

Renascimento de florestas

*regeneração na era
do desmatamento*

Robin L. Chazdon

Renascimento de florestas

*regeneração na era
do desmatamento*

Robin L. Chazdon

tradução | Nino Amazonas e Ricardo Cesar

oficina de textos

Copyright © 2016 Oficina de Textos

Copyright original © 2014 The University of Chicago. Todos os direitos reservados.

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

CONSELHO EDITORIAL Arthur Pinto Chaves; Cylon Gonçalves da Silva;
Doris C. C. K. Kowaltowski; José Galizia Tundisi;
Luis Enrique Sánchez; Paulo Helene; Rozely Ferreira dos Santos;
Teresa Gallotti Florenzano

CAPA Malu Vallim

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO Alexandre Babadobulos

PREPARAÇÃO DE FIGURAS Letícia Schneiater

PREPARAÇÃO DE TEXTO Hélio Hideki Iraha

REVISÃO DE TEXTO Pâmela de Moura Falarara

TRADUÇÃO Nino Amazonas e Ricardo Cesar

IMPRESSÃO E ACABAMENTO Rettec artes gráficas

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

Chazdon, Robin L.

Renascimento de florestas : regeneração na era do desmatamento /

Robin L. Chazdon ; [tradução Nino Amazonas, Ricardo Cesar]. -- São Paulo :
Oficina de Textos, 2016.

Título original: Second growth : the promise of tropical forest
regeneration in an age of deforestation.

Bibliografia

ISBN 978-85-7975-217-9

1. Biodiversidade 2. Degradação ambiental 3. Meio ambiente
4. Desmatamento 5. Ecologia florestal 6. Florestas - Conservação
7. Florestas - Regeneração - Brasil 8. Reflorestamento I. Título.

16-03754

CDD-634.956

Índices para catálogo sistemático:

1. Restauração florestal : Ciências florestais

634.956

A tradução da obra *Second Growth: The promise of tropical Forest regeneration in an age of deforestation* foi licenciada pela The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, EUA.

Todos os direitos reservados à OFICINA DE TEXTOS

Rua Cubatão, 798

CEP 04013-003 São Paulo-SP – Brasil

tel. (11) 3085 7933

site: www.ofitexto.com.br

e-mail: atend@ofitexto.com.br

PREFÁCIO

O mais perto que eu cheguei de uma selva durante a minha infância foi quando visitei o parquinho para crianças em Jeffrey Park, na zona sul de Chicago. Somente no segundo ano de faculdade tive a oportunidade de visitar uma floresta tropical de verdade. Naquele semestre em que permaneci na Costa Rica, manter as florestas tropicais vivas e saudáveis tornou-se a paixão da minha vida, paixão essa que continuou crescendo conforme avançavam meus trabalhos de graduação e as pesquisas de pós-doutorado e nos 25 anos como professora universitária. Retornei para a Estação Biológica La Selva (a qual pertence à Organização para Estudos Tropicais, OTS, e é por ela administrada) quase todos os anos desde 1980, primeiramente para estudar as condições de luz e a ecologia de palmeiras de sub-bosque, em seguida para estudar a resposta de arbustos às variações de luz. E então eu finalmente vi a luz. As florestas estavam regenerando naturalmente dentro e fora dos limites da estação, ocupando pastagens que anteriormente haviam ocupado áreas de florestas maduras. Em 1992, dei os primeiros passos, juntamente com Julie Denslow, no que se tornou a jornada de uma vida para entender como as florestas tropicais se regeneram após o desmatamento.

Minha pesquisa sobre a regeneração de florestas tropicais tornou-se uma busca interdisciplinar, tendendo principalmente para os campos da Antropologia e da Geografia. Conforme eu me familiarizava com a fauna e a flora dessas florestas jovens, percebi que aquelas em processo de regeneração são a ligação entre as pessoas e a natureza. As espécies que se estabelecem em pastagens ou plantios abandonados são provenientes da paisagem local, onde as pessoas vivem e trabalham na terra, ou seja, as florestas em regeneração constituem o “quintal” coletivo das comunidades locais, considerando que as pessoas fazem parte do ecossistema florestal, seja auxiliando, seja prejudicando a regeneração natural. Florestas em processo de regeneração natural e restauração também são a ligação entre conservação e desenvolvimento e entre as ciências sociais e ambientais. A regeneração florestal e o reflorestamento podem recuperar os bens e os serviços de paisagens que eram florestadas no passado, fornecendo recursos para as popu-

lações humanas e para uma vasta gama de fauna e flora. Dessa forma, florestas tropicais em regeneração são a base para um novo futuro para paisagens tropicais e comunidades rurais.

Reconhecer que as florestas tropicais são maleáveis fortalece o embasamento de ações de restauração e manejo florestal. Está na hora de usarmos esse conhecimento para auxiliar a regeneração de florestas tropicais onde e quando for possível. Escrevi este livro principalmente para transmitir a mensagem urgente de que a regeneração natural tem o potencial de gerar benefícios para os bilhões de pessoas que dependem das florestas para manter seu estilo de vida e bem-estar. A regeneração das florestas é essencial para sustentar as florestas tropicais, sua biodiversidade única e suas funções ecossistêmicas. Todos os seres da Terra dependem das florestas tropicais de alguma forma.

O Cap. 1 deste livro aborda diversos assuntos essenciais e introduz temas que serão aprofundados nos capítulos subsequentes. Eu apresento as diversas percepções de florestas tropicais, descrevo os processos de regeneração e demonstro a extensão das florestas em regeneração em regiões tropicais. Nesse capítulo, observo que ainda estamos começando a compreender como a atividade humana tem moldado as florestas e paisagens nos trópicos. Os Caps. 2 e 3 exploram o legado das ocupações humanas antigas e dos diferentes usos do solo nos trópicos, enquanto os Caps. 4 e 5 focam os regimes de perturbação em florestas tropicais e a natureza das trajetórias sucessionais que caracterizam a regeneração florestal. A dinâmica florestal descrita no Cap. 4 abrange distintos tipos de perturbação e análises em diferentes escalas espaciais. O Cap. 5 fornece um amplo panorama conceitual dos padrões e estágios sucessionais em florestas tropicais e discute as diferentes abordagens para os estudos da sucessão natural.

Os Caps. 6 a 9 fornecem um resumo da regeneração florestal após diversos tipos de perturbação, incluindo sucessão em substratos recém-criados (Cap. 6), depois de diferentes usos antrópicos do solo (Cap. 7), após furacões e incêndios (Cap. 8) e em seguida à exploração de madeira (Cap. 9). Os Caps. 10 a 12 aprofundam-se nos detalhes das mudanças em estrutura, composição de espécies e propriedades do ecossistema em florestas em regeneração. As características funcionais que afetam a comunidade vegetal são descritas no Cap. 10, enquanto o Cap. 11 foca a recuperação das taxas de acúmulo de carbono e de nutrientes, funções hidrológicas e outros processos ecossistêmicos essenciais no decorrer da sucessão florestal. O Cap. 12 compila informações sobre diversidade de fauna e interações planta-animal durante a regeneração florestal.

Os capítulos finais deste livro discutem o futuro das florestas em regeneração nos trópicos. O Cap. 13 examina os diferentes contextos de reflorestamento e restauração em florestas tropicais, ao passo que o Cap. 14 aborda aspectos socioecológicos das florestas em regeneração na escala de paisagem. O capítulo final apresenta uma síntese geral e retorna aos temas abordados no Cap. 1. Meu objetivo nessa jornada é mostrar que as florestas tropicais em processo de regeneração são e sempre foram um componente importante dos ecossistemas tropicais e que entender, promover e manejar a regeneração florestal é imprescindível para manter as florestas tropicais em todo o planeta.

As figuras com o símbolo  são apresentadas em versão colorida entre as páginas 385 e 400.

SUMÁRIO

1. Percepções sobre florestas tropicais e regeneração natural	15
1.1 Visão cíclica das florestas	15
1.2 A resiliência das florestas tropicais	18
1.3 Regeneração, sucessão, e degradação florestal	20
1.4 A extensão geográfica do desmatamento e da regeneração florestal nos trópicos	22
1.5 As florestas tropicais do futuro.....	25
2. Legados humanos antigos em paisagens de florestas tropicais	27
2.1 A colonização dos trópicos	29
2.2 Impactos das primeiras sociedades caçadoras-coletoras	32
2.3 O desenvolvimento da agricultura.....	38
2.4 Variabilidade climática do Holoceno, alterações florestais e expansão agrícola.....	43
2.5 Conclusão.....	48
3. Transformação da paisagem e regeneração das florestas tropicais durante a Pré-História.....	51
3.1 Aterros e transformações da paisagem	51
3.2 Incêndios pré-históricos: sinergia entre causas naturais e humanas.....	60
3.3 Modificações antigas do solo	63
3.4 A escala dos impactos humanos pré-históricos nos Neotrópicos.....	67
3.5 A reconstrução paleoecológica da regeneração natural da floresta.....	69
3.6 Conclusão.....	73
4. Dinâmica e regime de distúrbios das florestas tropicais	75
4.1 Regime de distúrbios nas florestas tropicais	76
4.2 Dinâmica de clareiras e o ciclo de crescimento florestal	82
4.3 Detectando distúrbios históricos em florestas tropicais	86

4.4	As florestas tropicais maduras são estáveis?	91
4.5	Conclusão.....	94
5.	Trajetórias sucessionais e transformações florestais.....	97
5.1	Variabilidade das trajetórias sucessionais.....	98
5.2	Estágios sucessionais e classificação de espécies.....	101
5.3	Definições e conceitos de floresta	114
5.4	Abordagens para o estudo da sucessão de florestas tropicais	118
5.5	Conclusão.....	122
6.	Sucessão de florestas tropicais em substratos criados recentemente.....	125
6.1	Legados biológicos e disponibilidade local de recursos.....	129
6.2	Colonização e sucessão em deslizamentos de terra	132
6.3	Sucessão após erupções vulcânicas	135
6.4	A sucessão na beira de rios.....	137
6.5	Conclusão.....	141
7.	Regeneração florestal após usos agrícolas do solo.....	143
7.1	Os efeitos do uso da terra e dos legados biológicos sobre a disponibilidade de propágulos e as formas de regeneração	145
7.2	Os efeitos do uso do solo sobre a qualidade do sítio e a disponibilidade de recursos	154
7.3	Conclusão.....	160
8.	Regeneração florestal após furacões e incêndios	163
8.1	Danos e regeneração após furacões.....	167
8.2	Regeneração de florestas tropicais após incêndios isolados ou frequentes	175
8.3	Conclusão.....	185
9.	Sinergias da extração seletiva de madeira e do uso do solo na regeneração florestal	187
9.1	Intensidade de extração, distúrbios florestais, e regeneração florestal após a retirada de madeira.....	189

9.2	O efeito da exploração madeireira sobre a abundância e a diversidade animal.....	197
9.3	Consequências das sinergias de uso do solo para a regeneração florestal	203
9.4	Conclusão.....	209
10.	Atributos funcionais e montagem de comunidades durante a sucessão secundária	211
10.1	Gradientes ambientais durante a sucessão	215
10.2	Alterações sucessionais na composição de formas de vida.....	216
10.3	Atributos funcionais de espécies iniciais e tardias da sucessão	219
10.4	Filtros ambientais, diversidade funcional e composição da comunidade durante a sucessão.....	230
10.5	A montagem da comunidade durante a sucessão secundária	238
10.6	Conclusão.....	241
11.	Recuperação de funções ecossistêmicas durante a regeneração florestal	243
11.1	Perda de nutrientes e carbono durante a conversão de floresta para agricultura.....	245
11.2	Acumulação de carbono e nutrientes durante a regeneração florestal.....	254
11.3	Ciclagem de nutrientes e limitação nutricional.....	263
11.4	Hidrologia e balanço hídrico	267
11.5	Conclusão.....	268
12.	Diversidade animal e interações planta-animal nas florestas em regeneração	271
12.1	Diversidade animal em florestas em regeneração	277
12.2	Interações entre plantas e herbívoros durante a regeneração florestal.....	286
12.3	Dispersão de sementes e predação durante a regeneração florestal.....	288
12.4	A polinização nas florestas em regeneração	296
12.5	Conclusão.....	299
13.	Recuperação das florestas tropicais	301
13.1	Objetivos e decisões na restauração	303
13.2	Restauração por meio do manejo de áreas de pousio.....	314

13.3	A restauração ecológica de florestas nos trópicos.....	321
13.4	A recuperação da biodiversidade durante a restauração florestal.....	328
13.5	A recuperação das propriedades do ecossistema durante a restauração florestal	331
13.6	Conclusão.....	334
14.	Regeneração florestal nas paisagens tropicais	337
14.1	Transições de uso do solo e transições florestais	340
14.2	A regeneração florestal no contexto da paisagem.....	342
14.3	Causas socioecológicas do aumento da cobertura florestal nos trópicos.....	348
14.4	Melhorando a regeneração florestal e as condições de vida na matriz da paisagem	358
14.5	Conclusão.....	368
15.	Renascimento de florestas: regeneração na era do desmatamento (síntese)	369
15.1	O poder de regeneração da floresta	369
15.2	As mudanças e a resiliência da floresta tropical.....	371
15.3	O valor atual e futuro da regeneração das florestas tropicais.....	374
15.4	Novas abordagens para promover a regeneração das florestas.....	380
	Índice remissivo.....	401

Referências bibliográficas

As referências bibliográficas podem ser encontradas na página do livro na internet (<http://goo.gl/Doskhs>)

PERCEPÇÕES SOBRE FLORESTAS TROPICAIS E REGENERAÇÃO NATURAL

1

O conhecimento tradicional realmente contém informações valiosas sobre o papel das espécies em sistemas ecologicamente sustentáveis. Tal conhecimento é de grande importância para aprimorar o uso dos recursos naturais e dos serviços ecológicos e poderia fornecer compreensões e apontamentos inestimáveis sobre como redirecionar o comportamento do mundo industrial para um caminho de sinergia com os sistemas que mantêm a vida na Terra, dos quais ele depende. (Gadgil; Berkes; Folke, 1993, p. 156).

1.1 Visão cíclica das florestas

Na visão holística de mundo dos indígenas que manejam seus recursos, a floresta não tem fim nem começo; ela é um ciclo que é manejado para prover as necessidades das pessoas. Os Dayak são tribos que vivem nas florestas de Bornéu e que possuem um conhecimento profundo da regeneração e do manejo florestal. Por mais de 4.000 anos, a vida dos membros dessa tribo vem sendo baseada em um sistema de agricultura itinerante em sintonia com a capacidade de regeneração dos ecossistemas florestais tropicais. O ciclo de vida deles está completamente entrelaçado com o ciclo de regeneração da floresta. Os Benuaq Dayak, de Datarban, na província de Kalimantan Oriental (Indonésia), reconhecem que diversos fatores afetam a regeneração natural, incluindo as condições do solo, a precipitação, a temperatura, a declividade e a direção cardeal de uma área íngreme. Eles definem cinco fases da regeneração florestal após um período curto (1-2 anos) de agricultura itinerante (*ladang*) dentro da floresta madura. Cerca de 1-3 anos depois do abandono da área, uma densa formação de arbustos jovens (*kurat uraq*) cobre o antigo roçado (Poffenberger; McGean, 1993). Essa fase pode durar 3-5 anos, se o solo estiver compactado, erodido ou altamente lixiviado e se a comunidade vegetal estiver dominada por gramíneas intolerantes à sombra, arbustos perenes, herbáceas e árvores de crescimento rápido que alcançam alturas de 3-4 m.

A segunda fase (*kurat tuha*) ocorre 2-5 anos após o abandono do roçado. Nessa fase, as árvores alcançam 5 cm ou mais de diâmetro e alturas de 5-6 m. Embaixo dessas árvores encontra-se uma densa cobertura de arbustos, lianas (trepadeiras

extração seletiva de madeira, com uma contribuição relativamente pequena das florestas regenerando em áreas desmatadas (FAO, 2010).

