



Painel Científico para a Amazônia (PCA)

Grupo de Trabalho 10

Conservação, Restauração, e Transição Florestal (Oportunidades, Estratégias e Desafios em Sistemas Terrestres e Aquáticos)

Autores Principais: Jos Barlow & Plinio Sist

Prioridades e benefícios da restauração em paisagens e bacias hidrográficas ao longo da bacia Amazônica

Jos Barlow, Plinio Sist, Rafael Almeida, Caroline C. Arantes, Erika Berenguer, Patrick Caron, Francisco Cuesta, Carolina R. C. Doria, Joice Ferreira, Alexander Flecker, Sebastian Heilpern, Michelle Kalamandeen, Alexander C. Lees, , Camille Piconiot, Paulo Santos Pompeu, Carlos Souza, Judson F. Valentim

Agradecemos a Conrado Amoedo de Mello por se voluntariar para traduzir este documento do inglês para o português.

Capítulo 29

Prioridades e benefícios da restauração em paisagens e bacias hidrográficas ao longo da bacia Amazônica

Jos Barlow¹, Plinio Sist², Rafael Almeida³, Caroline C. Arantes⁴, Erika Berenguer^{1,5}, Patrick Caron⁶, Francisco Cuesta⁷, Carolina R. C. Doria⁸, Joice Ferreira⁹, Alexander Flecker¹⁰, Sebastian Heilpern¹¹, Michelle Kalamandeen¹², Alexander C. Lees¹³, Camille Piconiot¹⁴, Paulo Santos Pompeu¹⁵, Carlos Souza¹⁶, Judson F. Valentim¹⁷

¹ Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, Reino Unido, jos.barlow@lancaster.ac.uk

² CIRAD, Université de Montpellier, UR Forests & Societies, Montpellier 34398, França, sist@cirad.fr

³ Department of Ecology and Evolutionary Biology, Cornell University, EUA

⁴ Center for Global Change and Earth Observations, Michigan State University, East Lansing, EUA

⁵ Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford, Reino Unido

⁶ University of Montpellier, Cirad, Umr ART-DEV, Montpellier 34398, França, patrick.caron@cirad.fr

⁷ Grupo de Investigación en Biodiversidad, Medio Ambiente y Salud - BIOMAS - Universidad de Las Américas (UDLA), Quito, Ecuador

⁸ Laboratório de Ictiologia e Pesca, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, Brasil

⁹ Embrapa Amazonia Oriental, Trav. Eneas Pinheiro, Belém, Brasil

¹⁰ Department of Natural Resources, Cornell University, EUA

¹¹ Department of Natural Resources, Cornell University, 226 Mann Drive, Ithaca NY 14853, EUA

¹² School of Geography, University of Leeds, Leeds, Reino Unido

¹³ Department of Natural Sciences, Manchester Metropolitan University, Reino Unido

¹⁴ Smithsonian Conservation Biology Institute & Smithsonian Tropical Research Institute

¹⁵ Departamento de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Naturais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

¹⁶ Agroforestry Research Center of Acre, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, Brasil

¹⁷ Agroforestry Research Center of Acre, Embrapa Acre, Rodovia BR-364, Km 14 (Rio Branco/Porto Velho), Rio Branco AC 69900-970, Brasil

Capítulo 29

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMO | 4 |
| 1. INTRODUÇÃO | 6 |
| 2. PRIORIZANDO AÇÕES DE RESTAURAÇÃO NA BACIA AMAZÔNICA | 6 |
| 2.1. Conservação dos ecossistemas únicos e das espécies ameaçadas da Amazônia..... | 6 |
| 2.2. Conectividade funcional aprimorada dos sistemas fluviais | 8 |
| 2.3. Benefícios climáticos de extensão global e dos biomas | 9 |
| 2.4. Benefícios Sociais..... | 11 |
| 3. ABORDAGENS DE PAISAGEM E BACIAS PARA A RESTAURAÇÃO E CONSERVAÇÃO | 12 |
| 3.1. Integrando sistemas aquáticos e terrestres | 13 |
| 3.2. Elevando a conectividade das paisagens e bacias para a biodiversidade | 16 |
| 3.3. Benefícios Climáticos Locais..... | 18 |
| 3.4. Reduzindo os riscos de desastres socioambientais..... | 19 |
| 5. GARANTINDO BENEFÍCIOS SOCIAIS MAIS ABRANGENTES A PARTIR DA RESTAURAÇÃO | 25 |
| 6. A RESILIÊNCIA CLIMÁTICA DAS ALTERNATIVAS DE RESTAURAÇÃO..... | 28 |
| 6.1. Resiliência climática da restauração terrestre | 29 |
| 6.2. Resiliência climática da restauração aquática | 31 |
| 7. ALCANÇANDO UMA RESTAURAÇÃO SIGNIFICATIVA EM ESCALA | 32 |
| 7.1. Execução e monitoramento..... | 33 |
| 7.2. Medidas baseadas em incentivos..... | 33 |
| 7.3. Restauração liderada pela comunidade | 34 |
| 7.4. Políticas..... | 34 |
| REFERÊNCIAS | 35 |

Capítulo 29

1 MENSAGENS PRINCIPAIS

- 2 • A identificação de locais prioritários para restauração em toda a bacia amazônica
3 depende principalmente dos objetivos (por exemplo, aumentar os estoques de
4 carbono ou conservar espécies ameaçadas). Essas regiões prioritárias devem ser
5 identificadas por meio de abordagens participativas envolvendo os povos e governos
6 locais, apoiadas por evidências científicas atualizadas.
- 7 • As estratégias de restauração serão mais eficazes se considerarem medidas de
8 conservação complementares, como a preservação das florestas primárias
9 remanescentes (ver Capítulo 27).
- 10 • Para o sucesso no longo prazo, as políticas e programas de restauração devem gerar
11 benefícios socioeconômicos para as populações locais (por ex. segurança alimentar,
12 emprego e oportunidades de renda) e elevar a consciência sobre os benefícios que as
13 florestas e outros sistemas naturais fornecem.
- 14 • Considerar onde e como restaurar na escala da paisagem ou da bacia hidrográfica
15 pode ajudar a retornar benefícios muito maiores do que simples abordagens baseadas
16 no local.
- 17 • Implementar a restauração na escala da paisagem e da bacia deve considerar uma
18 ampla gama de alternativas de restauração, desde estímulos à regeneração natural das
19 florestas secundárias até a restauração de atividades econômicas em áreas
20 degradadas. Isso ajudará a garantir que a restauração ofereça maiores benefícios para
21 a mais ampla gama de interessados.
- 22 • Restaurar os ecossistemas no contexto das mudanças climáticas requer reconstruir
23 ecossistemas mais resilientes para o futuro, por exemplo, selecionando espécies de
24 árvores mais adaptadas a climas mais secos ou ajudando a manutenção dos ciclos
25 naturais em sistemas aquáticos.

26 RESUMO

27 A restauração pode ser aplicada em muitos contextos amazônicos diferentes, mas será mais
28 eficaz em alavancar benefícios ambientais e sociais quando houver uma priorização ao
29 longo da bacia Amazônica e entre as paisagens e bacias hidrográficas. Aqui, descrevemos

Capítulo 29

- 1 as considerações que mais relevantes para o planejamento e dimensionamento da
- 2 restauração em toda a Amazônia.

Capítulo 29

1. INTRODUÇÃO

Quando a restauração foi identificada como uma ação importante para atingir uma meta específica (por ex., Capítulo 28), o primeiro nível de priorização envolve a identificação de quais áreas restaurar. Em qualquer ecossistema, o planejamento sistemático da conservação visa apoiar a tomada de decisão quanto à alocação de recursos (Margules e Pressey 2000). Essas abordagens têm sido amplamente utilizadas para ajudar a identificar áreas prioritárias para conservação ou restauração em todo o mundo (por ex., Strassburg *et al.* 2020) e em bacias hidrográficas (por ex., Beechie *et al.* 2008; McIntosh *et al.* 2017). Neste capítulo, vamos além das opções específicas de restauração descritas no capítulo 28 para examinar os benefícios de se planejar a conservação em toda a bacia e nas bacias hidrográficas e paisagens. Em seguida, descrevemos como a restauração pode ser usada para acelerar a transição da floresta na Amazônia, antes de descrever alguns dos benefícios sociais mais importantes. Por fim, exploramos a resiliência da restauração às mudanças climáticas, e quais medidas poderiam ajudar a incentivar a restauração em grande escala por toda a Amazônia.

2. PRIORIZANDO AÇÕES DE RESTAURAÇÃO NA BACIA AMAZÔNICA

Apesar do número crescente de exercícios de priorização em níveis globais e de ecossistemas (Crouzeilles *et al.* 2020; Strassburg *et al.* 2020), ainda existem poucas análises formais de priorização de ações de restauração na área da bacia Amazônica (por ex., weplan-forests.org) ou de identificação de cenários ótimos para a atingir múltiplos objetivos. Aqui, delineamos alguns dos principais benefícios ecológicos e sociais que poderiam ser gerados a partir de um programa de restauração em larga escala em toda a extensão da bacia.

