente de mobilização política, institucional, científica e de recursos financeiros em prol da biodiversidade. No âmbito da CDB, a cada dois anos ocorre a Conferência das Partes (COP), na qual governos, sociedade civil e comunidade científica aprofundam discussões e propõem iniciativas. Entre as iniciativas, destacam-se as Metas de Aichi, um conjunto de vinte metas que integra o planejamento estratégico para o período de 2011-2020, e o Panorama Global da

Plenária de abertura da 12ª Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica em 2014, na cidade de Pyeongchang, Coréia do Sul



Twelfth meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (COP 12)
Seventh meeting of the Parties to the Cartagena Protocol on Biosafety (COP-MOP 7)
First meeting of the Parties to the Nagoya Protocol on Access and Benefit Sharing (COP-MOP 1)



Biodiversidade, um relatório técnico periódico que sintetiza a situação e as tendências globais da biodiversidade.

Biodiversidade, ciência e políticas públicas

Sem a produção de conhecimento científico e a participação dos cientistas não é possível avaliar o estado da biodiversidade e suas tendências, nem propor e avaliar ações de conservação e remediação. O reconhecimento da importância de evidências científicas para orientar as decisões a favor da biodiversidade resultou na criação de uma iniciativa complementar à CDB. Constituída em 2012 também no âmbito da ONU, a Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES) é uma comissão de especialistas em biodiversidade que tem a missão de revisar, avaliar e sintetizar o estado da arte do conhecimento científico e as informações mais relevantes sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos.

A tarefa de conhecer a biodiversidade é gigantesca, especialmente porque em cada região do planeta as espécies evoluíram de maneiras diferentes e interagem em condições ambientais próprias. No Brasil, a diversidade pode ser reconhecida na

forma dos distintos biomas — Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal —, e da grande variação biológica dentro deles. Na Mata Atlântica, por exemplo, é possível reconhecer tipos distintos de florestas (estacional, ombrófila mista e ombrófila densa) e, para cada tipo florestal, observam-se também importantes variações na ocorrência das espécies desde o solo até a copa das árvores.

A sociedade precisa ser capaz de produzir e articular o conhecimento científico sobre a biodiversidade, de modo a formular, orientar e realizar ações concretas de conservação. A contribuição da ciência para a conservação da biodiversidade depende da conjugação de múltiplos esforços e iniciativas, especialmente na forma de políticas públicas.

Num conceito abrangente, entende-se por política pública qualquer conjunto de orientações voltado à tomada de decisão e à realização de ações concretas para resolver questões que são de interesse comum da sociedade. Embora muitas políticas públicas necessitem da participação do poder público, elas também podem ter caráter não estatal.

Por ser um bem comum, a biodiversidade depende fundamentalmente das polí-



Pesquisadores realizando estudos em campo

ticas públicas. No plano internacional ela é entendida como um bem de preocupação comum da humanidade, sobre o qual prevalecem os direitos soberanos de cada país. No Brasil, o artigo 225 da Constituição Federal define o meio ambiente como bem de uso comum do povo, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as futuras gerações. A biodiversidade é tratada na doutrina jurídica brasileira como um bem de característica difusa, sem um proprietário determinado. Ela pertence à coletividade, transcendendo o conceito de bem público.

A experiência brasileira com políticas públicas em prol da biodiversidade é relativamente recente — apesar de não haver um marco específico, verifica-se um aumento das iniciativas a partir da década de 1990. Casos de sucesso combinam-se com inúmeras situações em que elas têm sido episódicas, descontinuadas ou inexistentes. Sua conexão com o conhecimento científico produzido no Brasil tem tido altos e baixos. Muitas vezes, a visão limitada dos gestores e a pressão exercida por interesses econômicos terminam apartando a ciência dos processos decisórios, e a biodiversidade acaba prejudicada.

Ainda que não se limitem a isso, as políticas públicas necessárias para conservar a biodiversidade podem ser agrupadas de acordo com seus objetivos: proteger ecossistemas, espécies e a diversidade genética; promover o uso sustentável; reduzir as pressões diretas sobre a biodiversidade; e recuperar, quando possível, ecossistemas e serviços ecossistêmicos.

Como as principais causas de extinção da biodiversidade são a perda, a fragmentação e a degradação dos habitats, ações de proteção de ecossistemas e espécies são fundamentais. É preciso identificar as áreas prioritárias, criar e manejar unidades de conservação, e promover a conservação fora dessas unidades por meio do uso da terra adequado. Todas essas ações dependem da gestão e do ordenamento territorial e da realização prévia de pesquisas, incluindo inventários, mapeamentos e monitoramentos, e estudos de longo prazo que permitam diagnosticar as espécies e os habitats que devem ser objeto das ações de proteção.