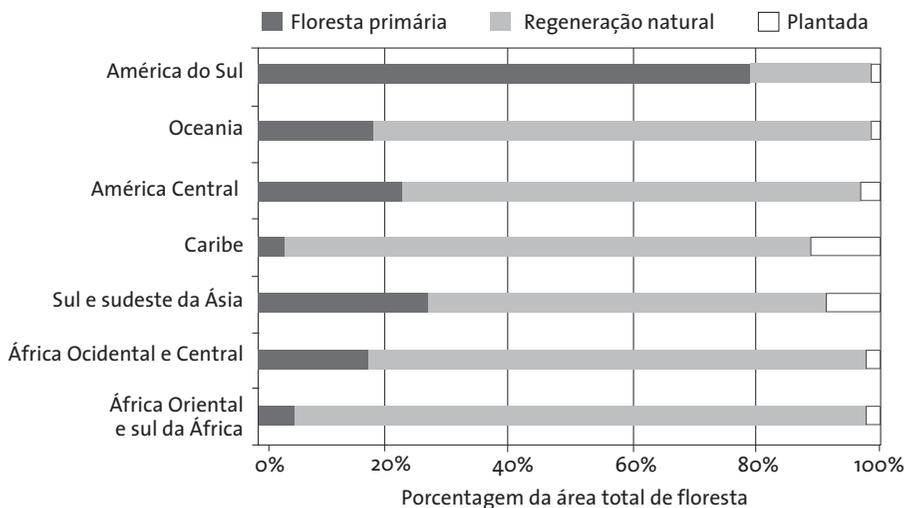


FIG. 1.5 Distribuição das florestas primárias (maduras), em regeneração natural (florestas com extração seletiva e sucessionais) e plantadas em diferentes regiões geográficas de acordo com a FRA, da FAO

Fonte: FAO (2010, Tab. 7).

A verdade é que não há um levantamento preciso da extensão global das florestas em regeneração hoje, dez anos atrás ou 30 anos atrás. Diversos problemas sabotam um levantamento global preciso da cobertura florestal tropical e a classificação dessas florestas em suas distintas formas. Um grande problema é a definição de cobertura florestal em si, além dos desafios de distinguir florestas em regeneração de plantios florestais, florestas maduras ou com extração seletiva de madeira nas diferentes regiões tropicais. Não foi dada atenção sistemática à construção de conhecimento global sobre a área, à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos das florestas tropicais. Infelizmente, as instituições formais necessárias para garantir a qualidade e a consistência dos levantamentos em florestas tropicais nas escalas regionais e sub-regionais ainda não foram estabelecidas (Grainger, 2010).

1.5 As florestas tropicais do futuro

Se as florestas tropicais primárias são mais essenciais para a conservação da biodiversidade no planeta (Gibson et al., 2011), por que deveria ser dada importância para as florestas em regeneração? Primeiramente, as florestas em regeneração são o tipo

LEGADOS HUMANOS ANTIGOS EM PAISAGENS DE FLORESTAS TROPICAIS

2

Hoje, é evidente que o que se chamava de floresta tropical “primária” foi cultivado em algum passado distante e que, na verdade, esse termo vem sendo usado para distinguir essas florestas “secundárias”, compostas dos primeiros colonizadores de áreas abertas, de florestas onde esses pioneiros já se foram e que não apresentam nenhum sinal de distúrbio recente, mas que não necessariamente atingiram o clímax. (Jones, 1955, p. 564).

Em meados de 1950, Eustace W. Jones, do Instituto Florestal Imperial de Oxford, publicou uma descrição detalhada, dividida em duas partes, da floresta de planalto da Reserva Florestal de Okomu, localizada no sudoeste da Nigéria (Jones, 1955, 1956). Um relato mais recente de Richards (1939) descreveu a floresta em estudo como floresta primária, baseando-se em diversos critérios, como a ausência de tocos de árvores cortadas, remanescentes de plantas cultivadas, e outros sinais óbvios de interferência. No entanto, durante a amostragem de solos, Jones (1955) diversas vezes encontrou restos de cerâmica, fragmentos queimados de sementes de palmeira-de-óleo, e carvão nas trincheiras de solo, o que o levou a questionar quão primária era essa floresta. Ele observou que espécies dominantes emergentes da reserva, como *Alstonia boonei* e *Lophira alata*, são típicas da vegetação de florestas em regeneração mais antigas e não apresentavam indivíduos de pequeno porte na floresta (Jones, 1956). Com base na idade das árvores do dossel, ele estimou que aquela era uma floresta que começou a se regenerar há pelo menos 200 anos, em áreas que foram intensamente cultivadas e densamente povoadas.

Jones estava certo quanto à natureza secundária da floresta, mas errado quanto à sua idade. White e Oates (1999) obtiveram leituras de radiocarbono para o carvão e a cerâmica nas mesmas parcelas e trincheiras de solo utilizadas por Jones. Amostras de carvão apresentaram 760 ± 50 cal AP (idade calibrada em anos civis antes do presente, baseada na datação do radiocarbono), datando entre 1177 e 1378 d.C., no fim da Idade do Ferro. White e Oates especularam que 700 anos atrás havia plantações de palmeira-de-óleo associadas à cidade antiga de Udo onde hoje é a floresta Okomu. Por motivos que não são bem conhecidos, as plantações foram abandonadas

de depósitos de pólen fossilizado e sílica microscópica de tecidos vegetais (fitólitos), oriundos de distúrbios, queima e cultivo de espécies de interesse econômico na floresta – especialmente de taxa arbóreas – durante o Holoceno (Kealhofer, 2003). Esses taxa incluem *Areca* (palmeira da noz-de-areca, ou bétel), *Caryota* (palmeira rabo-de-peixe), espécies dipterocarpaceas, *Artocarpus* e *Garcinia* (Maloney, 1999). Na Índia, as sociedades caçadoras-coletoras persistiram em áreas ocidentais da costa e nos Ghats Ocidentais até o ferro ser introduzido na região, o que ocorreu há somente 3.000 anos atrás. Muitas tradições das primeiras sociedades caçadoras-coletoras ainda existem hoje, incluindo a proteção de bosques sagrados, o manejo florestal e a conservação de árvores *Ficus* (Gadgil; Chandran, 1988).

BOXE 2.1 Arboricultura, jardinagem florestal e florestas antrópicas

A arboricultura pré-histórica aumentou a abundância e a extensão geográfica de muitas espécies arbóreas úteis nas florestas tropicais (Yen, 1974; Balée, 1989; Peters, 2000). Muitas dessas espécies de rápido crescimento que gostam de sol apresentam maior abundância em florestas secundárias e em áreas de pousio. O conhecimento dos usos antigos e da semidomesticação dessas espécies aumenta o entendimento de sua ecologia atual. Apesar de muitas das espécies utilizadas não serem totalmente domesticadas, as paisagens em que elas ocorriam certamente eram (Terrell et al., 2003).

Florestas antrópicas são definidas como florestas dominadas por espécies (ou oligarquias de espécies) claramente associadas a humanos. As populações indígenas da Mesoamérica cultivaram árvores e manejaram manchas da floresta por mais de 3.000 anos. Quando os europeus chegaram à Amazônia, 138 espécies de plantas estavam sendo cultivadas ou manejadas, das quais 68% eram árvores ou plantas perenes lenhosas (Clement, 1999). As evidências mais claras de práticas silviculturais antigas vêm dos maias, que cultivavam hortas domésticas e manejavam roçados e florestas. As agregações de alta densidade de espécies arbóreas úteis nos arredores de sítios arqueológicos atuais fornecem fortes evidências do manejo silvicultural realizado pelos povos antigos (Gómez-Pompa, 1987; Rico-Gray; García-Franco, 1991; Fedick, 1995; Campbell et al., 2006; Ford, 2008; Ross, 2011).

Jardins florestais eram tão comuns durante o período pré-clássico maia que as florestas atuais do sudeste de Petén, leste da Guatemala e oeste de Belize são consideradas de origem antrópica (Gómez-Pompa; Kaus, 1999; Peters, 2000; Campbell et al., 2006; Ford, 2008). *Manilkara zapota* e *Brosimum alicastrum*, duas árvores abundantes e de ampla distribuição na região, eram fontes importantes de comida e madeira para os maias antigos. Outras espécies arbóreas importantes para a subsistência dos maias, como *Protium copal*, *Ceiba pentandra*, *Dialium guianense*, *Haematoxylon campechianum* e *Swietenia macrophylla*, são elementos dominantes da flora local (Peters, 2000).

relações dificultam a separação dos efeitos das mudanças climáticas daqueles da ocupação humana e uso da terra na dinâmica e composição das florestas tropicais. A união de dados paleoecológicos e arqueológicos é necessária para entender as relações causais complexas entre a variabilidade climática e os impactos humanos na dinâmica e na composição florestal (Mayle; Iriarte, 2013). A derrubada e a regeneração das florestas foram fortemente influenciadas pela variabilidade climática, de maneira semelhante ao que ocorre até hoje.

2.4.1 Dinâmica de florestas e savanas no Holoceno

Em regiões tropicais da Austrália, África e América do Sul, a cobertura de florestas tropicais densas expandiu-se no fim do Pleistoceno e contraiu-se no período do Holoceno inicial ao médio (Bush et al., 2007; Servant et al., 1993). As secas do Holoceno criaram formações florestais abertas, florestas esclerófilas e vegetações savânicas, com um grande impacto nos regimes de incêndios por todo o norte da América do Sul (Servant et al., 1993; Bush et al., 2000; Mayle; Power, 2008). No período de aproximadamente 8.000 a 4.000 cal AP, o clima dos Andes tropicais era significativamente mais seco do que hoje, e a floresta de neblina foi substituída por taxa de florestas de terras baixas (Bush et al., 2004). Na porção oriental da Amazônia brasileira, em Carajás, no Estado do Pará, a redução da precipitação levou à substituição da floresta por savanas abertas. No entanto, a floresta retornou à região durante o Holoceno tardio (Mayle; Power, 2008). Florestas perenifólias úmidas na região de Alto Beni, na Bolívia, não foram substituídas por savanas, apesar dos incêndios frequentes durante os períodos de seca no Holoceno inicial e médio (Urrego et al., 2012).

Mudanças semelhantes ocorreram no norte da Amazônia, causando a expansão de florestas de galeria nas savanas dos Llanos da Colômbia (Behling; Hooghiemstra, 2000) e nos campos do sul do Brasil, onde florestas de *Araucaria* se expandiram durante o Holoceno tardio (Behling, 1997). Nos planaltos do sul do Brasil, o clima quente e úmido estava associado à expansão de florestas de *Araucaria angustifolia* para os planaltos, cerca de 4.000 anos atrás (Iriarte; Behling, 2007). Outra expansão da *Araucaria* ocorreu há 1.000-1.500 anos, nos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em outro período de elevada umidade. Bitencourt e Krauspenhar (2006) sugerem que o manejo humano tenha auxiliado a dispersão dessa espécie dominante para os planaltos, já que as sementes de *Araucaria* eram um alimento essencial na dieta dos caçadores-coletores indígenas que ocupavam essa região. As florestas pluviais da Amazônia estendem-se mais ao sul hoje do que em qualquer outro período dos últimos 50.000 anos (Taylor et al., 2010).

TRANSFORMAÇÃO DA PAISAGEM E REGENERAÇÃO DAS FLORESTAS TROPICAIS DURANTE A PRÉ-HISTÓRIA

3

Desde o Pleistoceno tardio, a ecologia florestal é parte da ecologia humana, e a história das florestas, parte da história humana. (Roosevelt, 1999b, p. 373).

Os humanos antigos não eram habitantes passivos das florestas tropicais, eles moldaram seus ambientes, desenvolveram a agricultura sedentária e estabeleceram sociedades e centros urbanos complexos. Apesar de todas as suas conquistas tecnológicas, as sociedades humanas estiveram e sempre estarão intimamente ligadas às mudanças climáticas. Durante o Holoceno tardio, as civilizações maias da Mesoamérica e os Khmer, do Camboja, não foram capazes de conter os impactos de secas e enchentes extremas (Haug et al., 2003; Diamond, 2009; Buckley et al., 2010).

Neste capítulo, serão sintetizadas as diversas formas pelas quais as atividades humanas – ou o fim delas – transformaram as paisagens das florestas tropicais por todo o mundo desde o fim do Pleistoceno. Estudos arqueológicos revelaram transformações generalizadas da paisagem nas regiões tropicais conforme a agricultura foi se intensificando no fim do Holoceno. Essas transformações incluem a construção de terraços para expandir a agricultura sobre *habitat* permanentemente ou periodicamente alagados ou sobre morros declivosos, a queima controlada para manejar florestas e facilitar a caça, e modificações no solo para melhorar a fertilidade e permitir a agricultura intensiva. Uma porção significativa das florestas tropicais de hoje reflete os legados de um passado de colonização, exploração, cultivo, abandono e regeneração que foi moldado pela ocupação humana, pelo crescimento e declínio populacional e por mudanças culturais e climáticas.

3.1 Aterros e transformações da paisagem

O primeiro caso evidente de transformação antrópica da paisagem nos trópicos foi identificado em um sítio da era do Pleistoceno, datando de 49.000 anos atrás, nas terras altas da Nova Guiné (Summerhayes et al., 2010). A acumulação de microcarvão indica que houve queimas das florestas montanas de *Nothofagus* e *Eleocarpus*

realizados em sítios selecionados, e não em amostragens sistemáticas dessas regiões (Barlow et al., 2012). Portanto, ainda é cedo para assumir que os padrões examinados até o momento refletem com precisão a verdadeira distribuição espacial ou temporal de queima pré-histórica de biomassa nessas regiões (Bush; Silman, 2007). Baseando-se em estudos de carvão do solo em florestas neotropicais de baixada, registros sedimentares de lagos não fornecem evidência da ocorrência de incêndios a mais que 5 km de distância (McMichael; Correa-Metrio, Bush, 2012).

3.3 Modificações antigas do solo

A atividade humana que ocorreu por centenas a até vários milhares de anos produziu alterações nas propriedades do solo na Amazônia brasileira e em regiões da Colômbia, Equador, Peru, Venezuela, Bolívia, Guianas e África Ocidental (Eden et al., 1984; Glaser et al., 2001; Graham, 2006; Fairhead; Leach, 2009). A terra preta de índio (TPI) é um solo escuro antrópico com três vezes mais matéria orgânica, nitrogênio e fósforo do que os latossolos e argissolos próximos (ver Fig. 3.4; Glaser; Birk, 2012). Outra característica da TPI é a presença de diversos fragmentos de cerâmica, espinhas de peixe e escamas, conchas e restos de plantas, assim como de cinzas e elevados teores de carvão. Basicamente, esse solo é formado por detritos domésticos. É típica da TPI a presença de níveis elevados de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês, zinco e outros nutrientes em comparação aos solos circundantes (Schmidt; Heckenberger, 2009). Mais de 350 sítios de terra preta com mais de 2 m de profundidade foram localizados na Amazônia brasileira, em áreas que variam de menos de 1 ha a até várias centenas de hectares (Fig. 3.5; Bush; Silman, 2007; Denevan, 2007). A terra preta é encontrada em todas as ecorregiões e paisagens da Amazônia, mas ocorre principalmente nos planaltos de terra firme próximos aos rios de água clara (Glaser; Birk, 2012).