2.1. Conservação dos ecossistemas únicos e das espécies ameaçadas da Amazônia

A extinção de habitats é a principal causa da perda de biodiversidade global e não é surpreendente que as espécies terrestres mais ameaçadas da Amazônia apresentem distribuições espaciais coincidentes com as regiões mais desmatadas e degradadas, como as encostas andinas e o “Arco do Desmatamento”. Nessas regiões, a restauração pode desempenhar um papel fundamental no apoio à conservação de parte das espécies florestais

Capítulo 29

1 mais ameaçadas da Amazônia (Figura 1) , incluindo a recém redescoberta mutum-pinima
2 [*fasciolata*] *pinima* (Alteff *et al.* 2019) , Jacamim-de-costas-escuras [*Psophio obscura*], e o
3 macaco capuchinho Caiarara Ka'apor, que só foi descrito em 1992, todos classificados
4 como Criticamente Ameaçadas na lista da IUCN . No entanto, a prioridade número um
5 nessas regiões é evitar mais desmatamento e degradação, protegendo as florestas existentes
6 da extração de madeira e dos incêndios florestais (Capítulo 27, Silva Junior *et al.* 2020) e
7 reduzir a pressão da caça combatendo a caça comercial e o comércio ilegal, proporcionando
8 meios de subsistência alternativos às comunidades dependentes da caça de animais
9 selvagens, mudando hábitos culturais, encorajando o manejo comunitário com benefícios
10 locais do ecoturismo (Bragagnolo *et al.* 2019), ou mesmo incentivando práticas alternativas
11 de caça que são menos propensas a afetar as espécies arbóreas mais raras (como por ex. a
12 caça com cães - Constantino 2019) .

13

14 **Figura 1: (a ser incluída) Espécies ameaçadas da Amazônia (fotos organizadas por seu**
15 **status na Lista Vermelha). Para incluem: mutum-pinima [*fasciolata*] *pinima*, Jacamim-**
16 **de-costas-escuras [*Psophio obscura*], o macaco capuchinho Caiarara Ka'apor, gavião-**
17 **real, a Onça-Pintada e a Queixada.**

18 Enquanto a conservação proativa precisa focar nas espécies amazônicas Criticamente
19 Ameaçadas e/ou com distribuição geográfica restrito, existem muitas outras que são
20 relevantes para a conservação que poderiam ser apoiadas por uma restauração em grande
21 escala. Isso inclui vertebrados grandes e carismáticos, como o quase ameaçado gavião-real,
22 a onça-pintada e o caititu (BirdLife International 2021, Lista Vermelha de Pássaros da
23 IUCN, Lista Vermelha 2020 da IUCN). Ainda que essas espécies também necessitem de
24 intervenções alternativas para reduzir a pressão de caça e a perseguição ao longo da bacia
25 (Seção 27), suas populações também poderiam se beneficiar de ações de restauração que
26 ajudem a reconectar florestas remanescentes e habitats importantes, como as florestas
27 inundadas. Ações que permitem a recuperação de florestas degradadas também serão
28 fundamentais, uma vez que aumentarão a disponibilidade de recursos essenciais, como
29 árvores frutíferas, vitais para espécies de grande alcance , como pecari-de-lábios-brancos,
30 ou uma base de presa viável para predadores de vértice como os gavião-real e a onça-
31 pintada.

Capítulo 29

1 As ações de restauração baseadas nas espécies da Amazônia precisam considerar os
2 diferentes tipos de habitat presentes no bioma. Alguns destes possuem uma biota distinta,
3 particularmente as florestas de areia branca (Guilherme *et al.* 2018), as florestas dominadas
4 por bambu no sudoeste da Amazônia (Kratler 1997) , as áreas de várzea e igapó
5 (Haugaasen e Peres 2007) , e os enclaves de savana (De Carvalho e Mustin 2017). Esses
6 ecossistemas são diversos e únicos por si só, e podem conter altos níveis de endemidade.
7 Alguns destes ecossistemas estão até rendendo novas descobertas de espécies - o quase
8 ameaçado canção-da-campina (*Cyanocorax hafferi*) foi descoberto apenas em 2002 e é
9 endêmico de enclaves de campina no em torno do interflúvio Madeira-Purus. É
10 reconhecido que o florestamento de áreas abertas - incluindo a expansão do óleo de palma
11 em áreas de savana - pode ter consequências negativas para a biodiversidade (Fernandes *et*
12 *al.* 2016), e por isso é vital que os esforços de restauração protejam a integridade das
13 savanas amazônicas e outros tipos de habitats únicos da região (Lees *et al.* 2014) .

14 **2.2. Conectividade funcional aprimorada dos sistemas fluviais**

15 Uma vantagem vital de uma abordagem baseada nas bacias é que a integridade dos sistemas
16 fluviais depende de um alto grau de conectividade espacial que opera em múltiplas
17 dimensões; isto é, longitudinalmente (montante-jusante), lateralmente (canais de rios-zonas
18 ribeirinhas-várzeas) e verticalmente (superfície-subsuperfície-águas subterrâneas) (Ward
19 1989; Castello and Macedo 2016) . Além disso, os fluxos sazonais e interanuais
20 representam uma quarta dimensão temporal de conectividade. O conceito de continuum do
21 rio (Vannote *et al.* 1980) e o conceito de pulso de inundação (Junk *et al.* 1989) , dois
22 paradigmas fundamentais que descrevem as estrutura e funções fluviais e das várzeas, têm
23 como premissa a importância das conectividades longitudinal e lateral como fatores
24 organizacionais centrais dos fluxo de energia, da cadeia alimentar e da dinâmica de
25 nutrientes de sistemas de águas correntes. Ecossistemas de água doce apresentam uma
26 dependência aguda de subsídios de materiais, nutrientes e organismos que se originam de
27 outras partes da paisagem e da paisagem ribeirinha, e os esforços de restauração precisam
28 garantir que essas transferências de materiais e organismos não sejam interrompidas por
29 barreiras (Freeman *et al.* 2003; Flecker *et al.* 2010). Da mesma forma, a manutenção do
30 fluxo natural (Poff *et al.* 1997) e dos regimes de sedimentos (Wohl *et al.* 2015) são

Capítulo 29

1 fundamentais para o funcionamento dos rios e várzeas. Por exemplo, os sedimentos que
2 constroem as várzeas da Amazônia são transportados por longas distâncias desde sua
3 origem nos Andes (McClain and Naiman 2008) . Assim, restaurar ecossistemas aquáticos a
4 estados mais naturais requer o suporte às ligações multidimensionais vitais encontradas em
5 cada bacia hidrográfica, bem como a permanência dos organismos presentes nestes
6 sistemas. Estes requisitos da restauração precisam englobar toda a rede hidrológica, desde
7 as cabeceiras dos rios até os seus canais principais.

8 **2.3. Benefícios climáticos de extensão global e dos biomas**

9 De acordo com o IPCC, adicionar até 24 milhões de hectares de floresta em todo o mundo a
10 cada ano até 2030 armazenaria cerca de um quarto do carbono atmosférico necessário para
11 limitar o aquecimento global a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (IPPC 2018). Assim,
12 a regeneração natural da floresta após sua remoção completa ou quase completa pode,
13 portanto, desempenhar um papel significativo na mitigação das mudanças climáticas.
14 (Chazdon *et al.* 2016a; Lewis *et al.* 2019; Cook-Patton *et al.* 2020). Por exemplo, os 2,4
15 Mha de florestas secundárias na América Latina tropical poderiam acumular um estoque
16 total de carbono acima do solo de 8,48 Pg C (petagramas de carbono) em 40 anos
17 (Chazdon *et al.* 2016b). Isto é equivalente ao total de emissões de carbono provenientes do
18 uso de combustíveis fósseis e dos processos industriais em toda a América Latina e Caribe
19 de 1993 a 2014 (Chazdon *et al.* 2016).

20 Nos locais onde a mitigação das mudanças climáticas é uma prioridade, a restauração será
21 mais eficaz em uma análise por hectare, se ocorrer onde as taxas de crescimento são mais
22 rápidas - o que geralmente ocorre nas regiões não sazonais e na Amazônia ocidental, onde
23 os solos são mais produtivos (Heinrich *et al.* 2021), e onde a intensidade de uso da terra
24 anterior era baixa. No entanto, até o momento, a maior parte do desmatamento ocorreu nas
25 regiões mais secas da Amazônia e, como resultado, a maioria das florestas secundárias (e
26 também a grande parte das oportunidades de restauração em larga escala) estão em regiões
27 que são sazonalmente secas, que sofreram de um uso mais intensivo da terra, e que
28 apresentam baixos níveis de cobertura florestal remanescente (Smith *et al.* 2020). Por
29 exemplo, as florestas secundárias na Amazônia brasileira têm uma precipitação média anual
30 de 1.945 mm, em comparação com a média regional de 2.224 mm, enquanto seu déficit

Capítulo 29

1 climático hídrico máximo médio é $-375,5$ mm em comparação com uma média regional de
2 -259 mm. Nas regiões mais secas e mais desmatadas, as taxas de acumulação de carbono
3 das florestas secundárias são algumas das mais baixas da Amazônia (Elias et al. 2020;
4 Heinrich et al. 2021). No entanto, isso não significa que essas regiões não devam ser
5 prioridade para a restauração, já que o crescimento lento é compensado pela maior
6 disponibilidade de terras e pelos menores custos de oportunidade de se conduzir a
7 restauração em terras agrícolas já degradadas que muitas vezes não são lucrativas (Garrett
8 et al. 2017). Além disso, a restauração florestal em áreas altamente desmatadas pode ser
9 mais importante para a biodiversidade e os benefícios climáticos: esses novos fragmentos
10 florestais podem atuar como habitat importante para as espécies, e o aumento da cobertura
11 florestal pode potencialmente aumentar as chuvas locais (ver seção X). A importância
12 dessas oportunidades de restauração é reconhecida dentro das metas de mudança climática -
13 por exemplo, o estado brasileiro do Pará pretende restaurar 5 milhões de hectares de
14 floresta como parte de seu “Plano Estadual Amazônia Agora”, ajudando-o a alcançar a
15 neutralidade de carbono até 2035 (Decreto Estadual do Pará 941/2020).