Entre os bons exemplos de políticas públicas que têm possibilitado articular pesquisa e proteção da biodiversidade e, ao mesmo tempo, honrar parte dos compro-

missos internacionais assumidos pelo país destacam-se o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (Peld), o Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade (Sisbiota) e o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), realizados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (em alguns casos com participação de fundações estaduais de apoio à pesquisa), bem como o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio I) e o Projeto Nacional de Ações Integradas Público-Privadas para Biodiversidade (Probio II), do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

A importância das unidades de conservação

As unidades de conservação asseguram a existência de porções do território onde a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos têm prioridade sobre outros usos dos recursos e do espaço. Sua existência é tão importante que, no Brasil, uma legislação específica instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), com normas para a criação, implantação e gestão dessas uni-

dades. Já a CDB estabeleceu como 11ª Meta de Aichi que 17% das áreas terrestres mundiais importantes para a biodiversidade estarão protegidas até 2020. O compromisso internacional foi referendado em 2013 pela Comissão Nacional da Biodiversidade (Conabio), que aumentou a meta para 30% na Amazônia. Entretanto, com exceção desse bioma, onde as unidades de conservação já totalizam 27,5% do território, o déficit de proteção ainda é elevado: a Caatinga tem 10% do bioma protegido por unidades de conservação; o Cerrado, 9,1%; a Mata Atlântica, 10,7%; o Pantanal, 5%; e o Pampa, somente 3,4%.

A criação de novas unidades de conservação é um processo que exige crescente esforço e recursos. Os estudos de campo feitos no Brasil vêm gerando informações sobre a distribuição da biodiversidade e as tendências de transformação do uso da terra em regiões em que há lacunas de informação, contribuindo para a definição de novas unidades. Com dados e critérios científicos é possível maximizar o número de habitats e espécies protegidos, minimizando a área necessária e os custos econômicos e sociais. A criação de novas áreas

protegidas deve buscar a representatividade de ecossistemas e de espécies, de modo a complementar aquelas que já existem.

Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal

Apesar de sua indiscutível importância, a proteção feita somente nas unidades de conservação é insuficiente para proteger as espécies e os ecossistemas. A biodiversidade depende de paisagens nas quais os remanescentes de áreas naturais mantêm-se conectados, permitindo a dispersão das espécies e o intercâmbio de material genético entre suas populações.

No Brasil, o principal instrumento jurídico para garantir a conservação da biodiversidade fora de áreas protegidas é a Lei de Proteção da Vegetação Nativa¹, mais conhecida como Código Florestal — um termo equivocado, uma vez que a lei não se refere apenas a florestas. Sua efetiva aplicação permite colocar em prática instrumentos de proteção equitativos e distribuídos espacialmente, dentro do princípio de que todos os proprietários de terras devem contribuir para a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistê-

¹ Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012.

micos. Essa lei exige, por exemplo, a delimitação de Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal e sua declaração no Cadastro Ambiental Rural por todos os proprietários de imóveis rurais. Exige também autorização para a retirada de qual-

quer vegetação nativa, seja ela florestal ou não florestal.

Áreas de Preservação Permanente (APPs) são regiões do território ecologicamente importantes onde a vegetação nativa deve ser mantida. As APPS incluem: faixas de

Combate ao desmatamento na Amazônia, exemplo de uma política pública com resultados importantes



terra com largura variável no entorno de rios, lagoas, nascentes, olhos d'água perenes e veredas; encostas com declividade superior a 45°, bordas de tabuleiros ou chapadas, topos de morros e locais com altitude acima de 1.800 m; e tipos específicos de vegetação, como os manguezais e as restingas.

Já a Reserva Legal corresponde a um percentual obrigatório de vegetação nativa, florestal ou não florestal, a ser mantido em cada propriedade rural, com a possibilidade de sua exploração econômica mediante manejo sustentável. Na Amazônia, a Reserva Legal é de 20% em regiões de campos, 35% em áreas de savanas ou 80% em áreas com florestas. Em outros biomas, a porção de vegetação nativa que deve ser mantida corresponde a 20% do tamanho da propriedade.

Há ainda muitas situações que exigem medidas adicionais de proteção, como o caso das espécies ameaçadas de extinção. A partir da aplicação de critérios científicos, essas espécies são classificadas de acordo com o grau de ameaça e incluídas em listas revisadas periodicamente e reconhecidas por portarias do Ministério do

Meio Ambiente. Complementarmente, já foram estabelecidos mais de 50 Planos de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção (PANs). Esses planos descrevem as ações prioritárias para combater as ameaças que põem em risco populações dessas espécies e seus ambientes naturais.