A associação da terra preta com povoados humanos sugere que houve ocupações humanas por muitos anos, com sistemas intensivos de cultivo, em vez de agricultura itinerante com longos períodos de pousio (Neves et al., 2003). A terra preta pode ter permitido o cultivo permanente que sustentou a população crescente de 1.000-2.400 anos atrás (Glaser et al., 2001). A formação de TPI começou há cerca de 2.000-2.500 anos e está claramente associada ao surgimento da agricultura intensiva por toda a Amazônia. A maioria das áreas de terra preta possui entre 500 e 2.500 anos (Neves et al., 2003) e geralmente ocorre ao longo de áreas ripárias, associada aos povoados humanos (Lima et al., 2002). Acredita-se que outro tipo de solo antrópico comumente encontrado na Amazônia – a terra mulata – foi formado pela

antrópico, erosão do solo e povoados urbanos (Binford et al., 1987; Beach et al., 2006), mas remanescentes de florestas perduraram pela paisagem maia, mesmo no ápice da expansão agrícola (Wiseman, 1978; Ford; Nigh, 2009). A presença florestal constante facilitou a rápida regeneração florestal após o declínio populacional durante o colapso maia e a conquista europeia (ver Boxe 3.1, p. 54).

Existe consenso geral em um aspecto dos impactos humanos pré-históricos: eles variavam muito em natureza e extensão. Outro ponto de concordância é que a caça era uma atividade que ocorria por toda a bacia amazônica (Junqueira; Clement, 2012; Barlow et al., 2012). Impactos antrópicos de populações pré-históricas podem ser muito mais sutis do que os sinais diretos de derrubada e queimada da floresta. Só será possível compreender a extensão e a natureza dos impactos e das transformações da paisagem causados por humanos nos trópicos americanos com amostragens sistemáticas e extrapolações cuidadosas (McMichael et al., 2012a; Piperno, 2011).

3.5 A reconstrução paleoecológica da regeneração natural da floresta

Reconstruir a paleoecologia da regeneração florestal é desafiante por vários motivos. Primeiramente, a dinâmica florestal reflete em geral mais a variabilidade climática do Holoceno do que os vestígios humanos de ocupação e uso do solo. Em segundo lugar, a resolução temporal dos perfis de pólen em sedimentos de lagos ou pântanos não é precisa o suficiente para identificar alterações sucessionais na dominância de espécies ou na composição florestal. Em terceiro lugar, a reconstrução fiel da composição das espécies florestais utilizando fósseis de pólen é impossível para as florestas tropicais, pois a maioria das espécies arbóreas é polinizada por animais (Ford; Nigh, 2009). Estudos paleoecológicos na região maia baseiam-se em fósseis de pólen da família Moraceae para inferir sobre as árvores tropicais da paisagem (Binford et al., 1987; Islebe et al., 1996). Na melhor das hipóteses, o registro paleoecológico fornece um esboço opaco dos complexos ciclos de desmatamento e regeneração florestal que ocorreram nos trópicos ao longo da história (Ford, 2008).

3.5.1 A regeneração florestal no Sudeste Asiático e na África Ocidental

A reconstrução da história ambiental da parte continental do Sudeste Asiático ainda está no estágio inicial (White et al., 2004). A expansão da floresta tropical ocorreu no Pleistoceno terminal e Holoceno inicial e coincidiu com a ocupação por sociedades hoabinianas de caçadores e coletores (Kealhofer, 2003), e não existem evidências de culturas neolíticas (com produção agrícola) antes de 5.100 AP (Bellwood, 2006). No

DINÂMICA E REGIME DE DISTÚRBIOS DAS FLORESTAS TROPICAIS

4

As florestas estão em fluxo contínuo, mudando o tempo todo e em diferentes escalas espaciais. (Whitmore, 1991, p. 67).

O famoso aforismo de Heráclito “não podemos nos banhar duas vezes no mesmo rio” aplica-se também a florestas. Cada mancha florestal e a paisagem que a circunda têm um passado, um presente e um futuro. Entender os impactos humanos sobre as florestas tropicais abre janelas tanto para o passado quanto para o presente, pois a composição das florestas de hoje reflete os legados de distúrbios florestais que ocorreram muito antes de os cientistas terem começado a estudar as florestas tropicais. Macía (2008) comparou áreas de vegetação florestal de terras baixas e submontanas no Parque Nacional Madidi, na Bolívia, e observou que uma das áreas submontanas apresentou ruínas de um forte inca com mais de 300 anos. O tamanho e a densidade das árvores na área com a ruína eram indistinguíveis em relação a outras florestas da região, mas a composição de espécies era muito distinta, com maior abundância de espécies típicas de florestas perturbadas. Legados históricos são componentes essenciais da pesquisa ecológica voltada à dinâmica e à regeneração das florestas tropicais (Foster, 2000; Chazdon, 2003; Clark, 2007).

A velocidade das mudanças temporais está intimamente ligada à escala espacial e temporal da análise desenvolvida. Pode-se dizer que uma mesma floresta está mudando rapidamente ou permanecendo estável, dependendo da escala espacial de observação. Em escalas espaciais pequenas, como em parcelas de 10 m × 10 m, plântulas, juvenis e árvores colonizam, recrutam, crescem e morrem em intervalos mensais ou anuais. Em escalas espaciais maiores, a quantidade e a distribuição de tamanho dos indivíduos, e até mesmo a composição de espécies, podem permanecer praticamente estáveis por muitos anos. Kellner, Clark e Hubbell (2009) forneceram uma demonstração clara da relação entre a dinâmica da altura do dossel em pequena escala (5 m) e estados de equilíbrio estável em grandes escalas espaciais em florestas pluviais de terras baixas no nordeste da Costa Rica. Durante

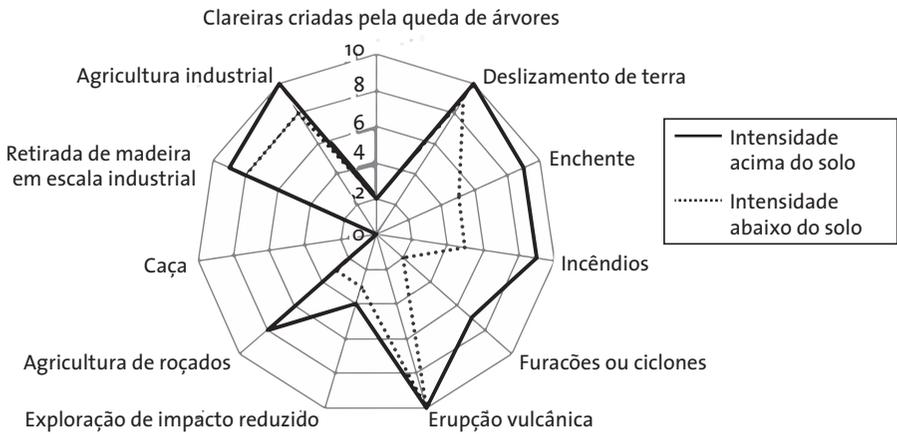
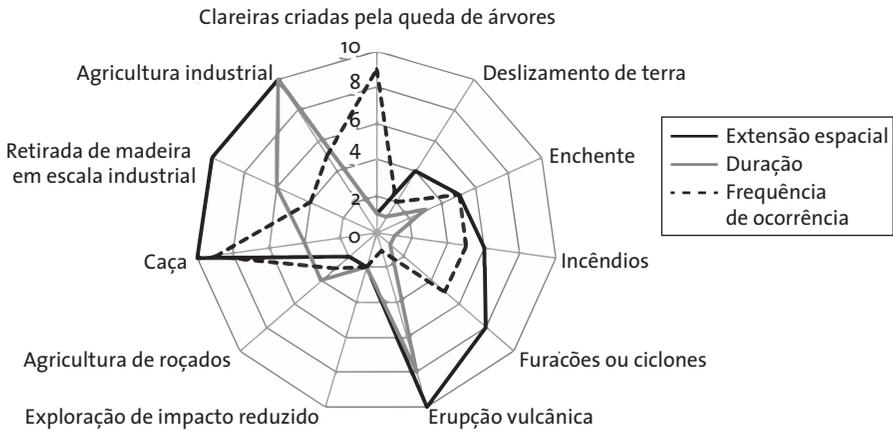


FIG. 4.1 Diagrama esquemático ilustrando os atributos qualitativos de cinco características para 11 tipos de distúrbios que impactam as florestas tropicais. A magnitude de cada característica para cada tipo de distúrbio varia entre o (baixa) e 10 (alta)

Clareiras criadas pela queda de árvores e galhos são o tipo mais frequente de distúrbio natural nas florestas tropicais (Hartshorn, 1978). As clareiras criadas após a queda de uma árvore removem relativamente pouca vegetação acima do solo e geralmente não criam aberturas do topo do dossel até o solo florestal (Connell; Lowman; Noble, 1997; Kellner; Clark; Hubbell, 2009), sendo consideradas distúrbios autogênicos. A maioria das clareiras apresenta área projetada pequena (< 1.000 m²) e, exceto na zona da raiz da árvore caída, causa distúrbios mínimos no solo. Em 444 ha de florestas tropicais de terras baixas no nordeste da Costa Rica, metade de todas as clareiras detectadas utilizando um LiDAR aéreo (Detecção de Luz e

semelhantes aos que ocorrem na regeneração florestal após distúrbios em pequena escala de origem natural. Obviamente, muitos fatores locais e regionais afetam a velocidade e a natureza da regeneração florestal pós-distúrbio.

4.2 Dinâmica de clareiras e o ciclo de crescimento florestal

Distúrbios em pequena escala são comuns em florestas tropicais, a maioria resultante da queda de uma ou várias árvores. A variação espacial decorrente do solo, da drenagem e da microtopografia afeta o regime de distúrbios naturais, os quais possuem componentes tanto espaciais como temporais (Whitmore; Burslem, 1988). O ciclo de crescimento da floresta foi reconhecido por ecólogos vegetais há quase um século. Uma determinada mancha da floresta (10-100 m de diâmetro) tem sua dinâmica definida por distúrbios localizados seguidos pela colonização de árvores. Esses padrões de heterogeneidade espacial criam um mosaico complexo de manchas de vegetação, cada uma com sua dinâmica interna, mas sendo afetada pela dinâmica das unidades adjacentes (Boxe 4.1).

BOXE 4.1 A floresta de Aubréville e a teoria de mosaicos de regeneração florestal

O engenheiro florestal francês André Marie A. Aubréville (1938) demonstrou que a composição das espécies arbóreas da Costa do Marfim variava espacialmente. Além do mais, diversas espécies representadas por grandes árvores remanescentes não eram encontradas na população juvenil, o que impediria a reposição dessas espécies quando os indivíduos maiores morressem. Aubréville também notou que as florestas regeneraram em muitas regiões da Costa do Marfim ao longo de milênios de distúrbios antrópicos. A presença de árvores grandes de espécies exigentes de luz – típicas de florestas jovens “abertas” – em florestas mais antigas e “fechadas” fornecia evidência de ocupação humana e de desmatamento no passado. Entretanto, ele alertou que:

Não se deve supor que houve corte e queima no passado sempre que essas espécies forem encontradas em florestas fechadas. Nas florestas pluviais, essas espécies podem colonizar clareiras que se formam esporadicamente por causa, por exemplo, da queda de árvores grandes. (Aubréville, 1938, p. 46).

As descobertas de Aubréville inspiraram muitas pesquisas e deram início à teoria de “mosaicos” de regeneração florestal, a qual foi elaborada posteriormente por Watt (1947) e Richards (1952). As florestas são compostas de manchas espacialmente distintas que apresentam suas próprias dinâmicas em escalas locais. Essas manchas

TRAJETÓRIAS SUCESSIONAIS E TRANSFORMAÇÕES FLORESTAIS

5

É evidente que não existe mais sentido em falar de sucessão florestal no singular. Os trópicos, pelo contrário, possuem uma vasta gama de sucessões tropicais. As pessoas não são apenas a principal força criadora das sucessões tropicais hoje como também prosperam nelas. Cabe a nós apreciar e tentar entender essa variabilidade. (Ewel, 1980, p. 7).

A sucessão é o processo de alterações na comunidade ecológica em um habitat recém-formado ou após um distúrbio que remove a vegetação existente. A sucessão florestal envolve a substituição gradual das espécies e populações que se estabeleceram nas fases iniciais (pioneiras) por aquelas típicas de estágios mais avançados (espécies tardias). Nos ecossistemas florestais, os processos sucessionais manifestam-se por meio da substituição de espécies de animais, plantas e microrganismos (Horn, 1974).

Os primeiros estudiosos da sucessão viam os processos sucessionais como sequências ordenadas unidirecionais que culminavam em um estado “clímax” estável (Clements, 1916; Whittaker, 1953; White, 1979). Esse paradigma da sucessão baseava-se em uma visão de equilíbrio na natureza, a qual prevê que os sistemas naturais retornam a um estágio estável e previsível após distúrbios (Wu; Loucks, 1995). Teorias de não equilíbrio substituíram o paradigma do equilíbrio, criando novas perspectivas sobre a natureza de processos sucessionais e respostas a distúrbios (Whitmore; Burslem, 1988; Pickett; White, 1985), conforme foi afirmado por Whittaker (1953, p. 59):

Não foi encontrada nenhuma definição completa e rigorosa do clímax ou formas de diferenciá-lo da sucessão, mas, aparentemente, tais definições não são necessárias. Se for preciso continuar distinguindo entre clímax e sucessão, presume-se que não será porque a distinção é clara e constante, mas porque a distinção, por mais relativa que seja, tem alguma significância e utilidade.

e pelas condições pós-distúrbio, incluindo tipos de manejo, colonização por espécies invasoras e chegada de sementes de áreas florestais próximas (Chazdon, 2003, 2008b). Apesar de as condições das florestas no entorno geralmente afetarem esses fatores, os levantamentos de vegetação em florestas sucessionais são comumente realizados em parcelas de apenas 0,1 ha em pequenos remanescentes em regeneração. Como os padrões de vegetação geralmente apresentam variações em pequena escala, a capacidade de distinguir “sinal” de “ruído” em parcelas pequenas depende muito dos métodos de amostragem (Chazdon et al., 2007).

QUADRO 5.1 Causas, processos e fatores específicos que geram variações nas trajetórias sucessionais em uma região ou zona climática

Causas gerais	Processos ou condições	Fatores específicos
Disponibilidade de local (Caps. 6, 7)	Distúrbios em larga escala, topografia, drenagem	Tamanho, intensidade, duração, frequência, heterogeneidade do local, disponibilidade de recursos
Conjunto de espécies (Caps. 6, 7, 12, 14)	Dispersão de sementes, rebrota, banco de sementes, chuva de sementes, espécies invasoras	Configuração da paisagem, agentes dispersores, histórico de perturbação, uso anterior do solo, vegetação remanescente
Características das espécies (Cap. 10)	Características ecofisiológicas, funcionais e da história de vida	Germinação, estabelecimento e requisitos para crescimento
Interações intraespecíficas (Caps. 10, 12)	Competição, doenças	Tamanho, estrutura e dinâmica da população; recrutamento, crescimento e mortalidade
Interações interespecíficas (Cap. 12)	Competição, doenças, herbivoria, predação, mutualismo (polinização, dispersão, defesa, facilitação, micorrizas)	Estrutura e dinâmica da comunidade, estrutura trófica, interações móveis, facilitação
Nota: as interações das espécies são consideradas causas gerais da sucessão. Causas gerais são discutidas em mais detalhes nos capítulos indicados. Todas as referências de capítulos referem-se a este livro.		

Fonte: adaptado de Pickett, Collins e Armesto (1987).

As trajetórias sucessionais podem ser modificadas posteriormente por distúrbios naturais ou antrópicos (Foster; Knight; Franklin, 1998). Na floresta de Luquillo, no nordeste de Porto Rico, o histórico de uso da terra influenciou a extensão e a distribuição espacial do dano causado por um furacão e a recuperação florestal subsequente (Zimmerman et al., 1994; Flynn et al., 2010). Por exemplo, em florestas em processo de regeneração após a extração de madeira e o desmatamento para a agricultura, as árvores comuns estavam mais vulneráveis ao dano

mente e formada por espécies nativas, onde não haja indícios visíveis claros de atividade humana e onde os processos ecológicos não estejam perturbados significativamente” (FAO, 2006b, p. 13). Dada a dificuldade em determinar se as florestas apresentam ou não indícios de atividades humanas passadas, o termo *madura* é mais apropriado para classificar as florestas tropicais que alcançaram estágios avançados da sucessão e são relativamente estáveis em sua estrutura e composição (Clark, 1996). Dado tempo suficiente, as florestas maduras podem sofrer distúrbios antrópicos ou naturais no futuro.