16 Fundamentalmente, a restauração pode contribuir para a integridade do próprio bioma,
17 aumentando sua resiliência às mudanças climáticas reduzindo a influência dos extremos
18 climáticos e evitando pontos de inflexão perigosos resultantes das mudanças no clima e no
19 uso da terra (Capítulo 23). Os benefícios climáticos da restauração terrestre também podem
20 ajudar a Amazônia a manter sua integridade hidrológica, com a evapotranspiração de
21 florestas restauradas contribuindo para a transferência de umidade leste-oeste. Isto poderia
22 contribuir para apoiar os ecossistemas aquáticos, garantindo a manutenção da dinâmica de
23 vazão fluvial em toda a bacia, e mesmo da transferência de nutrientes da água doce para as
24 várzeas e além. Restaurar o funcionamento hidrológico das bacias manteria um clima mais
25 úmido, ajudando a prevenir os incêndios florestais, que são um dos principais
26 determinantes de um ponto de inflexão abrupto (Nobre et al. 2016). No entanto, deve-se ter
27 cuidado para garantir que a restauração em si não torne as paisagens mais inflamáveis; por
28 exemplo, os sub-bosques das florestas secundárias tendem a ser mais quentes e secos
29 durante o dia do que as florestas primárias (Ray et al. 2005) e, dependendo dos sistemas
30 que elas substituem, possuem o potencial de facilitar a propagação de incêndios nas
31 paisagens.

Capítulo 29

1 2.4. Benefícios Sociais

2 A restauração de florestas e as atividades econômicas sustentáveis são grandes prioridades
3 para algumas das regiões mais desmatadas da Amazônia, uma vez que as fronteiras mais
4 antigas de desmatamento abrangem alguns dos municípios com os menores Índices de
5 Desenvolvimento Humano (IDH) (Rodrigues *et al.* 2009) . A transformação de terras
6 improdutivas em sistemas agrícolas ou agroflorestais produtivos e sustentáveis pode gerar
7 muitos benefícios econômicos e sociais diretos (Capítulo 30), além de muitos efeitos
8 indiretos da restauração que podem fornecer benefícios sociais para além dos produtores.
9 Por exemplo, os benefícios climáticos do aumento da cobertura florestal (por exemplo,
10 Alkama e Cescatti 2016) poderiam mitigar algumas das temperaturas mais altas associadas
11 às mudanças climáticas, favorecendo assim outras atividades econômicas em toda a
12 paisagem e aumentando o bem-estar. Alguns desses benefícios podem ser de considerável
13 importância econômica, como manter ou até reduzir a duração da estação seca permitiria a
14 continuação do sistema de 'cultivo duplo', que é vulnerável às mudanças climáticas (por
15 exemplo, Andrea *et al.* 2020). A restauração dos sistemas aquáticos não só melhorará o
16 acesso à água limpa, mas também poderá apoiar novas pescarias. A restauração da
17 paisagem pode também vir a ser uma ferramenta muito eficiente para a prevenção e
18 controle de incêndios, evitando os muitos custos sociais negativos do fogo (Capítulo 19).

19 A restauração também pode ter consequências políticas importantes, embora estas ainda
20 sejam pouco estudadas, especialmente em países em desenvolvimento (Blignaut *et al.*
21 2013). Muitos países amazônicos incluíram a restauração como parte de seu compromisso
22 do NDC com o Acordo de Paris, e vários países amazônicos (Peru, Bolívia, Equador,
23 Brasil) assumiram compromissos de restauração por meio de programas como a Iniciativa
24 20x20. A restauração ecológica, como todas as iniciativas políticas, precisa ser colocada
25 dentro do contexto das políticas públicas, negociando os custos de oportunidade entre
26 objetivos concorrentes e os diferentes círculos eleitorais, e a distribuição dos recursos
27 escassos entre as diferentes esferas sociais (ver Meadowcroft 2009). Como resultado, a
28 governança e a estrutura institucional tornam-se relevantes. Visto dessa perspectiva, as
29 negociações podem então se desenvolver em torno dos tipos de projetos de restauração a
30 serem implementados e os locais, e de quem tem a posse da terra depois (ver Chazdon *et al.*

Capítulo 29

1 2020). A restauração provavelmente será importante neste contexto, pois ela influencia
2 muitos aspectos de bem-estar almejados pelos políticos tomadores de decisão, desde os
3 produtos a serem colhidos dos ecossistemas restaurados, os benefícios para a saúde, como a
4 qualidade da água ou a exposição à poluição do ar e às altas temperaturas, a redução da
5 exposição a desastres naturais, como inundações, ou as melhorias no bem-estar devido à
6 melhoria do acesso aos sistemas naturais.

7 A recuperação de paisagens também gera valor adicional, como proteção do solo e da água,
8 regulação do microclima e bens. Essa mudança no valor político-econômico do território
9 pode gerar novos interesses, que podem alterar o equilíbrio de poder existente, os conflitos
10 e o uso de recursos naturais, bem como reduzir as desigualdades e melhorar os direitos de
11 posse da terra (Ding *et al.* 2017). Expandir a restauração passando do nível local ou de
12 projeto para a escala da paisagem requer um aumento no número de partes interessadas,
13 adicionando complexidade à governança que raramente corresponde a uma única unidade
14 política. Esta espacialização da governança não se trata de criar novas camadas de
15 estruturas políticas e administrativas, mas de identificar novos domínios institucionais para
16 que as partes interessadas se encontrem, negociem e co-criem as condições necessárias para
17 a restauração (van Oosten *et al.* 2021) . Além de garantir que os governos assumam
18 importantes responsabilidades constitucionais relacionadas à proteção ambiental e
19 acessibilidade (ver o Processo Legal sobre o Rio Atrato na Colômbia). Incorporar esses
20 benefícios na tomada de decisão política pode contribuir para angariar apoio a
21 implementação de restauração na bacia.

22 **3. ABORDAGENS DE PAISAGEM E BACIAS PARA A RESTAURAÇÃO E** 23 **CONSERVAÇÃO**

24 Uma vez que uma região tenha sido identificada como uma prioridade para restauração, as
25 abordagens territoriais e de bacias podem ajudar a garantir que as ações de restauração
26 sejam mais eficazes e proporcionem os maiores benefícios para a mais ampla gama de
27 partes interessadas. A escala dessas intervenções varia, mas é amplamente como "uma área
28 contígua, de tamanho intermediário entre uma 'ecorregião' e um 'local', com um conjunto
29 específico de características ecológicas, culturais e socioeconômicas distinto das áreas
30 vizinhas" (WWF 2004).

Capítulo 29

1 Na área de interesse, as abordagens territoriais visam "*fornecer ferramentas e conceitos de*
2 *distribuição e gerenciamento da terra para atingir os objetivos sociais, econômicos e*
3 *ambientais em áreas onde a agricultura, mineração e outros usos produtivos da terra*
4 *competem com a meta ambiental e de biodiversidade*" (Sayer *et al.* 2013) . Elas foram
5 redefinidas como "*abordagens integradas da paisagem*", refletindo a necessidade de se
6 reconciliar reivindicações múltiplas e conflitantes sobre o uso da terra e ajudar a estabelecer
7 territórios multifuncionais (Reed *et al.* 2016) . O termo abrange agora uma ampla gama de
8 abordagens (Reed *et al.* 2016), incluindo abordagens relacionadas à água, tais como o
9 manejo integrado de bacias hidrográficas (por ex. Shiferaw *et al.* 2008). Abordagens
10 específicas de restauração incluem a Restauração de Paisagens de Floresta (Ianni 2010),
11 que agora é promovido por diversas das principais ONGs ambientalistas, e desenvolvido
12 pela FAO como Mecanismo de Restauração da Paisagens e Florestas com o objetivo de
13 "*restaurar ambientes degradados por meio da identificação e implementação de práticas*
14 *que restauram o equilíbrio dos benefícios ecológicos, sociais e econômicos das florestas e*
15 *das árvores a partir de um padrão mais amplo de uso da terra*". A abordagem abrangente
16 da RTF permite que os tomadores de decisão considerem todos os componentes da
17 paisagem, da agricultura à restauração e silvicultura, e apoiem as decisões relativas à
18 sustentabilidade de longo prazo através do zoneamento econômico (Celentano *et al.* 2017).
19 Também exigem que se considere todos os ecossistemas presentes na região, apoiando a
20 restauração para além das florestas de *terra firme*, incluindo assim enclaves de savana e
21 florestas inundadas (Chazdon *et al.* 2020b; Ota *et al.* 2020; César *et al.* 2021).