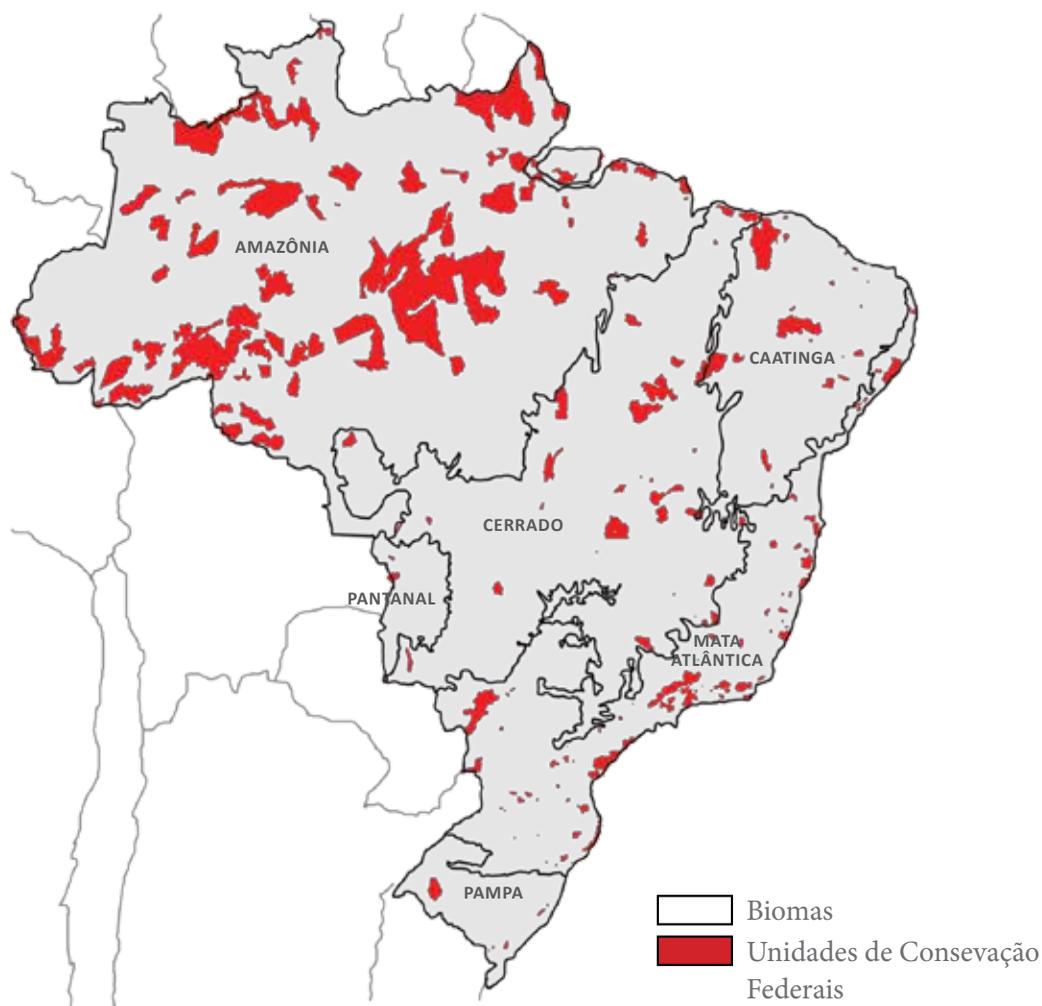
O uso sustentável da biodiversidade

O bem-estar da humanidade depende de recursos biológicos, cujo uso deve ser sustentável e o acesso, socialmente justo. Estabelecer sistemas de aproveitamento econômico da biodiversidade com essas características é um dos maiores desafios da atualidade.

Os sistemas baseados em extrativismo geralmente estão associados à sobre-exploração dos recursos biológicos, especialmente no caso da pesca e da exploração madeireira, mas também no caso de diversos recursos florestais não madeireiros, incluindo a fauna, fibras, frutos e resinas. Em ecossistemas não florestais, o pastoreio mal conduzido pode comprometer a regeneração da vegetação herbácea, degradar a qualidade do habitat, facilitar a invasão por espécies exóticas e

2 Lei nº 11.284, de 2 de Março de 2006.

3 Lei nº 11.428, de 22 de Dezembro de 2006.



Mapa das unidades de conservação federais nos biomas brasileiros (Fonte: ICMBio, 2015)

comprometer a produtividade econômica.