Distúrbios como incêndios, extração de madeira, caça e fragmentação causam perda súbita ou gradual dos serviços ecossistêmicos, da estrutura e da composição em florestas maduras. A degradação florestal é a redução da capacidade da floresta em fornecer bens e serviços (Simula, 2009). Hoje, a degradação florestal é comumente mensurada em relação às perdas em estoques de carbono ou biodiversidade quando comparadas às florestas maduras intactas (Gibson et al., 2011). O processo de degradação florestal move-se em direção contrária à sucessão, podendo ocorrer consideravelmente mais rápido.

Qualquer esforço sério para entender as causas e consequências dos distúrbios florestais precisa distinguir os diferentes estados da floresta. Como as florestas são sistemas dinâmicos, os processos de degradação e regeneração podem ser avaliados somente pelo monitoramento da estrutura, composição e funções ecossistêmicas da floresta ao longo do tempo. Para quantificar a degradação florestal, deve-se olhar para trás para comparar a situação atual da floresta com sua condição não perturbada do passado. Por outro lado, para medir a regeneração florestal, deve-se olhar para frente, a partir do período do distúrbio, focando a recuperação de carbono ou a diversidade de espécies. Apesar das aplicações práticas da definição do estágio sucessional das florestas, na verdade todas as florestas encontram-se em algum ponto no gradiente de regeneração e degradação, e a sua condição estática não revela claramente para qual direção elas estão se movendo.

5.4 Abordagens para o estudo da sucessão de florestas tropicais

A sucessão florestal pode ser investigada por meio de experimentos, observações da floresta ao longo do tempo, e cronossequências. Cada abordagem apresenta vantagens e limitações. Uma cronossequência é formada por um grupo de áreas que diferem em idade, mas ocorrem em condições edáficas e ambientais semelhantes dentro de uma mesma zona climática. Normalmente, cada área é estudada em um único momento, fornecendo uma “fotografia” das áreas ao longo de diversos

SUCESSÃO DE FLORESTAS TROPICAIS EM SUBSTRATOS CRIADOS RECENTEMENTE

6

Os vulcões afetam todos os ecossistemas e são a mais intensa de todas as forças da natureza. (Del Moral; Grishin, 1999, p. 149).

Nas encostas do vulcão El Reventador, na Amazônia equatorial, a cerca de 350 m de altitude, um remanescente florestal manteve-se entre as pastagens. As características estruturais desse fragmento florestal lembram as de uma floresta madura: a densidade de árvores, a área basal e os diâmetros médios são semelhantes aos encontrados em outras áreas mais altas levantadas na região. Entretanto, existe algo muito diferente nessa floresta. A quantidade de espécies, gêneros e famílias arbóreas é muito pequena, e espécies secundárias iniciais arbóreas apresentam o dobro da abundância esperada. O que aconteceu aqui? Um trabalho meticuloso de investigação revelou artefatos de cerâmica e carvão datados de 520 ± 20 anos AP. É evidente que essa floresta era povoada, mas acima dos vestígios antrópicos havia uma camada superficial de solo arenoso de 4-38 cm de profundidade composta de depósitos fluviais de origem vulcânica. O cenário mais provável é que uma erupção vulcânica ou um terremoto iniciou uma enchente catastrófica causada pelo rompimento de uma barragem natural que foi formada na encosta do vulcão por um deslizamento de terra do passado. A numerosa população humana que vivia na área foi dizimada juntamente com a floresta. Agora, 500 anos no futuro, apenas 120 das 239 espécies presentes em florestas em regiões mais elevadas próximas recolonizaram esse local, e as espécies de sub-bosque estão notavelmente ausentes (Pitman et al., 2005). A sucessão florestal em substratos vulcânicos é um processo lento, especialmente se florestas conservadas estiverem distantes. É provável que existam outras florestas como essa na paisagem, mas não foram detectadas por aparentarem ser virgens atualmente.

A sucessão secundária tem início após um distúrbio que remove toda a vegetação original em um dado local ou a maior parte dela, deixando o solo relativamente intacto. Os distúrbios que iniciam a sucessão incluem derrubadas de árvores por ventos de altitude, furacões ou ciclones, desmatamento, incêndios e

a colonização de diferentes espécies ocorre em uma sequência progressiva de seres (estágios sucessionais), e não simultaneamente (Egler, 1954; Walker; Del Moral, 2009).

O nitrogênio é um importante fator limitante para o crescimento vegetal durante a sucessão primária em substratos vulcânicos no Havaí, e muitas das colonizadoras iniciais têm a capacidade de fixação de nitrogênio (Vitousek et al., 1993; Vitousek, 1994). O líquen fixador de nitrogênio *Stereocaulon virgatum* representou 23%-79% da biomassa em deslizamentos de terra recentes nas montanhas da Jamaica (Dalling, 1994). Ao criar microssítios mais férteis, a colonização inicial de espécies fixadoras de nitrogênio facilita a colonização posterior por um grupo mais diverso de espécies. Após a colonização inicial, a sucessão avança lentamente, com o enriquecimento gradual de espécies de plantas e animais. Depois das fases iniciais de colonização, quando ocorre a formação do solo e o acúmulo da matéria orgânica, não existem muitas diferenças entre a sucessão primária e a secundária, dado que a disponibilidade local de espécies se torna um fator mais importante para definir as trajetórias sucessionais do que a disponibilidade local de recursos.

6.2 Colonização e sucessão em deslizamentos de terra

Deslizamentos de terra são causados pelo desprendimento da terra em encostas íngremes, resultando na queda veloz e em massa do solo e/ou da rocha. Eles podem ser provocados por terremotos, tempestades intensas ou atividades humanas, como a construção de estradas, o desmatamento e a urbanização (Restrepo et al., 2009; Walker et al., 1996; Walker; Velázquez; Shiels, 2009). Em dezembro de 2010, chuvas extremamente intensas e deslizamentos de terra erodiram áreas íngremes na bacia hidrográfica do canal do Panamá, lançando uma enorme quantidade de sedimentos nos rios, e o canal do Panamá precisou ser fechado pela primeira vez desde 1935. Muitos fatores afetam a velocidade da recuperação da vegetação em deslizamentos de terra: as características da vegetação intacta circundante, a frequência dos deslizamentos e outros distúrbios, como furacões. A colonização pela vegetação pode ocorrer a partir da borda da área do deslizamento, levando a uma regeneração mais rápida em deslizamentos menores do que em grandes deslizamentos (ver Fig. 6.3; Walker et al., 1996).

Deslizamentos de terra criam uma vasta gama de condições na superfície do solo, com manchas heterogêneas de matéria orgânica e solo mineral exposto. A parte superior de um deslizamento de terra (zona de erosão) é geralmente íngreme, erodida e infértil, visto que a maior parte do solo superficial e da matéria orgânica foi removida. Por outro lado, a zona de deposição, na parte mais baixa de um

deposição teve as maiores taxas de regeneração, sendo dominada pelas espécies arbóreas pioneiras *Trema micrantha* (Cannabaceae) e *Muntingia calabura* (Muntingiaceae), com a chegada também de algumas espécies arbóreas presentes nas florestas adjacentes. Na zona de erosão, a fertilidade do solo estava significativa e positivamente correlacionada com riqueza de espécies, volume da biomassa viva e composição de espécies. A variação nas trajetórias sucessionais em uma mesma zona e entre zonas foi muito influenciada pelo solo e vegetação remanescentes e pela incidência de corte e queima nas florestas secas da paisagem (Velázquez; Gómez-Sal, 2007, 2008).



FIG. 6.5 A cicatriz do deslizamento de terra e lama no vulcão Casita, no oeste da Nicarágua, causado por fortes chuvas durante o furacão Mitch, em outubro de 1998
Fonte: cortesia do US Geological Survey.

A sucessão primária sobre rochas expostas ou zonas arenosas vulneráveis à erosão localizadas em áreas elevadas pode levar séculos. Baseando-se em estudos nas montanhas Blue da Jamaica, Dalling (1994) sugeriu que a biomassa de plantas em deslizamentos de terra poderia demorar até 500 anos para alcançar valores semelhantes aos das florestas maduras. No entanto, estudos em Luquillo, em Porto Rico, indicaram um menor período de recuperação (Walker; Velázquez; Shiels, 2009). Com certeza, a altitude e as taxas de crescimento arbóreo são fatores preditores importantes, além da vegetação circundante, dos distúrbios humanos e da textura do solo.

6.3 Sucessão após erupções vulcânicas

A velocidade da sucessão após erupções varia com o tipo de impacto, clima e geografia (Del Moral; Grishin, 1999). Assim como em deslizamentos de terra, a distri-

REGENERAÇÃO FLORESTAL APÓS USOS AGRÍCOLAS DO SOLO

7

Deu-se muita importância à fragilidade das florestas tropicais, enquanto sua resiliência foi pouco enfatizada. (Lugo, 1995, p. 957).

A velocidade e a qualidade da regeneração florestal variam muito após distúrbios antrópicos. Os distúrbios florestais criados pelas atividades humanas variam de relativamente benignos até severos. Ao contrário da sucessão, que se inicia imediatamente após pulsos de distúrbios naturais que ocorrem por um curto período, o uso agrícola por longos períodos pode atrasar ou estagnar a regeneração pós abandono. Usos de terra intensivos por longos períodos podem comprometer a resiliência dos ecossistemas florestais tropicais, levando a estados alternativos estáveis (Scheffer et al., 2012; Chazdon; Arroyo, 2013). A sucessão pode ser retardada ou desviada devido a diversos fatores, incluindo a colonização de espécies exóticas invasoras (ver Fig. 7.1).

Em áreas perturbadas com fontes de sementes próximas e solos relativamente intactos, a colonização da vegetação após distúrbios humanos pode seguir rapidamente, com pouca ou nenhuma estagnação (Quadro 7.1; Chazdon, 2003). A diversidade de espécies e a biomassa aumentam rapidamente quando os distúrbios florestais são pequenos, o uso da terra tenha ocorrido por períodos curtos e as áreas abertas estejam inseridas em uma matriz florestal, como ocorre normalmente em sistemas tradicionais de agricultura itinerante com longos períodos de pousio (Kassi; Decocq, 2008; Piotto et al., 2009). A vegetação remanescente – que pode ser representada por fragmentos, árvores, sebes, cercas vivas e rebrotas – é a base da “memória ecológica”. A memória ecológica refere-se aos legados biológicos internos ou externos a uma floresta em regeneração e representa as espécies presentes anteriormente na paisagem (Bengtsson et al., 2003; Chazdon; Arroyo, 2013).

Este capítulo foca as trajetórias sucessionais após diferentes tipos de distúrbios humanos, com ênfase em usos agrícolas da terra (a regeneração após incêndios, furacões e extração de madeira será examinada nos Caps. 8 e 9). No

ras, mas representam apenas 20% das pastagens abandonadas no fim da década de 1980 (Uhl; Buschbacker; Serrão, 1988; Nepstad; Uhl; Serrão, 1991). A disponibilidade de espécies é um fator limitante importante para a regeneração de pastagens utilizadas intensivamente, pois, nesses casos, a chuva de sementes é a única fonte de novos colonizadores e as taxas de predação de sementes e mortalidade de plântulas são elevadas.

TAB. 7.1 Efeito da intensidade de manejo da pastagem na regeneração lenhosa oito anos após o abandono em Paragominas, Pará, Brasil

	Uso para pastagem (anos)	Manejo da pastagem (atividade)	Biomassa acima do solo (Mg/ha)*	Número de espécies arbóreas (/100 m ²)	Fontes de regeneração arbórea
Floresta madura	0	n/a	285-328	23-29	Regeneração avançada, chuva de sementes, banco de sementes, rebrota
Uso leve	≤ 1	Sem capina, pastoreio leve	90	21-25	Rebrota, banco de sementes, chuva de sementes
Uso moderado	6-12	Capina, queima a cada 1-3 anos	33	16-19	Rebrota, banco de sementes, chuva de sementes
Uso intensivo	6-13	Escavado, arado, capina mecânica	5	0	Chuva de sementes

* Um megagrama equivale a 10⁶ g (N.T.).

Fonte: baseado em Uhl, Buschbacker e Serrão (1988).

Os estudos nas regiões tropicais do planeta demonstraram que a maioria das sementes é dispersa por curtas distâncias, com a chuva de sementes diminuindo conforme o aumento da distância da vegetação florestal. Mais espécies arbóreas são dispersas pelo vento em florestas tropicais secas do que em florestas pluviais (Chazdon et al., 2003; Vieira; Scariot, 2006). Em uma região de florestas secas na Índia, a chuva de sementes dispersas pelo vento em áreas abertas para a agricultura e depois abandonadas diminuiu abruptamente com o aumento da distância da floresta, mas as sementes dispersas por vertebrados não apresentavam tal padrão espacial. Apesar de as sementes dispersas pelo vento prevalecerem em áreas abertas, as plântulas e as árvores jovens de espécies dispersas por vertebrados foram

uma vez foram comparados a áreas de pousio de idade semelhante que foram cultivados de três a cinco vezes nos últimos 30 anos. A riqueza de espécies de árvores jovens não pioneiras foi semelhante entre os dois tipos de pousio e as florestas primárias remanescentes, e a composição de árvores não pioneiras não diferiu significativamente entre os dois tipos de pousio. A constatação de que a agricultura itinerante mais intensiva reduziu a regeneração de espécies não pioneiras demonstra a importância da contribuição das rebrotas dos sistemas radiculares sobreviventes e a proximidade dos remanescentes de florestas primárias na área. Em áreas mais densamente povoadas do Laos, os períodos de pousio são mais curtos, comprometendo a regeneração (Sovu et al., 2009).

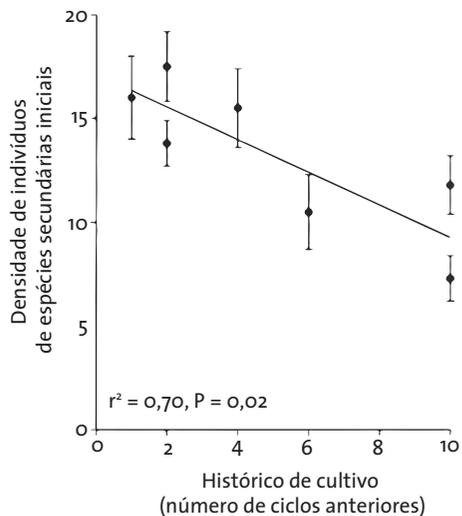


FIG. 7.3 Redução na densidade de árvores secundárias iniciais ($n/300\text{ m}^2$) com DAP maior ou igual a 5 cm em função da quantidade de ciclos de agricultura itinerante anteriores em Kalimantan, na Indonésia. Os dados representam as médias para quatro parcelas por local mais ou menos um erro padrão

Fonte: Lawrence (2004, Fig. 8).

BOXE 7.1 Sucessão estagnada e desviada

Legados de uso do solo intensivo

O abandono de áreas agrícolas após o uso intensivo do solo pode causar a dominância de formações vegetais que retardam a sucessão, prorrogando a recuperação da estrutura, da composição e dos serviços ecossistêmicos da floresta, caso intervenções objetivas não sejam tomadas. O uso intensivo do solo e os distúrbios múltiplos – como a extração de madeira seguida por incêndios – criam condições que favorecem a dominância persistente de uma única espécie capaz de excluir competitivamente as espécies pioneiras nativas e evitar o desenvolvimento normal da vegetação sucessional.