22

23 Definir onde e como restaurar a partir da escala da bacia hidrográfica e da paisagem pode
24 ajudar em benefícios muito maiores do que as abordagens mais simples baseadas em
25 projetos locais. Descrevemos a seguir alguns dos principais benefícios do planejamento da
26 restauração de paisagens e bacias hidrográficas.

27 **3.1. Integrando sistemas aquáticos e terrestres**

28 Os sistemas terrestres e aquáticos são frequentemente considerados separadamente, mas
29 estão intrinsecamente ligados. Além disso, considerá-los conjuntamente pode gerar grandes

Capítulo 29

1 benefícios para a biodiversidade aquática sem nenhum custo para a biodiversidade terrestre
2 (Leal *et al.* 2020a) . Já foi estabelecido há bastante tempo que as zonas ribeirinhas podem
3 atuar como amortecedores para a retenção de sedimentos e nutrientes (Peterjohn e Correll
4 1984; Allan 2004; Saad *et al.* 2018; Luke *et al.* 2019), podem moderar extremos nas
5 temperaturas da água dos igarapés (Macedo *et al.* 2013) e são também importantes para a
6 biodiversidade em sistemas de igarapés e várzeas (Arantes *et al.* 2019; Dala-Corte *et al.*
7 2020) . No sudeste do Brasil, os esforços de modelagem usando o InVEST exploraram
8 diferentes estratégias de restauração ribeirinha que podem reduzir a perda de solo e a
9 exportação de sedimentos do rio através da filtragem de sedimentos antes que cheguem aos
10 igarapés (Saad *et al.* 2018) . Mesmo em paisagens agrícolas altamente modificadas, a
11 condição das zonas ribeirinhas pode influenciar fortemente a qualidade da água dos
12 igarapés por meio da retenção de nutrientes. Por exemplo, pesquisas na fronteira entre a
13 Amazônia e o Cerrado no estado de Mato Grosso destacam a capacidade da vegetação
14 funcionalmente diversa das margens para capturar e sequestrar nutrientes (Nóbrega *et al.*
15 2020). As concentrações de nutrientes (carbono orgânico, nitrogênio total, fósforo, cálcio e
16 potássio) no fluxo superficial proveniente das áreas de cultivo são substancialmente
17 maiores do que na mata ciliar próxima. Além disso, solos de mata ciliar intacta,
18 especialmente aqueles com uma biodiverso de plantas com variados sistemas radiculares,
19 apresentam propriedades que permitem melhor absorção de nutrientes, assim como a
20 degradação de nutrientes e poluentes à medida que os compostos viajam por zonas
21 hiporréicas . Com relação à temperatura dos igarapés, um estudo de 12 bacias hidrográficas
22 do alto Xingu relatou temperaturas mais altas da água em igarapés de pastagens e bacias
23 dominadas por soja, com temperaturas máximas diárias de 3-4°C mais altas do que em
24 bacias florestais (Macedo *et al.* 2013). Conjuntamente, esses estudos fornecem o racional
25 para se colocar um prêmio na restauração de matas ciliares e zonas ribeirinhas, para a
26 mitigação dos impactos na exportação de sedimentos, na química da água e nos regimes
27 térmicos.

28

29 A proteção das nascentes de água envolve um conjunto de práticas de gestão para proteger
30 a qualidade e a quantidade da água, especialmente no contexto do abastecimento de água
31 em áreas urbanas (Abell *et al.* 2019). Quando combinada com a proteção estratégica da

Capítulo 29

1 terra em bacias hidrográficas específicas, a restauração pode desempenhar um papel
2 importante na proteção das nascentes de água, por meio de atividades como revegetação,
3 restauração de mata ciliar, zonas de exclusão de pecuária e restauração de mangues. A
4 proteção das nascentes é uma estratégia de restauração fortemente promovida em partes dos
5 Andes amazônicos para melhorar a qualidade da água e preservar a biodiversidade
6 (Bottazzi *et al.* 2018). Nos Andes bolivianos, um programa conhecido como *Watershared*
7 constitui um esforço de Pagamento por Serviços Ecosistêmicos que paga fazendeiros e
8 proprietários de gado para prevenir a conversão da floresta e retirar o gado da mata ciliar,
9 tudo baseado na noção de que melhorar as condições das zonas ribeirinhas resulta em
10 resultados concretos para a qualidade e a quantidade de água disponível. A contaminação
11 da água potável pela bactéria *E. coli* é particularmente preocupante quando o gado pasta
12 livremente por igarapés, e o cercamento provou ser uma estratégia bem-sucedida para
13 reduzir os casos *per capita* de diarreia em seres humanos, ao evitar a entrada do gado
14 (Abell *et al.* 2017). Práticas semelhantes de retirada do gado associadas com o
15 reflorestamento da mata ciliar já foram implementadas em outros lugares, como nas terras
16 altas da Cordilheira dos Andes tropical para melhorar a qualidade da água e o
17 abastecimento de áreas urbanas (Goldman *et al.* 2010; Higgins e Zimmerling 2013).

18
19 Além da qualidade da água, o uso da terra modifica a magnitude e a variabilidade dos
20 fluxos dos rios. Embora estudos tenham analisado as alterações na vazão dos rios de acordo
21 com o desmatamento e a conversão de terras para agricultura intensiva nas bacias
22 hidrográficas da Amazônia (Hayhoe *et al.* 2011; Davidson *et al.* 2012; Dias *et al.* 2015;
23 Farinosi *et al.* 2019), houve poucas tentativas de rastrear as respostas do fluxo de riachos à
24 restauração terrestre e florestamento. Uma revisão sistemática de mais de 300 casos de
25 estudo em todo o mundo examinando os impactos da restauração florestal nos fluxos dos
26 riachos identificou que em quase dois terços dos casos relataram reduções nos fluxos de
27 base, e uma proporção ainda maior, quase 80%, observou diminuições na vazão anual de
28 água (Filoso *et al.* 2017). Da mesma forma, em uma análise das tendências temporais das
29 alterações de fluxo dos rios após o restabelecimento da floresta, as vazões anuais
30 frequentemente exibiram reduções substanciais mesmo após 25 anos, e foram
31 especialmente pronunciadas em bacias hidrográficas com alta precipitação anual (Bentley e

Capítulo 29

1 Coomes 2020). Em um estudo experimental da resposta hidrológica ao uso da terra e ao
2 florestamento nas terras altas do Páramo equatoriano, o balanço hídrico e as curvas de
3 duração das vazões foram comparados entre quatro cabeceiras de bacias pequenas
4 (Buytaert et al. 2007), incluindo uma florestada com pinheiro (*Pinus patula*), uma bacia
5 com pastagem de gado intensiva e cultivo de batata, e duas bacias com vegetação de
6 Páramo intacta. Os regimes de fluxo foram dramaticamente modificados na bacia
7 hidrográfica florestada, com severas reduções nas vazões de base e de pico. Embora a bacia
8 cultivada também tenha apresentado vazões alteradas, foram menos drásticas que as
9 observadas na bacia com pinheiros plantados. Esses resultados sugerem que, no planalto
10 andino, o florestamento por espécies de árvores não nativas usadas para reduzir a erosão
11 nas encostas pode resultar em diminuições significativas nos fluxos de base e o
12 comprometimento do abastecimento de água.

13

14 Embora os estudos até o momento sugiram que a restauração florestal possa reduzir a vazão
15 dos rios, esta é apenas uma das muitas variáveis de resposta relevantes e é improvável que
16 os resultados de zonas temperadas ou áridas sejam aplicáveis nos trópicos úmidos. Por
17 exemplo, um estudo em Madagascar mostra como a restauração florestal pode reduzir a
18 erosão e inundações relacionadas ao escoamento das chuvas (van Meerveld et al. 2021).
19 Em um estudo nas Filipinas, o aumento da infiltração com a restauração florestal mais do
20 que compensou as reduções no balanço hídrico provenientes de evapotranspiração,
21 acarretando um benefício líquido positivo de vazão hídrica (Zhang et al. 2019). A
22 restauração florestal também poderia apoiar o fluxo de vazão se ela provocar a redução nas
23 temperaturas do território e aumentar o volume de chuvas (ver Seções XX).