Nos biomas florestais, a Lei de Gestão de Florestas Públicas² e a Lei da Mata Atlântica³ são instrumentos reguladores importantes que, junto com a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, buscam disciplinar o uso e o manejo das florestas em áreas públicas e privadas. Os ecossistemas não

florestais, no entanto, ainda carecem de políticas públicas específicas.

A ciência e os cientistas são fundamentais para identificar novos usos para os inúmeros recursos oferecidos pelos ecossistemas. São também essenciais para a compreensão dos fatores responsáveis pela produtividade dos sistemas ecológi-

cos, para testar e desenvolver melhores práticas de manejo e exploração, para determinar os limites sustentáveis de uso e para auxiliar na resolução de conflitos.

O conhecimento científico possibilita o desenvolvimento de novas técnicas de produção agropecuária e sua disseminação, capazes de modificar em larga escala os padrões de uso do solo em direção à sustentabilidade. Permite também ampliar a capacidade de sistemas de produção que combinam agricultura e florestas. Em regiões de campos e savanas, permite desenvolver e melhorar práticas de manejo pastoril, de modo a aumentar a produção e, ao mesmo tempo, proteger processos ecológicos, proporcionar serviços ecossistêmicos, proteger espécies ameaçadas e criar paisagens com alto grau de conectividade.

O aproveitamento econômico de extratos e moléculas de microrganismos, plantas e animais é outra oportunidade para o uso sustentável da biodiversidade brasileira obtida a partir da pesquisa científica. A recente atualização da legislação de acesso ao patrimônio genético e repartição de benefícios da biodiversidade representa um caminho promissor, com possibilidade de geração de recursos econômicos adicionais para a conservação.

Além disso, existe a possibilidade de colaboração do conhecimento tradicional. Povos indígenas e comunidades tradicionais mantêm estreita interação com a biodiversidade, identificando espécies potencialmente úteis e desenvolvendo e protegendo raças animais ou variedades de plantas cultivadas. Em um momento de rápidas mudanças e grandes ameaças, é necessário não apenas prospectar e proteger, mas também desenvolver rapidamente e compartilhar novas raças, variedades, técnicas e conhecimentos capazes de auxiliar na adaptação das economias, das práticas agropecuárias e das próprias comunidades.

O conhecimento científico também deve embasar políticas públicas que lidem com as chamadas invasões biológicas, quando espécies são introduzidas em locais onde não ocorrem naturalmente, ameaçando a biodiversidade existente. É muito difícil prever quais espécies podem ser tornar invasoras e causar impactos econômicos e ambientais negativos e graves. A melhor estratégia nestes casos é a prevenção. Uma vez introduzida, a detecção e o controle precoces oferecem as melhores oportunidades de erradicação de espécies invasoras. Se a espécie já está estabelecida e disseminada, provavelmente serão

necessárias ações de controle com ênfase na redução dos danos econômicos ou ambientais. O conhecimento científico é fundamental para rever os antecedentes de uma espécie como invasora, os fatores que predisõem sua dispersão, colonização e estabelecimento nos ambientes invadidos, e para o teste de alternativas de controle.

A melhor forma de reduzir as pressões diretas sobre a biodiversidade, compatibilizando conservação, produção econômica

e qualidade da vida humana, é promover modos sustentáveis de produção e consumo. A sustentabilidade ocorre quando a exploração da natureza é feita dentro de limites que não comprometem o seu funcionamento e sua perpetuação. Se é fato que as atividades humanas envolvem impactos ambientais negativos, também é verdade que existem muitas ações capazes de identificar, minimizar e compensar esses impactos, reduzindo os conflitos de uso.

Cardeal-amarelo (*Gubernatrix cristata*), ave passeriforme com ocorrência na fronteira do Brasil com a Argentina e o Uruguai. Integra a Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 444, de 17 de Dezembro de 2014), na categoria criticamente em perigo



Planejamento ambiental

O planejamento ambiental é outro elemento importante nas políticas públicas de conservação. O conhecimento do território permite identificar restrições e oportunidades, e prognosticar os efeitos individuais e cumulativos das atividades humanas, além de orientar o licenciamento ambiental dos empreendimentos.

A definição de regiões com vocação ambiental para a prática de determinadas atividades econômicas, ou que têm maior sensibilidade ao impacto dessas atividades, permite que se elaborem os chamados zoneamentos ambientais. Várias regiões do Brasil já contam com zoneamentos ecológico-econômicos, áreas definidas com base nas potencialidades e fragilidades ambientais, com regras específicas de uso que orientam a ocupação do espaço geográfico de forma ambientalmente correta.