A sucessão estagnada, geralmente na forma de uma cobertura persistente de gramíneas e samambaias invasoras, é fortemente associada à redução do período de pousio em sistemas de agricultura itinerante e ao uso frequente de fogo após a extração de madeira em diversas áreas nos trópicos (Cohen; Singhakumara; Ashton, 1995; Ashton et al., 1997; Ramakrishnan, 1998). Um ciclo vicioso entre as condições ambien-

REGENERAÇÃO FLORESTAL APÓS FURACÕES E INCÊNDIOS

8

O ponto crucial do problema dos incêndios nas florestas tropicais não é a introdução do fogo nesses ecossistemas, mas a frequência com que eles estão sendo queimados. (Cochrane, 2003, p. 914).

Os ciclones tropicais (também conhecidos como furacões ou tufões) e os incêndios são os tipos mais comuns de distúrbios naturais que atingem as florestas tropicais. Após deslizamentos de terra, enchentes e erupções vulcânicas, as árvores são arrancadas ou completamente destruídas, e os solos são erodidos ou cobertos com uma grossa camada de cinzas ou lava. Por sua vez, furacões e tufões danificam a copa das árvores e podem derrubar algumas delas, mas o solo florestal continua intacto e a maioria das árvores adultas e juvenis sobrevive, geralmente por meio da rebrota (Boucher, 1990; Bellingham et al., 1992; Van Bloem; Murphy; Lugo, 2003; Lugo, 2008). De maneira semelhante, os incêndios florestais não matam todas as árvores, criando mosaicos espaciais de manchas florestais com diferentes intensidades de dano (Cleary; Priadjati, 2005).

Distúrbios grandes e de baixa frequência, como furacões e incêndios florestais, deixam um legado de manchas heterogêneas, que refletem a complexa interação de condições e eventos que definem intensidade, qualidade e extensão dos distúrbios em uma região (Baker; Bunyavejchewin; Robinson, 2008; Turton, 2008). Os impactos desses distúrbios podem variar entre ecossistemas insulares e continentais e também ao longo de gradientes de precipitação, sazonalidade, altitude, topografia, textura e disponibilidade de nutrientes do solo. Após furacões, incêndios e extração seletiva de madeira, uma parte significativa da memória ecológica – interna e externa – é mantida. Portanto, a sucessão florestal depois de furacões e incêndios difere da sucessão em áreas agrícolas abandonadas, pois algumas árvores se mantêm na área e produzem sementes e rebrotas, promovendo uma recuperação mais rápida da estrutura e da composição da vegetação (Chazdon, 2003).

As espécies ou populações mantêm-se após distúrbios em larga escala por meio de elevadas taxas de sobrevivência (persistência) ou elevada substituição

regiões. Diversos fatores podem explicar a baixa taxa de acúmulo de biomassa após o furacão Joan. Primeiro, a persistência e a rebrota de árvores adultas e jovens permitiram que a composição da floresta retornasse rapidamente às condições encontradas antes do furacão, dominada por espécies arbóreas de crescimento lento e com baixo estabelecimento de espécies pioneiras de crescimento rápido. Em segundo lugar, o dano florestal em larga escala nessas regiões topograficamente planas deixou poucas árvores capazes de produzir sementes, reduzindo a dispersão de sementes e limitando a colonização por espécies pioneiras. Por fim, o grau de perda de biomassa após o furacão foi muito mais severo na Nicarágua do que em Porto Rico (Mascaro et al., 2005; Scatena et al., 1996).

O baixo recrutamento de espécies pioneiras nas áreas de estudo em longo prazo teve outra consequência importante para a regeneração florestal: a riqueza de espécies arbóreas aumentou dramaticamente durante o período de dez anos após o furacão. A riqueza de espécies com fuste maior ou igual a 3,2 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) nas florestas atingidas pelo furacão foi de duas a três vezes maior do que em áreas florestais ao norte, que não foram afetadas pelo furacão Joan (Vandermeer et al., 2000). Apesar do impacto catastrófico do furacão Joan nas florestas do sudeste da Nicarágua, a regeneração florestal foi rápida e diversa, refletindo uma forma de sucessão fundamentalmente diferente daquelas observadas em áreas agrícolas abandonadas na região (Boucher et al., 2001). No entanto, as trajetórias da composição de espécies das seis parcelas do estudo em longo prazo não apresentaram tendências de ter maior similaridade ao longo dos 12 anos de estudo, o que sugere que a composição de espécies nessas florestas não converge para um único estado de equilíbrio (Vandermeer et al., 2004).

8.1 Danos e regeneração após furacões

Os ciclones não ocorrem de maneira uniforme no planeta. Quase 90% de todos os ciclones tropicais são formados em uma região entre 10 e 20 graus ao norte e ao sul do equador. Existem seis grandes regiões de “cinturões de furacões” no mundo: o sudoeste do Oceano Índico ao leste da costa de Madagascar, o norte do Oceano Índico ao leste da costa da Índia, o sudoeste do Oceano Pacífico ao leste da costa da Austrália, o nordeste do Oceano Pacífico ao leste da costa das Filipinas, o Caribe e a costa oeste do México (ver Fig. 8.1). As tempestades ciclônicas recebem nomes distintos em diferentes regiões oceânicas do mundo. Os tufões ocorrem no noroeste do Oceano Pacífico; os furacões ocorrem nos oceanos do Atlântico Norte, nordeste do Pacífico ou Pacífico Sul; e os ciclones ocorrem no Oceano Índico. A frequência média anual das tempestades tropicais de 1972 a 2000 foi maior no noroeste do Oceano Pacífico (abrangendo as Filipinas, Taiwan, costa da Indochina e Malásia peninsular), onde ocorreram 6,3 furacões por ano (De Gouvenain; Silander, 2003).

calor (Cochrane; Schulze, 1999; Barlow; Peres, 2004). Secas extremas também podem provocar taxas de mortalidade significativas – especialmente para árvores grandes –, criando condições altamente inflamáveis. Na parte oriental de Kalimantan, na Indonésia, Van Nieuwstadt e Sheil (2005) observaram, após a seca de 1997-1998, um aumento nas taxas de mortalidade de árvores grandes em florestas que não foram queimadas (ver Fig. 8.2). Estima-se que apenas os efeitos da seca foram responsáveis por 30% das mortes das árvores grandes em florestas queimadas, causando uma redução de 57% na biomassa acima do solo. Após 21 meses, a média da mortalidade geral após a seca e o incêndio foi de 64,2%.



FIG. 8.2 *Regeneração de florestas queimadas no leste de Kalimantan*

Fonte: Ferry Slik, reimpresso com permissão.

Após isolar o efeito da seca na mortalidade, Van Nieuwstadt e Sheil (2005) observaram que as taxas de mortalidade espécie-específicas para as árvores do dossel em Sungai Wain, na parte oriental de Kalimantan, variaram de 5% a 67% 21 meses após os incêndios de 1997-1998. Para o conjunto de todas as espécies, a mortalidade devida ao fogo para cada classe de tamanho diminuiu linearmente com o aumento da espessura média da casca das árvores em cada classe, e a espessura da casca aumentou linearmente com o DAP para todas as espécies (Fig. 8.3). No entanto, a espessura da casca não explicou a variação na sobrevivência de árvores de diferentes espécies. Na verdade, a mortalidade espécie-específica exibiu correlação negativa com a densidade da madeira. As espécies representadas princi-

SINERGIAS DA EXTRAÇÃO SELETIVA DE MADEIRA E DO USO DO SOLO NA REGENERAÇÃO FLORESTAL

9

Quanto mais é retirado (ou perturbado), maior é o retrocesso no processo de sucessão florestal. (Fox, 1976, p. 41).

Globalmente, a extração seletiva de madeira é uma forma muito mais disseminada de distúrbio florestal do que os furacões e os incêndios. As operações de extração seletiva de madeira ocorrem em 20,3% das florestas tropicais úmidas do mundo (Asner et al., 2009). Mais de quatro milhões de quilômetros quadrados (403 milhões de hectares) de florestas tropicais estão oficialmente demarcados para a produção madeireira (Blaser et al., 2011). Apenas na Indonésia, 41,1 milhões de hectares foram alocados como florestas produtivas no fim da década de 2000, representando 33,9% da área florestal total (Kartawinata et al., 2001). Na África Central, 30% da área florestal está em concessão para a produção madeireira (Laporte et al., 2007). Somando os cinco Estados produtores de madeira da Amazônia brasileira, de 12.075 km² a 19.823 km² de floresta foram manejados anualmente entre 1999 e 2002, o que representa de 60% a 120% mais área de floresta do que a área desmatada (Asner et al., 2005).

A extração de madeira geralmente prepara o terreno para diversas outras intervenções e sinergias que podem levar a desmatamento, degradação florestal ou conversão para outros usos do solo (Fig. 9.1; Kartawinata et al., 2001; Putz; Redford, 2010). Em nenhum lugar isso é mais evidente do que na Malásia e na Indonésia, onde as florestas em que ocorreu retirada de madeira são geralmente convertidas em plantios de palmeira-de-óleo (Edwards et al., 2011). De 1999 a 2004, na Amazônia brasileira, a probabilidade de desmatamento em florestas onde houve extração seletiva de madeira era de duas a quatro vezes maior do que em florestas intactas a 5-25 km de distância de rodovias; de maneira geral, a taxa de conversão média das florestas com extração de madeira foi de 32,7% ao longo de quatro anos (Asner et al., 2005). Normalmente, de 40% a 50% da cobertura do dossel é removida durante a extração de madeira, o que altera dramaticamente o microclima da floresta e aumenta a inflamabilidade (Holdsworth; Uhl, 1997; Uhl; Vieira, 1989; Cochrane et al., 1999; Siegert et al., 2001). Do total estimado de um milhão de hectares de floresta

tável. O manejo sustentável e as práticas silviculturais devem ser definidos de acordo com as limitações biológicas locais. Infelizmente, a maioria das florestas tropicais é explorada em intensidades de duas a três vezes maiores do que o limite para a produção madeireira sustentável (Zimmerman; Kormos, 2012). São necessárias iniciativas para manter os estoques de carbono da floresta, reduzir a degradação florestal, promover a extração legal de madeira e transferir os direitos de manejo, a fim de empoderar as comunidades locais (Putz et al., 2012).

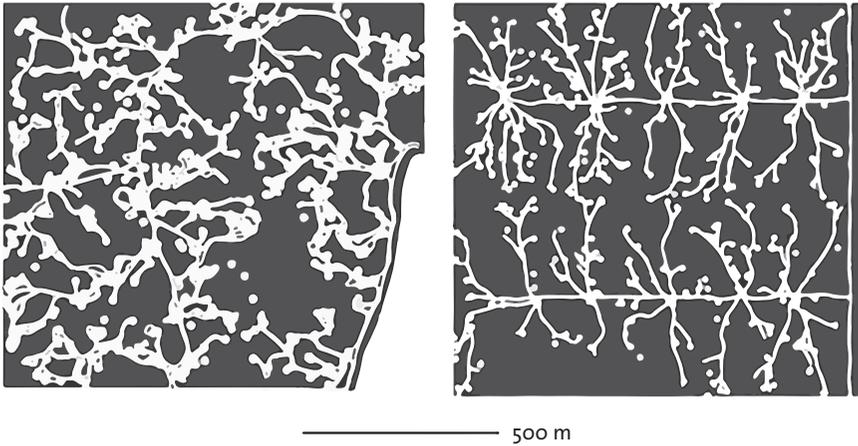


Fig. 9.2 Mapas das áreas de floresta sujeitas à exploração convencional de madeira (à esquerda) e à EIR (à direita) na Fazenda Cauaxi, no Pará, Brasil. O tamanho médio da clareira após exploração convencional foi de 473 m², enquanto o da clareira após EIR foi de 277 m². As áreas cinza-escuras representam a floresta remanescente, e as áreas brancas, distúrbios causados pelas clareiras, estradas, pátios de estocagem e trilhas de arraste

Fonte: Schulze e Zweede (2006, Fig. 1).

Conforme observado por Johns (1988), o termo extração seletiva é enganoso para as atividades de colheita em florestas de dipterocarpáceas de terras baixas em Sungai Tekam, na Malásia Ocidental. Apesar de apenas 3,3% das árvores terem sido colhidas para o aproveitamento da madeira, 50,9% das árvores foram destruídas. Além do mais, as atividades de extração, na prática, removeram aleatoriamente as árvores e não alteraram substancialmente as proporções relativas das diferentes famílias arbóreas antes e depois da extração.

A regeneração florestal após exploração convencional intensiva começa essencialmente na fase de estruturação da floresta, que é caracterizada pela colo-

desses estudos são focados em efeitos de curto prazo e carecem de níveis adequados de repetições dos tratamentos. Além disso, apenas alguns poucos estudos compararam a composição de espécies antes e depois da exploração de uma área. Claramente, alguns tipos de espécies de aves e mamíferos são mais vulneráveis aos efeitos da exploração madeireira, como as espécies endêmicas, as especialistas de sub-bosque e as estritamente frugívoras, carnívoras ou insetívoras. As espécies que possuem uma ampla tolerância ecológica e dietas generalistas provavelmente serão tão abundantes quanto ou mais abundantes em florestas exploradas anteriormente e florestas secundárias em regeneração do que em florestas não exploradas. Pesquisas adicionais são necessárias para avaliar como a variação local da composição de espécies após exploração madeireira afeta os padrões da substituição de espécies na escala da paisagem.

9.3 Consequências das sinergias de uso do solo para a regeneração florestal

Os efeitos indiretos da exploração madeireira seletiva podem ser ainda mais sérios e ter maior alcance do que os efeitos diretos (Uhl; Buschbacher, 1985; Putz; Dykstra; Heinrich, 2000). As estradas abertas para a exploração madeireira dão acesso a áreas florestais remotas ou inacessíveis anteriormente, expondo-as a colonização e corte raso da floresta, e aumentam a frequência de incêndios (ver Fig. 9.1, p. 188). Esse processo também pode levar à fragmentação florestal à medida que blocos de floresta se tornam isolados. As estradas de exploração madeireira também servem de rotas de transporte de carne de caça para populações crescentes de consumidores e servem de atalhos para a introdução de espécies de plantas invasoras.

A exploração seletiva abre o dossel da floresta, diminuindo a umidade relativa perto do chão da floresta e aumentando a suscetibilidade a incêndios (Uhl; Kauffman, 1990; Cochrane; Schulze, 1999). No Estado de Mato Grosso (Centro-Oeste do Brasil), a quantidade total de floresta perturbada por exploração seletiva e incêndios aumentou de 5,4% em 1992 para 40,1% em 2004 (Matricardi et al., 2010). Com base na capacidade de se detectarem florestas perturbadas por imagens de satélite, as observações mostram que a recuperação de áreas exploradas que foram incendiadas leva mais tempo (3-10 anos) do que a de áreas exploradas que não foram incendiadas (3-5 anos). A taxa de secagem da madeira na Amazônia Oriental foi afetada pela abertura do dossel, tempo desde o corte e técnicas de corte. Uma grande clareira de exploração madeireira (> 700 m²) tornou-se suscetível a incêndio após apenas seis dias (Holdsworth; Uhl, 1997). Depois de quatro anos de regene-

ATRIBUTOS FUNCIONAIS E MONTAGEM DE COMUNIDADES DURANTE A SUCESSÃO SECUNDÁRIA

10

O conhecimento sobre a biologia de sementes é essencial pra entender os processos da comunidade, como o estabelecimento de plantas, a sucessão e a regeneração natural. (Vázquez-Yanes; Orozco-Segovia, 1993, p. 69).

A teoria da história de vida prediz que espécies adaptadas a ambientes efêmeros e ricos em recursos deveriam exibir crescimento rápido, tamanho pequeno na idade reprodutiva e ciclo de vida curto (MacArthur; Wilson, 1967). A substituição de espécies lenhosas durante a sucessão de florestas tropicais segue um padrão geral de substituição de espécies intolerantes à sombra de crescimento rápido por espécies tolerantes à sombra de crescimento lento (Zhang; Zang; Qi, 2008). Muito dessa substituição acontece cedo na sucessão sob o dossel de pioneiras de vida curta e de vida longa, que são elas próprias substituídas, durante os estágios mais finais da sucessão, por espécies arbóreas tolerantes à sombra e espécies que necessitam de clareiras. Mudanças na composição de espécies e nas características funcionais no subdossel da floresta são frequentemente observadas durante estágios relativamente iniciais e influenciam as mudanças subsequentes que ocorrem no dossel ao longo de décadas ou séculos (Chazdon, 2008b; Norden et al., 2009; Chai; Tanner, 2011).