24 **3.2. Elevando a conectividade das paisagens e bacias para a biodiversidade**

25 A teoria da biogeografia da ilha tem sustentado a disciplina da ecologia da paisagem,
26 orientando muitas das evidências teóricas e empíricas sobre as consequências da
27 fragmentação do habitat. Existem longos debates acerca da importância relativa das
28 extensões dos habitats versus a fragmentação destes (alterações na configuração das
29 paisagens sem alterar as extensões dos habitats) (por exemplo, Fletcher et al. 2018; Fahrig
30 et al. 2019), mas um consenso crescente reconhece que, enquanto a extensão do habitat é o

Capítulo 29

1 fator mais importante, a sua configuração também é importante para as espécies em todo o
2 mundo (Arroyo-Rodríguez et al. 2020). Fundamentalmente, as espécies tropicais são
3 inerentemente mais sensíveis à fragmentação do que as espécies temperadas (Betts et al.
4 2019). Por exemplo, muitas aves de sub-bosque neotropicais têm uma capacidade de vôo
5 limitada a menos que algumas dezenas de metros (Moore et al. 2008) e evitam cruzar até
6 mesmo estradas pequenas (Lees e Peres 2009), tornando-as altamente vulneráveis às
7 atividades humanas que fragmentam o habitat em manchas separadas (Ferraz et al. 2003;
8 Lees e Peres 2006). Espécies de água doce são também susceptíveis às mudanças na
9 conectividade (Hurd et al. 2016), e os bagres da Amazônia demonstram ser a
10 metapopulação mais espacialmente expansiva das espécies de água doce do mundo (Hurd
11 et al., 2016). A baixa capacidade de dispersão é mais evidente sobre as escalas de tempo
12 evolutivas, visto que os rios têm sido as principais barreiras na evolução da diversidade da
13 Amazônia (Capítulo 3).

14 Dada a alta sensibilidade de muitas espécies amazônicas à fragmentação do habitat, a
15 restauração será mais eficaz se for implantada de uma forma que aumente o habitat e
16 mantenha ou melhore a conectividade entre fragmentos florestais remanescentes ou em
17 ambientes fluviais para garantir que a migração possa ocorrer e o fluxo gênico seja possível
18 entre as populações. Conjuntos mistos de estratégias de restauração podem melhorar
19 melhor ainda mais a conectividade entre fragmentos de qualidade superior. Os esforços de
20 restauração da vegetação podem criar corredores que incentivem o movimento entre os
21 últimos fragmentos de habitat remanescentes - tais estratégias têm se mostrado bem-
22 sucedidas para aumentar o tamanho da população e reduzir o nível de ameaça para espécies
23 como o mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*) na Mata Atlântica. Abordagens
24 semelhantes apoiariam os esforços de conservação para algumas das espécies Criticamente
25 Ameaçadas nas regiões mais desmatadas da Amazônia (Figura 1), inclusive na fronteira
26 Maranhão-Pará, Rondônia e nas regiões andinas. No entanto, o aumento da conectividade
27 nessas regiões só será eficaz se realizado em conjunto com medidas de conservação
28 complementares que protejam as últimas populações e os habitats remanescentes para essas
29 espécies (Capítulo 27).

30

Capítulo 29

1 Para algumas espécies, a conectividade pode ser aprimorada sem conectar fisicamente os
2 fragmentos apartados. Por exemplo, habitats de alta qualidade estarão funcionalmente
3 conectados se as espécies forem capazes de cruzar a “matriz” de não-habitat entre eles (por
4 exemplo, Lees e Peres, 2009). Esta permeabilidade da matriz agrícola pode ser influenciada
5 pela restauração: pastagens de gado e agricultura mecanizada representam matrizes muito
6 hostis, e mesmo árvores ocasionais (por exemplo, Rossi et al. 2016) ou sistemas
7 agroflorestais podem permitir que algumas espécies florestais se dispersem pelo território,
8 ligando populações de animais anteriormente isoladas e facilitando a dispersão de sementes
9 e a polinização das plantas. A conectividade ao longo do território - e os benefícios para os
10 sistemas aquáticos - também poderiam ser aumentados com a restauração de uma rede
11 completa de mata ciliar (Rossi, Jacques Garcia Alain Roques e Rousselet 2016; Kremen e
12 Merenlender 2018).

13 3.3. Benefícios Climáticos Locais

14 A cobertura florestal é reconhecida por influenciar o clima local, reduzindo as temperaturas
15 regionais e mantendo o nível de chuvas (GT 3). A restauração em regiões desmatadas pode
16 trazer benefícios importantes para o clima local e regional (Mendes e Prevedello 2020). Por
17 exemplo, estudos em todo o mundo mostram que podem ajudar a reduzir o efeito das ilhas
18 de calor urbanas se conduzidas em torno das cidades (Bhagwat et al. 2008) e podem reduzir
19 a ocorrência de altas temperaturas das águas dos rios (Hall et al. 2020). Há também
20 algumas evidências de que a configuração da cobertura florestal em uma paisagem pode
21 influenciar os benefícios climáticos da restauração, com padrões mais fragmentados, na
22 verdade, aumentando o volume de chuvas e maximizando as reduções na temperatura da
23 superfície terrestre (Mendes e Prevedello 2020). No entanto, há incerteza sobre como isso
24 ocorre em escala; um estudo de modelagem sugere que a precipitação aumenta em terras
25 agrícolas e diminui nas próprias florestas (Garcia-Carreras e Parker 2011), o que poderia
26 aumentar o risco de incêndios florestais e a vulnerabilidade às secas. Além disso, embora
27 uma configuração fragmentada possa reduzir a temperatura da área desmatada, também é
28 provável que aumente as temperaturas do sub-bosque nas florestas remanescentes,
29 contribuindo para uma estiagem mais rápida e aumentando o risco de incêndios. Os

Capítulo 29

1 benefícios climáticos locais de restaurar florestas em uma configuração particular requerem
2 estudos adicionais.

3 **3.4. Reduzindo os riscos de desastres socioambientais**

4 A restauração no nível da paisagem ou da bacia hidrográfica pode ser usada para reduzir o
5 risco de eventos que são prejudiciais para os povos e a natureza da Amazônia. Os incêndios
6 florestais em áreas livres são uma ameaça crescente para a Amazônia (WG8), e a
7 restauração direcionada pode ser parte da solução. Ao influenciar a temperatura e a
8 umidade (seção 2.3), a restauração no nível da paisagem pode tornar os combustíveis
9 presentes no solo da floresta menos inflamáveis, aumentando a umidade e reduzindo as
10 temperaturas. A restauração também pode ser usada para 'proteger' as bordas de floresta
11 primária, criando aceiros verdes; embora não tenhamos conhecimento de nenhuma pesquisa
12 sobre isso, acreditamos que esses aceiros podem ter duas funções complementares. Em
13 primeiro lugar, as bordas de floresta primária são mais secas e quentes do que o interior da
14 floresta, o que contribui para que sejam frequentemente degradadas devido à incursão do
15 fogo (Silva Junior et al. 2020) ; a restauração de cobertura vegetal fechada ao longo de
16 florestas primárias ajudaria a proteger essas bordas florestais do microclima quente da
17 matriz agrícola, tornando-as menos inflamáveis, e poderia ajudar a suprimir gramíneas
18 pirofíticas que ajudam a espalhar incêndios. Em segundo lugar, a restauração ao longo de
19 florestas primárias ajudaria a isolar essas florestas de áreas mais abertas onde as fontes de
20 ignição prevalecem. Enquanto o uso desses 'aceiros verdes' ainda permanece não testados
21 no contexto amazônico, o projeto Abraço Verde na Mata Atlântica fornece uma visão
22 interessante sobre a viabilidade de longo prazo de projetos que usam amortecedores
23 agroflorestais para proteger bordas florestais (Chazdon et al. 2020a). Mais pesquisas são
24 necessárias para avaliar a eficácia dos aceiros verdes na Amazônia, incluindo a
25 compreensão das larguras ideais e de quais medidas ativas de restauração (plantio de
26 árvores ou enriquecimento) são necessárias para maximizar outros benefícios (por exemplo,
27 retornos econômicos). Também será importante minimizar os riscos para as áreas
28 restauradas, como as florestas secundárias, possam se tornar 'pavios', ajudando a conduzir o
29 fogo em toda a paisagem (por exemplo (Ray et al. 2005).

Capítulo 29

1 A restauração em escala de bacia também pode ajudar a mitigar o risco de inundações, que
2 são agravados pelo desmatamento (Bradshaw et al. 2007). As evidências da China sugerem
3 que as árvores de folhagem mais larga são especialmente eficazes (Tembata et al 2020),
4 lançando dúvidas sobre a capacidade das plantações de dendezeiros ou outras espécies
5 plantadas em baixas densidades para a mitigação de inundações. Os modelos sugerem que a
6 restauração de sub-bacias das matas ciliares é provavelmente um dos mecanismos mais
7 eficazes para reduzir as inundações, com a restauração de 10-15% da bacia reduzindo a
8 magnitude do pico de inundação em 6% após 25 anos (Dixon et al . 2016) .