Outro instrumento de planejamento são as avaliações ambientais estratégicas, estudos de impacto ambiental regionais direcionados para avaliar os efeitos conjuntos de determinadas atividades humanas, como a construção de rodovias. Articular o licenciamento de empreendimentos individuais com os instrumentos de planejamento regional constitui uma grande oportunidade

de qualificar a tomada de decisões e de minimizar os impactos sobre a biodiversidade.

Essa articulação de conhecimentos é valiosa, por exemplo, para a produção de eletricidade a partir dos recursos hídricos. As hidroelétricas podem ser uma alternativa sustentável caso seus impactos negativos sejam adequadamente equacionados. Na bacia hidrográfica dos rios Taquari e Antas, no Rio Grande do Sul, o conhecimento científico permitiu identificar as prioridades de conservação de áreas naturais e de determinadas espécies de plantas e animais. Combinando essas informações com os interesses múltiplos das comunidades no uso do espaço, da água e dos recursos da bacia, foi possível alocar os potenciais de aproveitamento hidrelétrico, minimizando seus impactos negativos. Foram definidos locais impróprios para a construção de barragens, trechos mínimos de rios que deveriam permanecer livres de barramento para possibilitar a reprodução dos peixes, além dos locais onde esses empreendimentos poderiam ser instalados, permitindo harmonizar interesses distintos dentro da mesma bacia hidrográfica.

Há outras ações importantes para a conservação da biodiversidade, mas, de modo geral, para que as políticas públicas relativas à biodiversidade sejam eficazes, é pre-

ciso que contemplem um conjunto diversificado de ações direcionadas a combater tanto as causas imediatas da perda da biodiversidade, quanto suas causas mais fundamentais. É necessário que sejam integradas às políticas setoriais em agricultura, pecuária, energia, produção industrial, transportes, mineração, urbanização, saúde e educação, de modo que se possa

reorientar diretamente as forças motrizes que frequentemente são as causas fundamentais da perda da biodiversidade. Além disso, é necessário um arcabouço legal apropriado e uma infraestrutura institucional que permitam implantar a legislação e conectar a tomada de decisões às evidências científicas e aos mecanismos de participação social.

SUGESTÕES DE LEITURA

A literatura especializada em políticas públicas sobre biodiversidade ainda é incipiente. O Ministério do Meio Ambiente disponibiliza publicações sobre biodiversidade no endereço eletrônico <http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade>. Muitas das publicações disponíveis tratam de políticas públicas, como o “Quarto Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica” (2011), coordenado por Bráulio Ferreira de Souza Dias, e o estudo “Políticas Públicas e Biodiversidade no Brasil” (2002), de autoria de Pedro Leitão, Sarita Albagali e Fábio Leite. A revista científica *Natureza & Conservação* (<http://www.naturezaeconservacao.com.br>), editada pela Associação Brasileira de Ciência Ecológica e Conservação, contém uma seção com temas relacionados a políticas de conservação. A seguir, listamos alguns artigos científicos que tratam de políticas de conservação da biodiversidade:

Gibbs, H.K., Rausch, L., Munger, J., Schelly, I., Morton, D.C., Noojipady, P., Soares-Filho, B., Barreto, P., Micol, L. & Walker, N.F. 2015. *Brazil's Soy Moratorium*. *Science* 347: 377-378.

Soares-Filho, B., Rajao, R., Macedo, M., Carneiro, A., Costa, W., Coe, M., Rodrigues, H. & Alencar, A. 2014. *Land use. Cracking Brazil's Forest Code*. *Science* 344: 363-364.

Overbeck, G.E., Vélez-Martin, E., Scarano, F.R., Lewinsohn, T.M., Fonseca, C.R., Meyer, S.T., Müller, S.C., Ceotto, P., Dadalt, L., Durigan, G., Ganade, G., Gossner, M.M., Guadagnin, D.L., Lorenzen, K., Jacobi, C.M., Weisser, W.W. & Pillar, V.D. 2015. *Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems*. *Diversity and Distributions* 21: 1455–1460.