Árvores “pioneiras” e “tolerantes à sombra” delimitam os extremos de um espectro contínuo de histórias de vida (Swaine; Whitmore, 1988; ver Boxe 5.1, p. 104). Os estilos de vida contrastantes de espécies pioneiras de crescimento rápido e espécies tolerantes à sombra de crescimento lento ilustram um dilema ecológico fundamental entre taxas de crescimento em condições de alta luminosidade e taxas de sobrevivência sob baixa luminosidade, fruto de restrições fisiológicas e morfológicas que constituem a base da especialização (Boxe 10.1). A evolução do estilo de vida das pioneiras ocorreu múltiplas vezes dentro de diferentes linhagens, originando diversas soluções para os desafios ecológicos da colonização de campos abertos ou áreas desmatadas. De maneira similar, os desafios do estabelecimento de plântulas e do crescimento e da sobrevivência abaixo de um dossel florestal denso requerem características funcionais particulares que evoluíram dentro da maior

ções abióticas severas, particularmente durante as secas sazonais. A melhoria na textura do solo, na capacidade de retenção de água e na fertilidade facilita a colonização por espécies menos tolerantes aos estresses abaixo do solo e mais tolerantes ao sombreamento acima do solo.

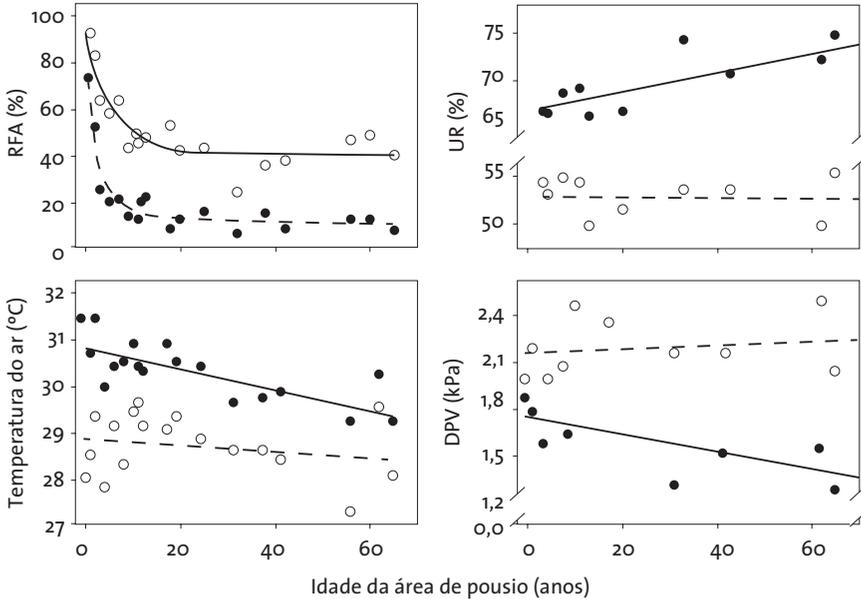


FIG. 10.1 Mudanças nas condições ambientais em uma cronosequência de 60 anos de florestas secundárias em 17 áreas de florestas secas após agricultura itinerante. Variáveis ambientais foram mensuradas durante a estação seca (círculos abertos) e a estação chuvosa (círculos fechados). RFA = radiação fotossinteticamente ativa, UR = umidade relativa e DPV = deficit de pressão de vapor. As linhas de tendência foram adicionadas utilizando-se os modelos de melhor ajuste; linhas descontínuas indicam relações não significativas

Fonte: adaptado de Lebrija-Trejos et al. (2011, Fig. 1).

10.2 Alterações sucessionais na composição de formas de vida

Apesar de as árvores formarem a matriz estrutural das florestas tropicais, as outras formas de vida representam um grande componente da diversidade vegetal. Durante a fase de início da sucessão secundária, as espécies que demandam luz, que são variadas quanto a formas de vida e estatura, colonizam a área, incluindo as pioneiras de vida curta, arbustos heliófitos, gramíneas, herbáceas de folhas largas, trepadeiras herbáceas, lianas lenhosas e pioneiras de vida longa (Ewel; Bigelow, 1996). À medida que a sucessão avança e o sub-bosque se torna mais úmido e sombreado, a abundância das espécies que não toleram sombreamento diminui no sub-bosque, enquanto

maduras se assemelharam quanto aos valores de diversidade funcional dentro das faixas de altitude, apesar da baixa riqueza de espécies em florestas secundárias. As florestas em regeneração também aparentaram ter menos redundância funcional do que as maduras.

Em última análise, as mudanças na estrutura da comunidade durante a sucessão são direcionadas pela variação nas taxas de recrutamento e mortalidade entre as espécies. Variações espécie-específicas nos atributos funcionais são fortes determinantes dessas taxas demográficas. Em escala local, a montagem da comunidade é direcionada pela dispersão de sementes e variação nas condições ambientais, incluindo a competição intra e interespecífica. Em uma escala espacial maior, a montagem da comunidade depende do conjunto de espécies das áreas circundantes e da proximidade das áreas florestadas que fornecem sementes. Em condições ótimas, a diversidade funcional e de espécies das florestas secundárias aumenta ao longo do tempo à medida que os ecossistemas se tornam mais complexos funcional e estruturalmente.

10.5 A montagem da comunidade durante a sucessão secundária

As florestas tropicais maduras são os ecossistemas com a maior biodiversidade no mundo. Como acontecem as mudanças na composição das espécies ao longo de escalas de tempo longas ainda é uma questão pobremente compreendida, pois poucos estudos avaliaram essas mudanças por mais do que alguns poucos anos. A compreensão dos processos ecológicos que determinam a montagem das comunidades requer informações sobre a dinâmica da vegetação de áreas individuais ao longo do tempo. Censos repetidos de árvores marcadas dentro de uma ou múltiplas áreas podem fornecer informações sobre a substituição de árvores entre certos intervalos de tempo, revelando trajetórias sucessionais verdadeiras e sua variabilidade entre áreas diferentes através do tempo (Van Breugel; Bongers; Martínez-Ramos, 2007; Chazdon et al., 2007; Norden et al., 2011).

A Fig. 10.6 ilustra como a substituição de indivíduos e espécies influencia as características das comunidades em sucessão, como a composição de espécies e a diversidade funcional e filogenética. O esquema também pode ser aplicado às alterações na vegetação após a degradação da floresta, a exploração madeireira ou a fragmentação ou às mudanças na vegetação ao longo de gradientes ambientais. Por meio do estudo de quais espécies, atributos funcionais e clados são ganhos ou perdidos durante intervalos sucessivos de tempo, pode-se ter ideias sobre os processos ecológicos que direcionam a montagem da comunidade durante a sucessão. Por

RECUPERAÇÃO DE FUNÇÕES ECOSSISTÊMICAS DURANTE A REGENERAÇÃO FLORESTAL

11

O debate científico sobre o papel das florestas tropicais no ciclo global de carbono transcende as dificuldades óbvias causadas pela pobreza das bases de dados. Em vez disso, o debate é focado na percepção acerca do que são as florestas tropicais e como elas funcionam. (Lugo; Brown, 1992, p. 240).

Quando uma floresta tropical é cortada, queimada ou convertida em cultivos ou pastos, uma porção substancial da biomassa viva é perdida do ecossistema, exportada para a atmosfera ou lixiviada pela chuva. Aproximadamente 48% da biomassa viva acima do solo nas florestas tropicais é composta de carbono, que é liberado para a atmosfera na forma de CO₂ pelas queimadas. Os desmatamentos e a degradação de florestas tropicais contribuem com 10% a 15% das emissões globais de carbono (Van der Werf et al., 2009; Achard et al., 2010; Asner et al., 2010). O nitrogênio, facilmente volatilizado pela queima, é liberado para a atmosfera ou mineralizado para nitrato no solo, que é facilmente lixiviado. Nutrientes minerais contidos na biomassa, como potássio, magnésio e cálcio, são menos sujeitos à volatilização durante queima de baixa temperatura e são acumulados nas cinzas, mas podem ser perdidos por meio de lixiviação. Além dessas perdas de carbono e nutrientes, os desmatamentos reduzem a evapotranspiração, aumentando o fluxo de rios e a frequência de enchentes e diminuindo a precipitação local (Giambelluca, 2002).

Será que o restabelecimento de florestas nessas áreas restaura as funções e os estoques de nutrientes perdidos pelo ecossistema florestal original? A resposta curta é sim, mas alguns processos demoram mais tempo do que outros. Há milhares de anos, agricultores nômades reconheceram que os solos que anteriormente deram suporte às florestas tropicais estavam sustentando seus cultivos com nutrientes provenientes da degradação da biomassa existente poucos anos atrás. O pousio é essencial para a restauração da fertilidade do solo para que a área possa ser cortada e cultivada novamente. De fato, os primeiros estudos realizados por Nye e Greenland (1960) sobre a ciclagem de nutrientes em sistemas de agricultura itinerante nos trópicos levaram à atual compreensão da ciclagem de nutrientes e do funcionamento dos ecossistemas

BOXE 11.1 Um estudo pioneiro sobre a dinâmica de nutrientes e biomassa após agricultura itinerante na região do Rio Negro, na Venezuela

Os oxissolos inférteis, altamente intemperizados e ricos em argila da região do Rio Negro, na Venezuela, são predominantes na bacia amazônica (Markewitz et al., 2004). Em 1975, foram iniciados estudos sobre fluxos de nutrientes, crescimento arbóreo e produção de serapilheira em uma parcela de 1 ha de florestas maduras. Um ano depois, uma área adjacente de florestas maduras foi cortada e queimada após vários meses de seca (não houve exploração madeireira). A regeneração nessa parcela seguiu por cinco anos sem qualquer manipulação (Uhl; Jordan, 1984). Outra parte da parcela cortada e queimada foi destinada ao cultivo de mandioca, abacaxi, banana-da-terra e caju durante três anos com o emprego de métodos tradicionais (Uhl et al., 1982; Jordan et al., 1983; Uhl, 1987). A parcela cultivada foi, então, abandonada, e padrões de sucessão foram observados utilizando-se as mesmas abordagens usadas por Uhl e Jordan (1984).

Após cinco anos, o dossel da parcela cortada e queimada (não cultivada) tinha crescido e atingido uma altura de 14 m (Fig. 11.2). A biomassa viva total acima do solo alcançou 16% da biomassa presente na floresta-controle (Uhl; Jordan, 1984). A madeira morta da floresta preexistente representou mais biomassa do que a biomassa viva. Folhas e raízes, que são mais ricas em nutrientes do que madeira, compuseram 27% do total da biomassa viva na floresta secundária em fase inicial de sucessão, em comparação a 18% na floresta-controle. Além disso, as concentrações de nutrientes nos tecidos foram mais altas nas espécies pioneiras dominantes na área em regeneração. Por essas razões, as porcentagens dos estoques de fósforo (23%), nitrogênio (39%), cálcio (48%) e magnésio (45%) da floresta antes da queima foram mais altas do que a porcentagem de biomassa (16%).

Os reservatórios de nitrogênio foram mais lentamente recuperados do que a biomassa. Na floresta-controle, os reservatórios de nutrientes foram concentrados em troncos e raízes, ao passo que, na área em regeneração, a maior parte dos estoques de nutrientes estava contida na fração de madeira morta. Apesar de as concentrações de potássio, magnésio e nitrato terem inicialmente aumentado na água lixiviada do solo após o corte e a queima, as concentrações de nutrientes diminuíram, após dois anos, até níveis similares aos da floresta que não foi cortada.

Quando as parcelas cultivadas foram abandonadas, no final de 1979, 20% do estoque de nitrogênio original do ecossistema tinha sido perdido. As folhas continham aproximadamente 3% desses estoques na floresta-controle; o nitrogênio nas folhas secas remanescentes após o corte da floresta foi, provavelmente, todo volatilizado durante a queima. A maior parte da redução em nitrogênio foi decorrente da decomposição da matéria orgânica que não foi queimada completamente (especialmente troncos e raízes) ao longo de três anos. O nitrogênio absorvido pelas plantas cultivadas

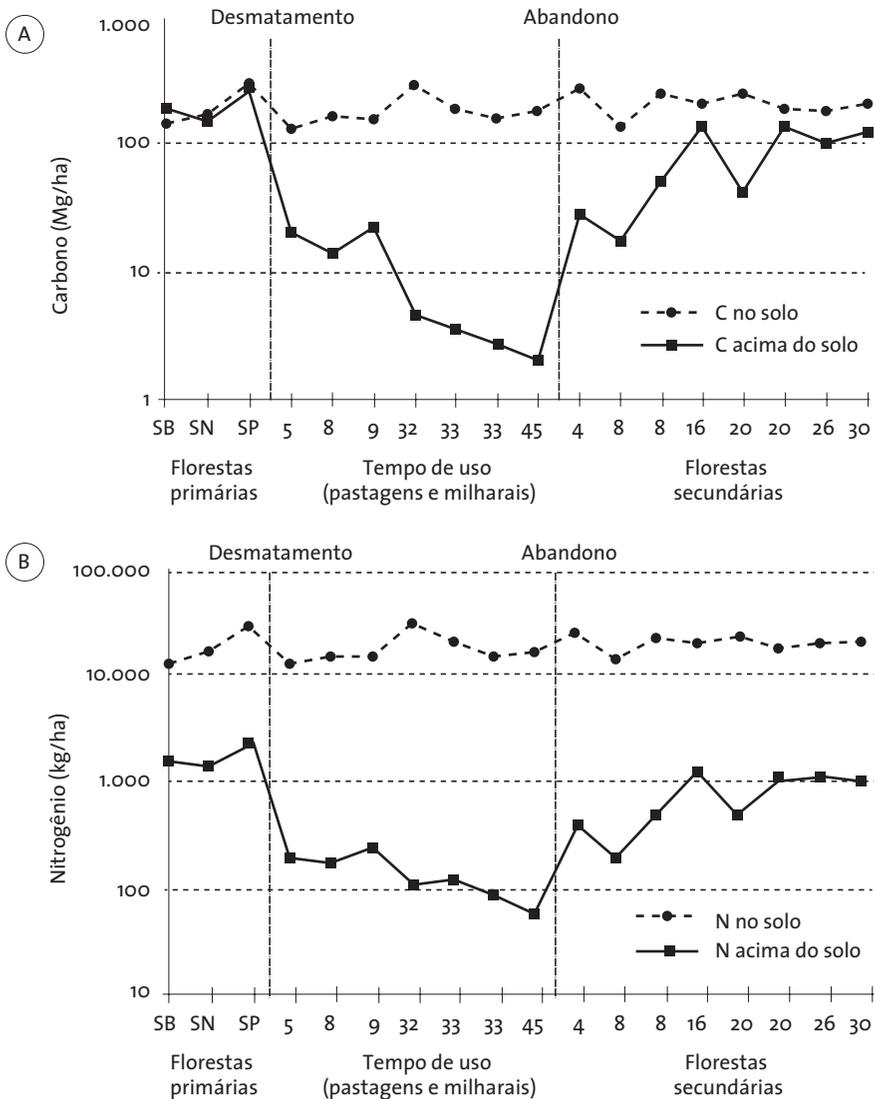


Fig. 11.3 Dinâmica do carbono (A) e do nitrogênio (B) nos reservatórios da biomassa acima do solo e nos reservatórios do solo mineral em florestas maduras intactas, pastos, milharais e florestas em regeneração na região de Los Tuxtlas, em Veracruz, no México. Os valores são apresentados em escala logarítmica. Os valores do eixo x representam o número de anos pelos quais a área foi utilizada ou o número de anos após o abandono. SB, SN e SP são três áreas diferentes de florestas maduras

Fonte: Hughes, Kauffman e Jaramillo (1999, Fig. 3). Os dados de florestas maduras, pastagens e milharais foram obtidos de Hughes, Kauffman e Jaramillo (2000), ao passo que os dados de florestas em regeneração foram obtidos de Hughes, Kauffman e Jaramillo (1999).