9 **3.5. Atingindo objetivos múltiplos e otimizando benefícios**

10 A escala da paisagem ou da bacia hidrográfica é frequentemente considerada a mais
11 apropriada para considerar os diferentes usos da terra e funções do ecossistema, atender
12 diferentes necessidades e considerar custos de oportunidade, e alcançar vários
13 benefícios (Reed *et al.* 2016) . Primeiro, indo além do gerenciamento e planejamento de
14 projetos locais específicos, o nível da paisagem ou da bacia permite à restauração o uso de
15 técnicas de otimização para quantificar os *trade-offs* ou as complementaridades entre os
16 diferentes alvos de restauração. Tais abordagens estão ajudando a priorização da
17 restauração em todo o mundo (Estrasburgo *et al.* 2020), e podem permitir que as ações de
18 restauração atinjam uma gama de benefícios mais ampla enquanto minimiza as perdas de
19 cada uma (Stanturf *et al.* 2015) . Por exemplo, na Amazônia , a otimização mostrou
20 a complementaridade entre a biodiversidade e as metas de armazenamento de carbono,
21 destacando os grandes ganhos que podem ser obtidos para a conservação da biodiversidade
22 com reduções muito pequenas no armazenamento de carbono (Ferreira *et al.* 2018) .

23 Com tantos co-benefícios potenciais de restauração, é vital que estes sejam considerados
24 como parte de um processo de planejamento integrado com plena consideração dos
25 processos existentes nas paisagens e bacias (Reed *et al.* 2019) . Por exemplo, restauração
26 peri-urbanas que visam proporcionar benefícios climáticos para as cidades podem também
27 fornecer benefícios sociais importantes se as espécies plantadas fornecerem frutas ou outros
28 produtos que são consumidos localmente. Da mesma forma, a restauração voltada para a
29 conservação terrestre também poderia apoiar a biodiversidade aquática, sem qualquer custo
30 para os objetivos de conservação terrestre (Leal *et al.* 2020a).

Capítulo 29

1 O planejamento além de áreas específicas também permite que a restauração considere e
2 compare os benefícios relativos de um conjunto completo de intervenções, ajudando a
3 garantir que os esforços sejam reinvestidos nas medidas mais eficazes. Por exemplo, o
4 planejamento na escala de território é essencial para decidir quando e onde adotar a
5 restauração ativa ou passiva de florestas secundárias, ou se as estratégias devem ser
6 direcionadas ao reflorestamento ou focar em medidas alternativas, como evitar a
7 degradação das florestas existentes ou promover a recuperação econômica em terras
8 degradadas. O trabalho sobre alternativas de restauração na Amazônia oriental está
9 endereçando essas questões e demonstra que evitar a degradação nas florestas existentes
10 pode ser uma abordagem econômica para conservar o carbono e a biodiversidade.

11 **4. ENCORAJANDO UMA TRANSIÇÃO FLORESTAL MAIS AMPLA**

12 A perda e o ganho de floresta em toda a Amazônia podem ser vistos em termos de uma
13 transição florestal. O termo transição florestal, introduzido por Mather (1992), refere-se a
14 uma mudança na cobertura florestal (seja encolhimento ou expansão) em uma determinada
15 área (paisagem, região ou nacional) e em um período no tempo. Esse processo
16 normalmente apresenta três períodos principais. Primeiro inicia-se uma fase de
17 desmatamento intensivo devido à conversão da floresta em terras agrícolas e pastagens,
18 seguida por um ganho líquido de área florestal por meio de ações de reflorestamento e
19 restauração, bem como de regeneração natural passiva. A terceira e última fase é uma fase
20 de estabilização com uma área de cobertura florestal constante. Europa e América do Norte
21 e, mais recentemente, alguns países tropicais, já passaram por sua transição florestal e
22 têm registrado um aumento da cobertura florestal constante (Mather
23 1992) (Meyfroidt e Lambin, 2010).

24
25 Na maioria dos países onde ocorreu uma transição florestal, as novas florestas são muito
26 diferentes em estrutura, composição e função. Embora as espécies generalistas possam se
27 beneficiar, essas novas florestas não fornecem benefícios de conservação para as espécies
28 especializadas restritas a sistemas de crescimento antigo (Wilson *et al.* 2017; Lees *et*
29 *al.* 2020). Além disso, avaliações das transições florestais requerem uma compreensão
30 acerca do comércio global e do transbordamento. O melhor desempenho ambiental e a

Capítulo 29

1 expansão da cobertura florestal em países mais desenvolvidos podem ter ocorrido ao custo
2 da destruição ambiental em outros lugares, normalmente no Sul Global (Lees *et al.*
3 2020). Isso também pode ocorrer dentro de regiões e ecossistemas; dentro de um contexto
4 amazônico, deve-se tomar cuidado para garantir que as atividades de conservação e
5 restauração em uma área não empurrem simplesmente pressões sociais e ambientais para
6 outros lugares, seja de uma região para outra na própria Amazônia, ou da Amazônia para
7 outros ecossistemas (por exemplo, de Waroux *et al.* 2016).

8
9 Embora uma transição florestal possa ocorrer naturalmente na Amazônia, ainda não é o
10 caso, já que as regiões mais desmatadas da bacia não registram um aumento na cobertura
11 florestal desde 1997 (Smith *et al.* 2021) . Porém, ações que evitem a perda e estimulem o
12 ganho são fundamentais para a bacia como um todo: a floresta amazônica gera
13 aproximadamente um terço de suas próprias chuvas (Staal *et al.* 2018) , e o desmatamento
14 excessivo pode ter enormes consequências ambientais, principalmente nos regimes de
15 precipitação, e, conseqüentemente, na capacidade de sobrevivência da floresta
16 remanescente (Nobre *et al.* 1991; Oyama e Nobre 2003; Hutyra *et al.* 2005; Sampaio *et*
17 *al.* 2007) , com estimativas de ponto de inflexão variando de 20-25% (Lovejoy e Nobre
18 2018) até 40% do nível de desmatamento (Sampaio *et al.* 2007) . Além disso, se o
19 desmatamento ultrapassar esses limites estimados, o próprio reflorestamento
20 natural também pode vir a ser prejudicado pelas condições climáticas desfavoráveis (por
21 exemplo, Elias *et al.* 2020) .

22
23 Como a restauração pode mitigar a fase de perdas da transição da floresta amazônica? Uma
24 alternativa que poderia ajudar é se a restauração fosse parcialmente voltada para a produção
25 de madeira, o que aliviaria a pressão sobre as florestas naturais que ainda são a principal
26 fonte de madeira da região. Durante os últimos 50 anos da colonização recente da
27 Amazônia, florestas naturais foram extraídas seletivamente e 108 Mha de floresta (20% da
28 área florestal total) são explorados para a produção de madeira (Food and Agriculture
29 Organization of the United Nations and International Tropical Timber Organization
30 2011) .

31

Capítulo 29

1 Há muitas razões pelas quais seria benéfico substituir a produção de madeira das florestas
2 naturais por plantações de madeira em áreas degradadas. Em primeiro lugar, embora as
3 práticas de manejo florestal sustentável sejam consideradas uma ferramenta potencial para
4 a conservação da floresta amazônica (Putz *et al.* 2008; Edwards *et al.* 2014) e forneçam
5 renda e empregos (Putz *et al.* 2012), a produção natural de madeira em si é insustentável
6 com as condições atuais de intensidade de extração e duração dos ciclos de rotação (Sist *et*
7 *al.* 2021). Na Amazônia, as normas para a extração seletiva de madeira normalmente
8 estabelecem um ciclo de rotação de 20 a 35 anos com uma intensidade de extração variando
9 de 15 a 30m³/ha (Sist *et al.* 2021). Vários estudos mostraram que, sob tais regimes de
10 exploração, menos de 50% da madeira extraída pode ser recuperada dentro desse período
11 de rotação (Schulze 2003; Sist e Ferreira 2007; Putz *et al.* 2012). Um estudo recente
12 simulando a recuperação de madeira em toda a região confirmou este resultado e mostrou
13 que mesmo sob longa rotação de 65 anos e uma intensidade de extração de 20m³/ha, a
14 recuperação de madeira seria de apenas 70% (Piponiot *et al.* 2019a) . Isso significa que, de
15 acordo com os regulamentos atuais de exploração madeireira, as florestas naturais da
16 Amazônia por si só não serão capazes de suprir a demanda de madeira do mercado no
17 longo prazo (ou seja, já na segunda rotação, daqui a 30 anos). Em segundo lugar, a extração
18 de madeira em florestas naturais gera baixos retornos quando realizada utilizando as
19 melhores práticas (Putz *et al.* 2008). Terceiro, embora seja muito melhor do que usos não-
20 florestais das terras para a conservação e o armazenamento de carbono, a maioria das
21 práticas de extração de madeira na Amazônia continua sendo ilegal (Brançalion *et*
22 *al.* 2018) gerando grandes danos à preservação. Essas práticas abrem as florestas, tornando-
23 as mais acessíveis à caça (Peres 2001) e mais vulneráveis aos incêndios
24 florestais (Holdsworth e Uhl 1997). Finalmente, a extração ilegal de madeira continua a
25 ameaçar a lucratividade financeira do manejo aprimorado das florestas tropicais.