AUTORES

Alberto Akama

Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém - PA
albertoakama@museu-goeldi.br

Aldicir O. Scariot

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília - DF
aldicir.scariot@embrapa.br

Ana Carolina Borges Lins e Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife - PE
anacarol@db.ufrpe.br

Ana Carolina Neves

Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG
ananeves@gmail.com

Ana Sofia Sousa de Holanda

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus - AM
anasofiaufpa@gmail.com

André Marcio Araujo Amorim

Universidade Santa Cruz. Ilhéus - BA
amorim-uesc@gmail.com

Ângelo Gilberto Manzatto

Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho - RO
manzatto@unir.br

Antônio Fernandes dos Anjos

Universidade Federal de Goiás. Goiânia - GO
antonio.dosanjos.ufg@gmail.com

Beatriz Schwantes Marimon

Universidade do Estado de Mato Grosso. Nova Xavantina - MT
biamarimon@unemat.br

Ben Hur Marimon Junior

Universidade do Estado de Mato Grosso. Nova Xavantina - MT
bhmarimon@unemat.br

Bruno Henrique Pimentel Rosado

Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ
brunorosado@gmail.com

Cátia Nunes da Cunha

Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá - MT
ufmtcnc@gmail.com

Cecilia Veronica Nunez

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus - AM
cecilia@inpa.gov.br

Claudia Franca Barros

Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ
cbarros@jbrj.gov.br

Debora Pignatari Drucker

Embrapa Informática Agropecuária. Campinas - SP
deboradrucker@gmail.com

Demétrio Luis Guadagnin

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
dlguadagnin@gmail.com

Domingos de Jesus Rodrigues

Universidade Federal de Mato Grosso. Sinop - MT
Djmingo23@gmail.com

Eduardo Vélez Martin

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
velezedu@portoweb.com.br

Emiliano Esterci Ramalho

Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Tefé - AM
eeramalho@uol.com.br

Fernando Pedroni

Universidade Federal do Mato Grosso. Pombal do Araguaia - MT
fpedroni@ufmt.br

Flávia Fonseca Pezzini

Royal Botanic Garden Edinburgh. Edinburgh - Grã Bretanha
flaviapezzini@gmail.com

Flora Acunã Juncá

Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana - BA
fjunca@uefs.br

Francisco Langeani Neto

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São José do Rio Preto - SP
langeani@ibilce.unesp.br

Freddy Ruben Bravo Quijano

Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana - BA
fbravo@uefs.br

Geraldo Wilson Fernandes

Universidade Federal de Minas Gerais.
Belo Horizonte - MG
Stanford University, Stanford - Estados Unidos
gw.fernandes@gmail.com

Gerhard Ernst Overbeck

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
gerhard.overbeck@ufrgs.br

Guarino R. Colli

Universidade de Brasília. Brasília - DF
grcolli@unb.br

Guilherme Braga Ferreira

Instituto Biotrópicos. Januária - MG
guilherme@biotropicos.org.br

Gustavo Manzon Nunes

Universidade Federal de Mato Grosso.
Cuiabá - MT
gustavomn@gmail.com

Helder Lima de Queiroz

Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Tefé - AM
helder@mamiraua.org.br

Helena de Godoy Bergallo

Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Rio de Janeiro - RJ
nena.bergallo@gmail.com

Henrique Rajão

Pontifícia Universidade Católica. Rio de Janeiro - RJ
henrique-rajao@puc-rio.br

Heraldo L. de Vasconcelos

Universidade Federal de Uberlândia.
Uberlandia - MG
heraldont@hotmail.com

Ilsi Iob Boldrini

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
ilsi.boldrini@ufrgs.br

Iuri Goulard Baseia

Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal - RS
baseia@cb.ufrn.br

João Alves de Oliveira

Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ

Joaquim de Araújo Silva

Instituto Biotrópicos. Januária - MG
quincas@biotropicos.org.br

José Carmine Dianese

Universidade de Brasília. Brasília - DF
jcarmine@unb.br

Jerry Penha

Universidade Federal de Mato Grosso.
Cuiabá - MT
jpenha.bio@gmail.com

Julia Arieira Couto

Universidade de Cuiabá. Cuiabá - MT
juarieira@gmail.com

Laerte Guimarães Ferreira

Universidade Federal de Goiás. Goiânia - GO
laerte@ufg.br

Leandro Valle Ferreira

Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém - PA
lvferreira@museu-goeldi.br

Luciano Paganucci de Queiroz

Universidade Estadual de Feira de Santana.
Feira de Santana - BA
luciano.paganucci@gmail.com

Ludmilla M. S. Aguiar

Universidade de Brasília. Brasília - DF
ludmillaaguiar@unb.br

Luís Fernando Pascholati Gusmão

Universidade Estadual de Feira de Santana.
Feira de Santana - BA
lgusmao.uefs@gmail.com