DIVERSIDADE ANIMAL E INTERAÇÕES PLANTA-ANIMAL NAS FLORESTAS EM REGENERAÇÃO

12

Para planejar políticas de conservação nos trópicos úmidos, é necessário ter muito mais conhecimento sobre a sucessão secundária e sobre as florestas em regeneração, mas nosso nível inadequado de conhecimento atual sugere que uma parte considerável da fauna e da flora florestais existentes deve sobreviver nas florestas secundárias e em outras comunidades serais do futuro, especialmente se alguns relictos de comunidades em estágio próximo ao clímax puderem ser preservados na paisagem para servirem de núcleos de recolonização. (Richards, 1971, p. 178).

Interações complexas entre espécies são a marca registrada da diversidade das florestas tropicais. A árvore chamada de manduvi (*Sterculia apetala*), do Pantanal, no Brasil, representa um ótimo exemplo de dois tipos de interações entre árvores e pássaros carismáticos (Pizo et al., 2008). Essas árvores altas do dossel de manchas de florestas semidecíduas e florestas de galeria fornecem 95% dos locais de nidificação da arara-azul-grande (*Anodorhynchus hyacinthinus*). Os frutos dessas árvores são comidos por 14 espécies de aves, mas apenas um desses frugívoros, o tucano-toco (*Ramphastos toco*), efetivamente dispersa as sementes para longe das árvores matrizes. Sementes não dispersas que caem abaixo da copa são consumidas por porcos-do-mato e pacas. Os tucanos-toco realizam 83% de toda a dispersão de sementes dessas árvores, aumentando a probabilidade de que as plântulas sejam bem distribuídas e encontrem sítios favoráveis para sobreviver e crescer até se tornarem adultas. As atividades de forrageio dos tucanos promovem diretamente o crescimento das manduvis necessárias para a arara-azul-grande. Porém, a história não termina aí. Os tucanos-toco também predam os ovos da arara-azul-grande, sendo responsáveis por 53% da predação total a cada ano. Os resultados da reprodução dessas três espécies estão intimamente entrelaçados.

As interações entre espécies de plantas, agentes de dispersão, polinizadores, herbívoros e patógenos dirigem o curso das trajetórias sucessionais. Na perspectiva das populações de animais, as mudanças na estrutura da vegetação e na composição de espécies durante a regeneração de florestas tropicais determinam a qualidade

iniciais da sucessão podem criar gargalos genéticos se os fundadores forem dominados por um pequeno número de genótipos (Sezen; Chazdon; Holsinger, 2005, 2007; Davies et al., 2010). Para garantir a diversidade genética de espécies de árvores em populações em regeneração, são necessárias tanto a manutenção de alta diversidade genética nas populações-fonte como a conservação dos animais que polinizam as flores e dispersam as sementes por longas distâncias.

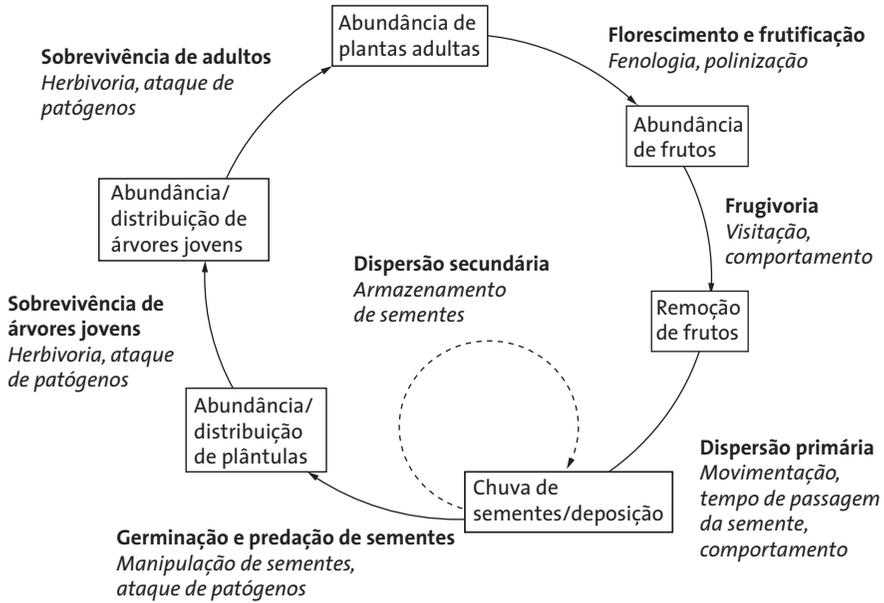


FIG. 12.1 As interações entre espécies ocorrem em todas as fases do ciclo de vida das plantas. Processos gerais (em negrito) e específicos (em itálico) determinam a abundância de frutos, sementes dispersas, plântulas, árvores jovens e plantas adultas

Fonte: redesenhado de Wang e Smith (2002, Fig. 1).

12.1 Diversidade animal em florestas em regeneração

Dunn (2004b) conduziu o primeiro estudo de metanálise sobre a riqueza e a composição de espécies de diferentes taxa animais em florestas em regeneração de diferentes idades. Com base em um conjunto de dados de 39 estudos abrangendo diversos taxa, ele observou que as métricas padronizadas da riqueza de espécies aumentaram assintoticamente até os níveis encontrados na floresta madura durante os 30 primeiros anos da regeneração da floresta. Mais tarde, esses mesmos estudos revelaram que a composição de espécies de aves e formigas não se recuperou tão rapidamente quanto a riqueza das espécies. Um número crescente de

níveis mais baixos de biodiversidade observados nas florestas em regeneração. Além disso, a maior parte dos estudos raramente leva em conta os efeitos do uso anterior da terra, a sazonalidade ou as mudanças temporais de longo prazo (Gardner et al., 2009). Ainda assim, esses resultados são consistentemente interpretados de maneira a sugerir que as florestas secundárias possuem valores de conservação intrinsecamente baixos (Gibson et al., 2011).

As informações sobre os padrões de diversidade animal, funcionamento e composição de espécies nos estágios mais tardios da sucessão ou nas florestas em regeneração ao longo do tempo são esparsas. O registro de espécies é um primeiro passo nessa direção, mas não revela em que extensão as florestas são capazes de suportar essas populações (Bowen et al., 2007; Chazdon et al., 2009a; Gardner et al., 2007a). Alguns animais podem usar as florestas em regeneração para complementar sua dieta, mas não como áreas de reprodução ou nidificação. Os animais também utilizam as florestas em regeneração como corredores quando elas conectam áreas de florestas maduras.

12.2 Interações entre plantas e herbívoros durante a regeneração florestal

Os estudos sobre as interações entre plantas e animais envolvendo a reprodução das plantas (frugivoria, dispersão de sementes e polinização) durante a regeneração de florestas tropicais são muito mais numerosos do que os estudos sobre as interações entre plantas e animais herbívoros (Quesada et al., 2009). Nas florestas tropicais, os herbívoros removem entre 10% e 30% da área foliar das plantas a cada ano (Coley; Barone, 1996). As interações entre herbívoros e plantas podem afetar potencialmente os padrões de abundância de árvores e as regras de montagem da comunidade durante a sucessão, pois as espécies de planta variam em relação à sua tolerância à herbivoria, aos herbívoros especialistas e aos investimentos em defesa (Bazzaz et al., 1987). Ademais, as taxas de herbivoria e a abundância de herbívoros, além da riqueza das espécies, podem ser fortemente afetadas pela abundância e pela composição da vegetação circundante e também pelas condições abióticas (Brown; Ewel, 1987; Silva; Espírito-Santo; Melo, 2012). As plântulas são particularmente vulneráveis aos efeitos da herbivoria, pois possuem áreas foliares menores e habilidade limitada de recuperar-se dos danos se comparadas a plantas maiores. Sementes grandes com órgãos de estocagem hipógeos (abaixo do chão) são mais capazes de rebrotar após a perda de folhas do que as sementes pequenas com órgãos de estocagem epígeos (acima do chão) (Harms; Dalling, 1997).

Tentativas de plantar árvores para acelerar a regeneração ou de influenciar sua trajetória deveriam ser baseadas em uma compreensão completa das trajetórias prováveis da regeneração que ocorre sem intervenções. (Sayer; Chokkalingam; Poulsen, 2004, p. 8).

Mais de 350 milhões de hectares de áreas desmatadas nos trópicos possuem solos inférteis, erosão, infestação de ervas daninhas ou incêndios recorrentes em consequência das práticas insustentáveis de uso da terra. O cenário de degradação da terra não é uniforme em toda a área onde as florestas foram desmatadas ou exploradas seletivamente. Como os capítulos anteriores deste livro afirmaram, a maior parte das áreas desmatadas tem potencial de regeneração natural (Lamb; Erskine; Parrotta, 2005). Entretanto, a qualidade e a velocidade de regeneração nas áreas desmatadas são altamente variáveis. Nos casos em que ocorreram degradação do solo e perda da produtividade agrícola, a regeneração pode ser acelerada por meio de intervenções adequadas. A degradação da terra corresponde a um ponto extremo de um espectro de possíveis estados que se seguem ao desmatamento e à utilização da terra pelas populações humanas. Em uma ponta do espectro estão as áreas degradadas cuja estrutura, biomassa e composição de espécies tenham sido reduzidas temporariamente ou permanentemente por causa da exploração madeireira, da caça, de cultivos em sistema agroflorestal ou da ocorrência de incêndios (Lamb, 2011). Nas condições intermediárias ao longo desse gradiente, estão as áreas desmatadas para agricultura itinerante, cultivo permanente ou pastagens que têm potencial para regeneração natural após o abandono. No contexto da restauração, a distinção entre áreas degradadas e não degradadas não é simples nem superficial.

A restauração é o processo de retornar uma floresta à sua condição “original”. A definição exata da condição “original” é (ou pode ter sido) desafiadora, se não impossível, por diversas razões. Em primeiro lugar, as florestas estão em um estado de fluxo constante por causa das fases de perturbação e recuperação. Em segundo lugar, as florestas maduras já não existem em muitas das regiões tropicais. Em terceiro lugar, em razão dos efeitos irreversíveis das mudanças climáticas,

objetivos estiverem cuidadosamente alinhados com o potencial da regeneração natural da paisagem, os reflorestamentos terão maior probabilidade de serem bem-sucedidos (Holl; Aide, 2011). Os objetivos do reflorestamento podem ser agrupados em três categorias gerais: (1) produção comercial de produtos madeiráveis e não madeiráveis, (2) regeneração natural das florestas e recuperação dos serviços ecossistêmicos e (3) conservação da biodiversidade.

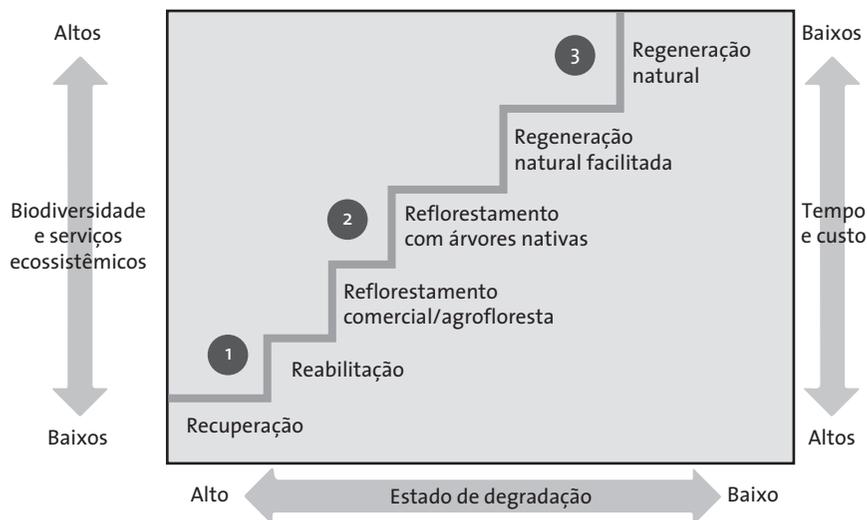


FIG. 13.1 *A escada da restauração. Dependendo do estado de degradação da terra, uma gama de abordagens de manejo pode restaurar pelo menos parcialmente os níveis de biodiversidade e serviços ecossistêmicos dentro de um período adequado de tempo (anos), com algum investimento financeiro (capital, infraestrutura e trabalho). Resultados de abordagens específicas de restauração são (1) a restauração da fertilidade do solo para uso agrícola ou florestal, (2) a produção de produtos madeiráveis e não madeiráveis ou (3) a recuperação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos*

Fonte: Chazdon (2008a, Fig. 1).

Grupos diferentes de atores priorizam alguns objetivos em detrimento de outros, levando a potenciais conflitos. Grupos formados por múltiplos atores compartilham alguns objetivos, sugerindo que parcerias entre esses grupos podem ser formadas para planejar atividades de reflorestamento que cumpram os objetivos de todos os grupos. Tanto silvicultores e pequenos proprietários como biólogos da conservação apoiam o plantio de árvores para uso doméstico da madeira e dos produtos não madeireiros. Ecólogos e agricultores itinerantes compartilham um interesse nos reflorestamentos como forma de restaurar a fertilidade do solo

Fortes paralelos têm sido observados entre sistemas agroflorestais, sistemas de manejo de pousio em longo prazo e métodos de restauração (Michon et al., 2007; Vieira; Holl; Peneireiro, 2009). Sistemas de pousio enriquecidos imitam e promovem as mudanças na vegetação que ocorrem durante a regeneração natural. O conhecimento ecológico tradicional serve para identificar espécies com potencial comprovado de sobrevivência e crescimento e que facilitem a regeneração florestal, ofereçam recursos aos animais selvagens e forneçam uma grande variedade de produtos madeiros e não madeiros para as populações locais, incluindo espécies medicinais (Voeks, 1996; Chazdon; Coe, 1999).

O conhecimento indígena sobre sucessão florestal pode ser diretamente aplicado aos programas de restauração. Com base no seu conhecimento sobre a ecologia da floresta, o povo Akha, das montanhas do norte da Tailândia, desenvolveu um modo de facilitar a regeneração da floresta no entorno de sua vila (Durno; Deetes; Rajchaprasit, 2007). Eles transformaram áreas de pousio dominadas por *Imperata* em florestas por meio da prevenção contra o fogo e da promoção da regeneração a partir da rebrota de raízes e da semeadura (ver Fig. 13.5 e Boxe 13.2).



FIG. 13.5 Práticas de regeneração natural assistida em campos de *Imperata* nas Filipinas:



(A) localização e coroamento de mudas regenerantes; (B) estagiário aprendendo a técnica de compressão para plantio; (C) visão da área antes da restauração; (D) visão da área seis anos após a regeneração natural assistida

Fonte: cortesia da Fundação Bagong Pagasa e da FAO, reimpresso com permissão.

A globalização é frequentemente vista como uma causa do desmatamento, mas há contextos em que ela promove a recuperação da floresta. (Hecht et al., 2006, p. 208).

Em 1978, pouco antes do começo da guerra civil em El Salvador, apenas 18% da cobertura florestal ainda existia na bacia do Cutumayo. Campanhas de bombardeio aéreo organizadas pelo exército federal de El Salvador durante a década de 1980 forçaram os sobreviventes de Cinquera a abandonar suas casas em campos. Em 1992, os residentes retornaram a seu vilarejo para reconstruir suas vidas depois da devastadora guerra civil. Durante o seu exílio, as áreas anteriormente cultivadas foram transformadas em 5.300 ha de florestas tropicais secas secundárias. O vilarejo foi colonizado por 70 espécies de árvores e 224 espécies de vertebrados. Após o retorno dos moradores, eles criaram uma associação para a reconstrução e o desenvolvimento municipal de Cinquera, e sua nova floresta cresceu como área protegida e é, atualmente, a base do desenvolvimento econômico de toda a região (Herrador Valencia et al., 2011). Em 2004, a cobertura florestal da bacia atingiu 61%. A regeneração da floresta proporcionou um recomeço e um novo propósito para as vidas dos moradores.