26

27 Se o reflorestamento fosse usado para atender parte da demanda por madeira, poderia
28 diminuir a pressão sobre as florestas naturais de produção - permitindo que áreas maiores
29 fossem reservadas para conservação e permitindo um manejo de menor intensidade das
30 áreas de produção. Também permitirá a promoção para mercados específicos e usos de
31 madeira proveniente de florestas naturais com preços mais elevados do que a madeira de

Capítulo 29

1 fazendas. Este novo mercado de madeira extraída de florestas naturais deve levar em
2 consideração as propriedades específicas das madeiras naturais mais velhas, os custos das
3 práticas de manejo florestal sustentável e, finalmente, os serviços ambientais fornecidos por
4 florestas naturais bem manejadas. A extração seletiva poderia ser sustentável se adotasse
5 ciclos de corte muito mais longos (65 anos) e através da redução da intensidade de
6 extração (10m³/ha em vez dos 20m³/ha atuais) e dos danos incidentais à preservação por
7 meio de técnicas de baixo impacto (Piponiot *et al.* 2019b; Sist *et al.* 2021). Ainda que
8 intervenções silviculturais pós-extrativas (por exemplo, corte de cipós, futura liberação de
9 árvores de cultivo e plantio de enriquecimento) possam ser promovidas para melhorar os
10 rendimentos comerciais de espécies comercializáveis, tais práticas podem não ser
11 suficientes para atender à crescente demanda por produtos madeireiros no longo
12 prazo. Fontes adicionais de madeira, como plantações de espécies exóticas ou nativas,
13 florestas secundárias enriquecidas ou degradadas, sistemas integrados de lavoura-pecuária-
14 florestas e outros sistemas agroflorestais podem ser implementados em programas de
15 restauração florestal como parte da Iniciativa de Bonn (Lamb *et al.* 2005). O crescente
16 interesse na restauração das florestas tropicais, cristalizado pelo desafio Bonn em 2011, é
17 uma oportunidade única para iniciar essa transição florestal, promovendo a restauração de
18 fazendas de madeira economicamente viáveis em áreas desmatadas da Amazônia e
19 incentivando a gestão de florestas secundárias regenerativas em terras abandonadas pela
20 agricultura (Ngo Bieng *et al.* 2021). No entanto, o sucesso de qualquer programa de
21 transição florestal depende principalmente da aplicação da lei florestal, lutando contra a
22 extração ilegal de madeira e promovendo práticas silviculturais sustentáveis.

23 A teoria das transições florestais concentra-se na parte terrestre da paisagem, mas como
24 seria uma transição aquática? Na Amazônia, evitar os piores resultados para os sistemas
25 aquáticos exigirá que se impeça novas construções das barragens mais prejudiciais ao
26 ambiente, evitando a mudança no uso da terra e regulamentando o uso de agroquímicos
27 donosos - os quais poderiam ser apoiados em fontes alternativas de energia, nas novas
28 bioeconomias e no incentivo às melhores práticas agrícolas. Dentro da zona aquática em si,
29 como discutido no Capítulos 20 e 30, a pesca predatória pode ser atenuada através da
30 implementação, do estímulo e do fortalecimento de sistemas de cogestão em grandes
31 áreas. Melhorar a situação das populações de peixes também beneficiaria alguns processos

Capítulo 29

1 ecológicos importantes em sistemas de várzea, já que algumas das espécies que têm sofrido
2 com as pressões da pesca excessiva, como o tambaqui (Tregidgo *et al.* 2017), são
3 responsáveis por processos ecossistêmicos importantes (Costa-Pereira *et al.* 2018).

4 A aquicultura também representa uma alternativa complementar para reduzir a pressão sob
5 recursos da pesca. Práticas sustentáveis de pesca e aquicultura também podem reduzir a
6 demanda por proteínas como a carne bovina, que requer muito mais terras por quilo de
7 proteína, mesmo quando os insumos são considerados (Piva Da Silva 2017) . Apesar do
8 potencial do ambiente aquático para apoiar a contenção dos problemas de superexploração,
9 muitas questões ainda requerem mais análise e investigação, como, por exemplo, se
10 o fornecimento de peixes de cativeiro aliviará as pressões sobre os estoques pesqueiros
11 naturais, ou se os muitos riscos da aquicultura (aumento da carga de nutrientes, riscos sobre
12 introdução de espécies, aumento da demanda por populações naturais de peixes ou as
13 culturas agrícolas como fonte de alimento para a criação de peixes) podem ser gerenciados.

14 **5. GARANTINDO BENEFÍCIOS SOCIAIS MAIS ABRANGENTES A PARTIR DA** 15 **RESTAURAÇÃO**

16 A restauração existe dentro de um contexto social, e, portanto, produz as condições
17 ambientais que não só devem ser ecologicamente corretas, mas também economicamente
18 viáveis e socialmente aceitáveis. Enquanto o objetivo principal da restauração é ambiental,
19 ela é guiada por expectativas e valores culturais que determinam os objetivos definidos para
20 a restauração e os parâmetros sobre os quais os projetos são considerados bem-
21 sucedidos (de Bell *et al.* 2020) ; e pode ser determinada pela percepção das pessoas sobre a
22 paisagem como lugar de tradições, memórias, mitos e histórias. A restauração pode,
23 portanto, resultar em pessoas se sentindo alienadas ou desconectadas a um cenário outrora
24 familiar. Sendo aplicada à restauração de ecossistemas na Amazônia, isto implica que há
25 um valor inerente em se proteger e restaurar a natureza.

26

27 Um estudo recente mostrou que quase 300 milhões de pessoas nos trópicos vivem em terras
28 adequadas para restauração florestal e cerca de um bilhão de pessoas vivem em um raio
29 de 8 km dessas terras (Erbaugh *et al.* 2020). Muitas dessas pessoas vivem na
30 pobreza. Dados os desafios implícitos para restaurar sistemas complexos e estocásticos, a

Capítulo 29

1 restauração da paisagem tem um potencial considerável para incluir as populações locais e
2 aprimorar os meios de subsistência locais a longo prazo (Palmer *et al.* 2005; Reed 2008;
3 Lee e Hancock 2011; Erbaugh *et al.* 2020). O engajamento de uma gama diversificada de
4 atores interessados do setor público, privado e da sociedade civil, e a construção e a
5 manutenção destas coalizões de apoio para a restauração é imperativo. Quando feito desta
6 forma, a restauração pode aumentar o bem-estar, através da venda de produtos florestais, do
7 aumento na oferta de alimentos, da melhora da segurança hídrica e da promoção
8 da diversidade de valores culturais que as populações inserem nas paisagens (Aronson e
9 Alexander 2013; Sabogal *et al.* 2015; Brancalion e Chazdon 2017; Stanturf *et al.* 2019). Na
10 maioria dos casos, isso requer pensar além do local específico que está sendo restaurado,
11 considerando os benefícios mais amplos na escala da paisagem: está bem documentado que
12 o sucesso da FLR requer o empoderamento e a capacitação das comunidades locais e seu
13 envolvimento na tomada de decisões processar. Por exemplo, na Colômbia, a restauração
14 está ajudando na geração de renda a longo prazo, permitindo que comunidades e indivíduos
15 possam planejar com antecedência os investimentos futuros, e tem apoiado a promoção de
16 mensagens como 'as árvores plantadas hoje geram renda para pagar pela educação de seus
17 filhos'.

18
19 Em conjunto com os benefícios das paisagens restauradas para o clima e a biodiversidade, a
20 restauração pode influenciar a probabilidade, a viabilidade e as possibilidades de sucesso
21 dos esforços de restauração. Em tais cenários, regimes de posse e direitos de propriedade
22 conflitantes podem complicar as coisas, especialmente se houver vários proprietários de
23 terras, públicos e/ou privados. Embora a regularização fundiária não seja essencial para a
24 restauração, a insegurança da propriedade foi citada como um desincentivo para o
25 investimento na restauração (Fortmann e Bruce, 1991; Cotula e Mayers, 2009). Da mesma
26 forma, a restauração da paisagem pode, por sua vez, influenciar positivamente a posse e os
27 direitos à terra para muitas comunidades locais e indígenas e proprietários de terras, onde a
28 restituição da vegetação ao território pode dar-lhes o direito à propriedade legal das
29 terras. Também pode aumentar a renda familiar, as oportunidades de emprego e a
30 resiliência da comunidade (Adams *et al.* 2016; Erbaugh e Oldekop 2018). Embora fora do
31 escopo deste estudo, as terras reflorestadas na Mata Atlântica brasileira criaram mais de

Capítulo 29

1 200 empregos relacionados à coleta de sementes nativas, produção de mudas, plantio,
2 manutenção e fabricação posterior de produtos madeireiros e não madeireiros (Calmon *et*
3 *al.* 2011), bem como oportunidades emergentes de inovações derivadas da
4 biodiversidade. Usar espécies nativas para restaurar uma paisagem é frequentemente
5 associado a um julgamento positivo de valor. Assim, a restauração não é apenas um esforço
6 em tecnologia, mas também imbuída de considerações sobre valores, e um potencial de
7 restauração semelhante pode ser realizado em toda a Amazônia.