Luís Fábio Silveira

Museu de Zoologia da Universidade de
São Paulo. São Paulo - SP
lfsilvei@usp.br

Manuel Eduardo Ferreira

Universidade Federal de Goiás. Goiânia - GO
mferreira.geo@gmail.com

Márcia Cristina Mendes Marques

Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR
mmarques@ufpr.br

Marcelo Menin

Universidade Federal do Amazonas. Manaus - AM
menin.m@gmail.com

Maria Aparecida de Freitas

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus - AM
macidafreitas@gmail.com

Mariana de Sousa Vieira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
marianasvio@gmail.com

Maryland Sanchez

Universidade Federal do Mato Grosso. Pombal do Araguaia - MT
maryland@ufmt.br

Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Universidade de Brasília. Brasília - DF
mercedes@unb.br

Milena Fermina Rosenfield

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
milena Rosenfield@gmail.com

Noemia Kazue Ishikawa

Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia. Manaus – AM
noemia@inpa.gov.br

Paulo Sergio D’Andrea

Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro - RJ
dandrea@ioc.fiocruz.br

Pierre Girard

Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá - MT
pierregirard1301@gmail.com

Renata Dias Françoso

Universidade de Brasília. Brasília - DF
renatafrancoso@yahoo.com.br

Reyjane Patricia de Oliveira

Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana - BA
reyjanepatricia@hotmail.com

Ricardo Bomfim Machado

Universidade de Brasília. Brasília - DF
rbmac62@gmail.com

Ricardo Finotti Leite

Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro - RJ
finotti@biologia.ufrj.br

Rosane Garcia Collevatti

Universidade Federal de Goiás. Goiânia - GO
rosanegc68@hotmail.com

Rosana Gentile

Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro - RJ
rgentile@ioc.fiocruz.br

Rubiane de Cássia Paggoto

Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho - RO
rubiani@unir.br

Rui Cerqueira Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ
rui@biologia.ufrj.br

Sandra Cristina Müller

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
sandra.muller@ufrgs.br

Selvino Neckel-Oliveira

Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC
selvino.neckel@ufsc.br

Soraia Diniz

Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá - MT
Sordiniz@gmail.com

Valério De Patta Pillar

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS
vpillar@ufrgs.br

William Ernest Magnusson

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus - AM
bill@inpa.gov.br

Wolfgang Johannes Junk

Max Planck Institute For Limnology. Manaus - AM
wjj@mpil-ploen.mpg.de

Yuri Botelho Salmona

Universidade de Brasília. Brasília - DF
yuri@cerrados.org

ORGANIZADORES

Ariane Luna Peixoto

Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do
Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ
ariane@jbrj.gov.br

José Roberto Pujol Luz

Universidade de Brasília. Brasília - DF
jrpujol@unb.br

Marcia Aparecida de Brito

Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico. Brasília – DF
marcia.brito@cnpq.br

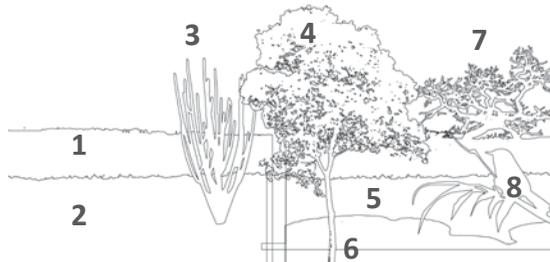


Agradecimentos

Ao empenho das coordenações das redes PPBio e Geoma, e seus colaboradores, que discutiram e trataram de cada tema que compõe este livro. Para o seu planejamento e publicação contamos com apoio financeiro do MCTI/CNPq, além da contrapartida dos organizadores, autores e de suas instituições de vínculo. Buscamos e encontramos duas profissionais firmes, porém delicadas, que foram decisivas para a finalização da obra - Mariana Ferraz e Mary Paz Guillén, a primeira, tratando da adequação de linguagem e edição dos textos; a segunda, lidando com a formatação e a arte; ambas buscando junto aos autores a linguagem e a forma que melhor os atendia e ao mesmo tempo permitia uma unidade ao produto final - o livro. A todos somos muito gratos pela confiança. Àqueles que cederam as fotografias que ilustram o livro, aos revisores, a Andrea Ferreira Portela Nunes e Cláudia Morosi Czarneski, ambas do MCTI, a Fernando da Costa Pinheiro e Marisa de Araújo Mamede ambos do CNPq, bem como a Helena de Godoy Bergallo, da UERJ, e William Ernest Magnusson, Inpa, agradecemos as sugestões e o entusiasmo pelo trabalho no qual estivemos envolvidos por tantos meses.