Durante a década de 1980, um sexto da população de El Salvador migrou para fora do país com o crescimento da guerra civil. Por volta do final da guerra, a produção agropecuária já não era o setor dominante da economia. A fração da agricultura na economia do país caiu de 81%, em 1970, para 10%, em 2000. Durante a década de 1990, a taxa de regeneração florestal em El Salvador (5,8%) foi mais alta do que a taxa de desmatamento (2,88%). A renda perdida com a agricultura foi substituída pela ajuda financeira enviada por membros das famílias que migraram para fora do país, a maior parte para os Estados Unidos. A taxa de regeneração florestal foi maior nas regiões em que os residentes recebiam as maiores remessas (Hecht et al., 2006; Hecht; Saatchi, 2007).

Apesar dos seus climas, biotas e condições ambientais contrastantes e das suas histórias sociais, econômicas e políticas distintas, El Salvador, Costa Rica e

pecuária. Entre 1986 e 2000, o aumento da cobertura florestal foi mais pronunciado em solos de classes marginais caracterizadas por declividade acima de 50%, solos rasos, baixa fertilidade, drenagem externa excessiva, alta suscetibilidade à erosão e longos períodos secos (Arroyo-Mora et al., 2005b).

QUADRO 14.1 Fatores biofísicos e da paisagem que podem favorecer a regeneração espontânea das florestas nas regiões tropicais

Fator	Explicação	Referência
Alta precipitação anual	Promove a regeneração de árvores e reduz a frequência de incêndios	Daly, Helmer e Quiñones (2003) e Brandeis, Helmer e Oswalt (2007)
Áreas íngremes, alta altitude	Áreas marginais para agricultura	Helmer et al. (2008) e Crk et al. (2009)
Fertilidade do solo intermediária ou baixa	Áreas marginais para agricultura	China (2002) e Arroyo-Mora et al. (2005b)
Menos pastos nas redondezas	Áreas marginais para pecuária	Helmer et al. (2008)
Solos acidentados	Áreas marginais para agricultura	Helmer et al. (2008)
Cobertura florestal total	Facilita a dispersão de sementes, a colonização, a conservação de populações de animais selvagens	Thomlinson et al. (1996), Helmer et al. (2008) e Crk et al. (2009)
Acesso difícil, longe de rodovias	Terras agrícolas com maior probabilidade de abandono	Thomlinson et al. (1996)
Proximidade a fragmentos de florestas maduras ou áreas protegidas	Facilita a dispersão de sementes, a colonização, a conservação de populações de animais selvagens	Thomlinson et al. (1996), Helmer et al. (2008) e Crk et al. (2009)

Fonte: modificado de Yackulic et al. (2011, Tab. 1).

Como ocorre frequentemente nas transições de uso do solo, o aumento da cobertura florestal foi concentrado nas proximidades de fragmentos de florestas maduras. Na região de Guanacaste, onde áreas de pastagem regeneraram e se tornaram novamente florestas, essas áreas eram mais distantes de centros populacionais e rodovias e mais próximas de fragmentos florestais grandes (Daniels, 2010). Em uma região montanhosa da Costa Rica, a probabilidade de ocorrência de aumento da cobertura florestal cresceu em altas altitudes, maiores declividades, maiores distâncias das rodovias, em áreas de baixa densidade populacional humana e dentro de reservas florestais (Helmer, 2000). As manchas de florestas serviram como núcleos de regeneração após o abandono da terra em áreas adjacentes.

uma proibição da exploração de madeira em todas as florestas naturais das províncias do norte levou ao crescimento da importação legal e ilegal de madeira dos países vizinhos, como Laos e Camboja (Meyfroidt; Lambin, 2009, 2011).

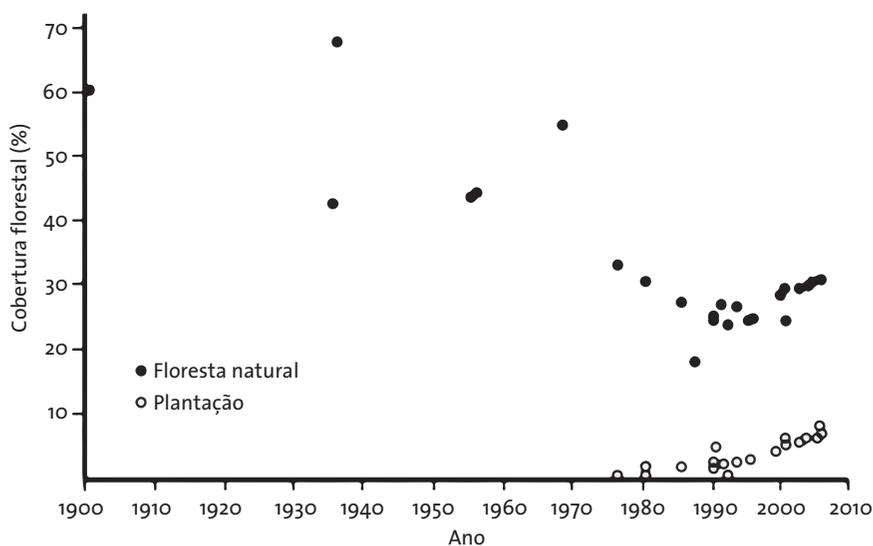


FIG. 14.3 Mudanças na cobertura florestal do Vietnã de 1900 a 2005

Fonte: redesenhado de Meyfroidt e Lambin (2008, Fig. 3).

14.3.2 Transições florestais na América Latina e no Caribe

Nos casos discutidos anteriormente, a cobertura florestal expandiu-se apesar do aumento nas populações rurais. Entretanto, a expansão florestal também pode ocorrer como uma consequência das políticas econômicas em nível nacional e global que causam redução do tamanho da população em áreas rurais, levando ao abandono de áreas agrícolas. Essa trajetória de “desenvolvimento econômico” aplica-se bem à transição florestal em Porto Rico (ver Boxe 14.1, p. 338).

O êxodo rural na Sierra Norte, no norte de Oaxaca, no México, levou ao abandono de até 60% das áreas agrícolas comunitárias desde 1980 (Robson, 2009; Robson; Berkes, 2011). A introdução de cafezais nas baixas altitudes atraiu a força de trabalho agrícola, deslocando-a de áreas mais altas e levando ao abandono dos cultivos tradicionais de milho. Povoados inteiros foram deslocados (Del Castillo; Blanco-Macías; Newton, 2007). Florestas regenerando naturalmente e áreas de pousio expandiram-se à medida que a dependência da população por suprimentos alimentares locais diminuiu. O abandono do cultivo itinerante de milho também é comum na região de florestas secas em Nizanda, no sudeste de Oaxaca (Lebrija-Trejos et

RENASCIMENTO DE FLORESTAS: REGENERAÇÃO NA ERA DO DESMATAMENTO (SÍNTESE)

15

Dizer que, sem a adoção de medidas de conservação, todas as florestas tropicais primárias serão “destruídas” até o final do século não é afirmar que em 2000 não haverá florestas de qualquer tipo ou que toda a flora e fauna de floresta existentes desaparecerão, mas é provável que, exceto nas encostas íngremes e em outros locais inacessíveis ou incultiváveis, todas as florestas maduras ou quase maduras desaparecerão. Haverá grandes áreas de cultivo sob dossel e também, sem dúvida, florestas mais ou menos artificiais com um número muito reduzido de espécies arbóreas, manejadas de acordo com o mercado da produção de madeira ou celulose. Também existirão, provavelmente, grandes áreas de florestas secundárias e outras comunidades serais. Como serão essas florestas e quanto da flora e da fauna atuais sobreviverá nessas florestas? A resposta a essa questão é importante para qualquer política de conservação e ela só pode ser respondida por meio do estudo das comunidades secundárias, que podem ser encontradas facilmente em todas as regiões dos trópicos atualmente. Infelizmente, tem-se dado muito pouca atenção às florestas secundárias e à biota das comunidades serais. (Richards, 1971, p. 176).

15.1 O poder de regeneração da floresta

Paul Richards (1971) tinha uma visão notável sobre o que o futuro reservava para as florestas tropicais. Mais de 40 anos atrás, ele previu que as florestas em regeneração se tornariam a forma predominante de cobertura florestal nos trópicos. Ele reconheceu claramente a importância de estudar as florestas secundárias e de compreender a dinâmica das espécies de plantas e animais durante a regeneração da floresta. O conhecimento de que as florestas tropicais são sistemas dinâmicos e resilientes é empoderador. É hora de usar esse poder para ajudar a regeneração das florestas tropicais, onde e sempre que possível. As florestas podem regenerar-se de várias maneiras. A regeneração da floresta e a restauração ecológica podem ter consequências positivas para os bilhões de pessoas que dependem das florestas para sua subsistência e bem-estar. Este livro foi escrito principalmente para transmitir essa mensagem urgente. Tem-se, agora, uma oportunidade de usar áreas de florestas maduras existentes como uma alavanca, em um esforço sem precedentes,

dárias nos trópicos (ITTO, 2002). Esse relatório destaca uma grande lacuna nas políticas para restaurar, manejar e reabilitar as florestas degradadas e secundárias (Fig. 15.1). Existem orientações para estabelecer e gerenciar as florestas tropicais plantadas, por um lado, e para manejar de forma sustentável as florestas maduras, por outro. Entretanto, as florestas que se encontram entre esses extremos – as florestas secundárias em regeneração, que são discutidas neste livro – precisam seriamente da atenção dos setores de políticas e gestão. Essa negligência pode ser resultado da falta de integração entre o setor florestal e o setor agrícola e entre os interesses de desenvolvimento comercial e conservação. Florestas em regeneração são, de fato, uma ponte entre esses públicos distintos. Elas exigem políticas próprias e regras específicas de manejo que sejam relacionadas à silvicultura, à agricultura e às políticas nacionais e de uso da terra, com a participação local ativa das partes interessadas. As práticas indígenas são um excelente ponto de partida, uma vez que o manejo de áreas de pousio tem sido um componente integral das culturas indígenas por milênios.



FIG. 15.1 Representação gráfica das lacunas nas políticas e diretrizes para o manejo da regeneração natural e da restauração de florestas naturais. As políticas e diretrizes existentes referem-se à gestão de áreas recuperadas e desmatadas nos trópicos, mas não abordam a gestão de florestas secundárias em regeneração, florestas exploradas para retirada de madeira, florestas em regeneração natural ou áreas reflorestadas

Fonte: redesenhado de ITTO (2002, Fig. 1).

15.2 As mudanças e a resiliência da floresta tropical

Olha-se para um futuro em que as taxas de regeneração da floresta vão superar as taxas de perda florestal (Meyfroidt; Lambin, 2011). A literatura está repleta de livros

15.3.2 Os serviços ecossistêmicos providos pelas florestas em regeneração

A biomassa acima do solo, o carbono do solo, a ciclagem de nutrientes e as funções hidrológicas recuperam-se rapidamente durante a regeneração das florestas. Esses processos são a base para o fornecimento de muitos bens e serviços que beneficiam diretamente as pessoas. As florestas restauradas e em regeneração natural oferecem uma vasta gama de produtos e serviços ecossistêmicos (Quadro 15.1; Rey Benayas et al., 2009; Parrotta, 2010). O potencial das florestas em regeneração nos trópicos para sequestro de carbono é o grande foco dos programas globais para mitigar as emissões de carbono, como o REDD+ (ver Boxe 11.2, p. 249, e Boxe 14.2, p. 359). Naturalmente, as florestas em regeneração contêm uma alta abundância de espécies arbóreas úteis, muitas com valor comercial para a produção de produtos madeireiros e não madeireiros (Finegan, 1992; Chazdon; Coe, 1999; Apel; Sturm, 2003). Espécies que produzem madeira comercializável compõem entre 35% e 40% de todas as espécies e mais de 70% da área basal em florestas secundárias no nordeste da Costa Rica (Vílchez Alvarado; Chazdon; Milla Quesada, 2008).

QUADRO 15.1 Serviços ecossistêmicos providos pela regeneração natural e pelo reflorestamento de bacias hidrográficas nos trópicos

Tipo de serviço ecossistêmico	Descrição
<i>A. Serviços de provisão</i>	
Água	Água potável segura e limpa; abastecimento estável de água para uso doméstico, irrigação, fins industriais ou geração de eletricidade
Alimento e medicamento	Obtenção de peixes, caça, frutas, plantas medicinais
Matéria-prima	Materiais utilizados pela população local para construção, combustível e fibras (madeira, lenha, carvão vegetal, sapé, corda, artesanato)
<i>B. Serviços de regulação e suporte</i>	
Estoque de carbono	Sequestro de carbono pela vegetação e pelos solos para compensar as emissões desse elemento
Mitigação de eventos climáticos extremos	Controle de inundações e proteção contra tempestades
Regulação da qualidade do ar	Interceptação de poeira, substâncias químicas e outros elementos pela cobertura do solo
Prevenção de erosão	Prevenção de danos de erosão e assoreamento
Regulação de pestes	Manutenção da heterogeneidade natural e das populações de inimigos naturais para controle de populações de pragas de insetos



FIG. 7.1 Exemplos de sucessão estagnada: (A) invasão de samambaia em áreas em pousio em Chiapas, no México; (B) antigas pastagens no Parque Nacional Soberania, no Panamá, agora cobertas por gramíneas da espécie *Saccharum spontaneum* de 1 m de altura



FIG. 7.4 *Início da sucessão secundária em uma área desmatada na Reserva Florestal Atewa Range, em Gana. (C) Quatro anos após o desmatamento, vê-se menos solo nu. Árvores pioneiras com dominância de Musanga cecropioides estão entrando em senescência, enquanto espécies da floresta madura aumentam em densidade e número de indivíduos. (D) Quinze anos mais tarde, a área já se regenerou consideravelmente e espécies não pioneiras são dominantes*
Fonte: Michael Swaine, reimpresso com permissão. Swaine e Hall (1983).



FIG. 13.5 *Práticas de regeneração natural assistida em campos de Imperata nas Filipinas: (A) localização e coroamento de mudas regenerantes; (B) estagiário aprendendo a técnica de compressão para plantio; (C) visão da área antes da restauração; (D) visão da área seis anos após a regeneração natural assistida*

Fonte: cortesia da Fundação Bagong Pagasa e da FAO, reimpresso com permissão.

Todos os seres da Terra dependem das florestas tropicais de alguma forma. Com a atenção dispensada às florestas primárias em pesquisas e iniciativas de conservação, muitas vezes se descuidou da importância para os ecossistemas tropicais das florestas secundárias, a regeneração da floresta. *Renascimento de florestas* vem mudar essa percepção, ao apresentar o papel fundamental dessas florestas em regeneração na manutenção da biodiversidade e no processo de sucessão natural. Florestas em regeneração natural também são a ligação entre conservação e desenvolvimento e entre as Ciências Sociais e Ambientais.

O livro aborda usos do solo, perturbações em florestas tropicais, trajetórias sucessionais, regeneração florestal, diversidade da fauna durante a regeneração, funções ecossistêmicas, restauração e reflorestamento, entre outros temas. Ao longo de 15 capítulos, apresenta a profunda compreensão das florestas em regeneração, o que proporciona ainda subsídios para ações de restauração ecológica.

Fruto de mais de 25 anos de pesquisa, em diferentes regiões e com diferentes colaboradores, e um rico trabalho bibliográfico, *Renascimento de florestas* é uma obra essencial para o manejo e a restauração de florestas tropicais e para compreender os impactos de fatores geográficos e socioeconômicos no desmatamento e na regeneração florestal.

ISBN 978-85-7975-217-9



9 788579 752179