CRÉDITOS FOTOS

Capa



1. Valério Pillar
2. Silvio Vince Esgalha
3. Luciano Queiroz
4. Fernando da Costa Pinheiro
5. Helena de Godoy Bergallo
6. Lídio Parente
7. Augusto Gomes
8. João Quental

Biodiversidade

- pág 14 - Ariane Luna Peixoto
pág 15 - Ana Sofia Sousa de Holanda
pág 24 - Helena de Godoy Bergallo
pág 27 - Valério De Patta Pillar
pág 33 A - Tiara Cabral (fungos)
pág 33 B - Ilderlan Viana

Campos Sulinos

- pág 34 - Valério Pillar
pág 35 - Valério Pillar
pág 38 - Valério Pillar
pág 40 - Valério Pillar
pág 42 - Valério Pillar
pág 43 - Ilsi I. Boldrini

- pág 45 - Valério Pillar
pág 46 - Valério Pillar
pág 47 A e B - Valério Pillar
pág 48 - Valério Pillar
pág 49 - Eduardo Vélez-Martin

Mata Atlântica

- pág 50 - Helena de Godoy Bergallo
pág 51 - João Quental
pág 54 - Selvino Neckel-Oliveira
pág 55 - Helena de Godoy Bergallo
pág 56 - Helena de Godoy Bergallo
pág 59 - José Marcelo Torezan
pág 60 A, B e C - João Quental
pág 62 - Helena de Godoy Bergallo
pág 64 - Helena de Godoy Bergallo
pág 67 - Helena de Godoy Bergallo

Cerrado

- pág 68 - Augusto Gomes
pág 69 - Augusto Gomes
pág 72 - Augusto Gomes
pág 75 - Augusto Gomes
pág 77 - Augusto Gomes
pág 78 - Augusto Gomes
pág 80 - Augusto Gomes
pág 83 A, B, C e D - Augusto Gomes

Pantanal

- pág 84 - Catia Nunes da Cunha
pág. 85 - Silvio Vince Esgalha

pág 90 - Acervo CPP
pág 95 A e B - Acervo PPBio Pantanal
pág 95 C e D - Julia Arieira
pág 96 A e B - Julia Arieira
pág 96 C - Acervo PPBio Pantanal
pág 97 A, B e C - Catia Nunes da Cunha
pág 97 D - Abílio Moraes
pág 98 A, C e D - Catia Nunes da Cunha
Pág 98 B - Julia Arieira
pág 99 - Acervo PPBio Pantanal

Caatinga

pág 100 - Banco de imagens PPBio Semiárido
pág 101 - Flora Juncá
pág 102 - Luciano Queiroz
pág 105 - Luciano Queiroz
pág 106 A e B - Alexandre Batista
pág 108 - Domingos Cardoso
pág 111 A - Fabio Nunes
pág 11 B - Elisa xavier Freire
pág 111 C - Cyrio Silveira Santana

Amazônia

pág 112 - Ana Sofia Sousa de Holanda
pág 113 - Lídio Parente
pág 114 - Lídio Parente
pág 116 A e B - Acervo PPBio Am-Oc
pág 118 - Maria Aparecida de Freitas
pág 119 - Jefferson Valsko
pág 121 - Acervo PPBio Am-Oc
pág 123 - Ana Sofia Sousa de Holanda

Dados

pág 124 - Flavia Pezzini
pág 127 - Flávia Pezzini
pág 134 A e B - Flávia Pezzini
pág 134 C - Valério Pillar

Restauração

pág 138 - Milena Rosenfield
pág 145 A, B, C, D (esquerda) - Gerhard Overbeck
pág 145 D (Direita) - Milena Rosenfield
pág 146 - Gerhard Overbeck
pág 148 - Gerhard Overbeck

Saúde

pág 154 - Helena de Godoy Bergallo
pág 157 A e B - Sócrates F. Costa-Neto
pág 160 - Sócrates F. Costa-Neto
pág 161 - Sócrates F. Costa-Neto
pág 162 A, B, C, D - Sócrates F. Costa-Neto

Políticas Públicas

pág 170 - Fernando da Costa Pinheiro
pág 172 - International Institute for Sustainable Development
pág 174 - Valério De Patta Pillar
pág 177 - Vinicius Mendonça – Ascon. Ibama
pág 181 - Oscar Fenalti

Agradecimentos

pág 193 - Welinton Lopes

**Este livro foi impresso na Gráfica Editora
Vozes, utilizando o papel couchê 150g no
miolo e Cartão Supremo 300g na capa.
Tipologias: Calibri, Minion Pro, Moon.**



9 788563 100085



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