8 Recuperar o título e a autoridade sobre as terras restauradas também traz benefícios para a
9 saúde de muitos povos indígenas e marginalizados. O bem-estar abrange muito mais do que
10 a capacidade financeira e os indicadores de saúde podem ser categorizados em benefícios
11 materiais (comida, água, moradia, segurança), sociais (identidade, pertencimento e
12 autoestima) e espirituais/culturais (relacionados a lugares sagrados, animais de valor
13 ancestral e artefatos, crenças, costumes e linguagens) (Hiemstra *et al.* 2014). Além disso,
14 a poluição muitas vezes afeta a saúde das pessoas, e os esforços para remediar e restaurar
15 devem considerar uma abordagem ampla que inclua o bem-estar físico e mental. Isso é
16 particularmente relevante para a poluição provocada pelo petróleo e pela mineração, que
17 tiveram efeitos diretos sobre comunidades indígenas e marginalizadas na Amazônia (ver
18 Capítulo 20). É vital que todos os custos sociais e ecológicos da mineração sejam
19 considerados nas decisões sobre onde e quando ela ocorre.

20

21 Restaurar paisagens degradadas também pode oferecer um meio de restaurar a
22 conectividade das paisagens, reconstruir comunidades e descentralizar instituições
23 governamentais. Por exemplo, cerca de 6.000 indígenas residem no Parque
24 Indígena do Xingu no Brasil, com outras comunidades habitando o coração da bacia em
25 reservas extrativistas a jusante da Terra do Meio que foram afetadas negativamente por
26 mudanças na quantidade e qualidade da água que percorre suas terras (Schwartzman *et*
27 *al.* 2013). Por meio da restauração das matas ciliares ao redor das nascentes e ao longo de
28 todos os cursos d'água que drenam para o Parque Indígena do Xingu, evitou-se que o
29 escoamento de lavouras e pastagens contaminasse os corpos d'água (Sanches *et al.*,
30 2012; Schiesari *et al.* 2013), com a recuperação de 50 km² de florestas nas cabeceiras do
31 Rio Xingu (Schmidt *et al.* 2019) .

Quadro 1. A Rede de Sementes do Xingu como uma colaboração social-ecológica

No exemplo acima, para reduzir os custos de restauração, ações coletivas envolvendo proprietários privados e comunidades locais e indígenas foram galvanizadas (Futemma et al., 2002; Tucker, 2010; Urzedo et al., 2016; Schmidt et al., 2019). Isso é importante porque muitos representantes públicos nem sempre reconhecem a importância da paisagem para as comunidades locais e indígenas em termos de segurança alimentar, renda, nutrição, emprego, fontes de energia e bem-estar. O princípio do envolvimento social na restauração levou à criação da Rede de Sementes do Xingu que envolve a coleta de sementes a partir de conhecimentos tradicionais e promove a economia da floresta por meio da geração de renda. Essa iniciativa abrange 568 catadores de 16 municípios do estado de Mato Grosso, distribuídos em 20 aldeias indígenas e 14 assentamentos de reforma agrária, totalizando 2.564 ha em restauração com mais de 300 proprietários envolvidos, gerando US\$ 380.000 (Durigan et al 2013, Urzedo et al., 2016; Schmidt et al., 2019). Ao restaurar paisagens degradadas, oferece novas oportunidades para a construção de relacionamentos entre proprietários de terras privadas e comunidades e/ou entre comunidades e governos, com base na colaboração ao invés de confronto. Embora esse progresso seja frequentemente lento no nível da paisagem, em parte devido a atitudes arraigadas na burocracia pública, ele oferece mudanças potenciais significativas nas atitudes e nas relações de trabalho que podem levar à evolução das políticas socioecológicas (WG11)

1

2 **6. A RESILIÊNCIA CLIMÁTICA DAS ALTERNATIVAS DE RESTAURAÇÃO**

3 Restaurar ecossistemas no contexto das mudanças climáticas requer a compreensão de
4 quando é melhor para a reconstrução de ecossistemas passados e quando é melhor para
5 tentar construir ecossistemas resilientes para o futuro (Harris *et al.* 2006) . Determinar onde
6 as referências históricas são viáveis e onde referências alternativas devem ser consideradas
7 depende das especificidades do local e está associado com as mudanças projetadas (Jackson
8 e Hobbs 2009). Consideramos essas questões em sistemas terrestres e aquáticos.

Capítulo 29

1 **6.1. Resiliência climática da restauração terrestre**

2 A As florestas primárias da Amazônia são afetadas por mudanças climáticas e extremos
3 climáticos, resultando em aumento da mortalidade de árvores individuais (Phillips *et*
4 *al.* 2009; McDowell *et al.* 2018) e mudanças na composição de espécies (Esquivel-
5 Muelbert *et al.* 2019) (ver também Capítulo 23), além de vários estudos mostrarem fortes
6 associações entre a mortalidade de árvores e mudanças climáticas como o aumento da
7 intensidade e da duração da estação seca (Aleixo *et al.*, 2019a ; Adams *et al.* 2017) e as
8 temperaturas mais quentes (Sullivan *et al.*, 2020 ; Allen *et al.* 2010). Mas e em relação à
9 sensibilidade das florestas secundárias? Aqui, delineamos cinco linhas de evidência
10 sugerindo que eles podem ser particularmente sensíveis às mudanças climáticas.

11 A primeiro é espacial, florestas secundárias podem ser especialmente vulneráveis às
12 mudanças climáticas em curso, visto que estão localizadas principalmente nas partes mais
13 secas e sazonais da Amazônia, onde o desmatamento tem predominado (Smith *et al.* ;
14 2020). A segunda é fisiológica; florestas secundárias são dominadas árvores de crescimento
15 rápido e com baixa densidade de madeira (Berenguer *et al.* 2018) ou têm grandes folhas
16 finas que não conservam água, e estes podem ser particularmente vulneráveis à seca por
17 cavitação ou escassez de carbono (Phillips *et al.* 2009; McDowell *et al.* 2018; Aleixo *et*
18 *al.* 2019b) . A terceira linha de evidência é empírica; foi demonstrado que as florestas
19 secundárias monitoradas ao longo do tempo têm taxas significativamente mais baixas de
20 acúmulo de carbono durante os períodos mais secos (Elias *et al.* 2020). Isso é em parte
21 impulsionado pela mortalidade: vários estudos em florestas primárias e
22 secundárias registraram maior mortalidade de árvores após eventos climáticos extremos
23 globais associados com a oscilação atlântica El Niño/La Niña (NAO) na Amazônia em
24 2005 e 2016 (Chazdon *et al.*, 2005 ; Philips *et al.*, 2009; Leitold *et al.*, 2018) . No entanto,
25 em florestas secundárias, também é impulsionado pelo crescimento reduzido (Elias *et al.*
26 2020). A quarta razão está relacionada à estrutura e o microclima; as baixas copas das
27 árvores e as altas taxas de renovação do caule em florestas secundárias significam que eles
28 têm temperaturas mais altas e níveis de umidade mais baixos em seus sub-bosques (Ray *et*
29 *al.* 2005), tornando-os mais vulneráveis a condições climáticas extremas, bem como a
30 eventos de fogo (Uriarte *et al.* 2016). Finalmente, embora muitas árvores da floresta
31 primária sejam conhecidas por terem um enraizamento muito profundo (Nepstad), isso

Capítulo 29

1 parece menos provável em florestas secundárias onde os tamanhos médios dos caules são
2 muito mais baixos. É notável que as mudas são mais vulneráveis à seca em florestas
3 perturbadas em Bornéu, e que as secas também empurram a composição comunitária de
4 volta para os pioneiros ruderais (Qie *et al.* 2019) .

5 Essa sensibilidade elevada às mudanças climáticas poderia ser compensada se os gradientes
6 existentes na intensidade da estação seca e na chuva impulsionassem as adaptações a uma
7 maior sensibilidade à seca ou ao calor. Em primeiro lugar, pode ser que os gradientes
8 existentes na intensidade da estação seca e nas chuvas tenham levado a adaptações de
9 espécies que inferem maior sensibilidade à seca ou ao calor nas partes mais secas e quentes
10 da Amazônia. As florestas primárias estão respondendo às mudanças climáticas por meio
11 de mudanças na composição das espécies (Esquivel-Muelbert *et al.* 2018), e a rápida
12 renovação das florestas secundárias e a alta capacidade de dispersão das espécies pioneiras
13 podem facilitar essas mudanças nas florestas secundárias que estão funcionalmente
14 conectadas ao resto da floresta na região. Como tal, uma possibilidade é que florestas
15 secundárias resilientes à seca surjam no futuro, talvez se assemelhando à composição de
16 espécies e trajetórias sucessórias encontradas em florestas secas tropicais em regeneração,
17 onde os estágios iniciais da sucessão florestal são dominados por espécies com
18 características tolerantes à seca (por exemplo Lohbeck *et al.* 2013). Onde as florestas são
19 incapazes de mudar naturalmente, ou onde uma taxa mais rápida de mudança é desejada, o
20 plantio de enriquecimento pode ajudar a estimular espécies com características que são
21 mais bem adaptadas ao estresse térmico de estações secas mais longas. O desbaste de
22 trepadeiras e a consequente liberação pode fornecer suporte adicional (Philipson *et*
23 *al.* 2020), embora as evidências de Bornéu sugiram que os benefícios do corte de cipós
24 podem ser reduzidos durante secas extremas (O'Brien *et al.* 2019). Finalmente, a
25 restauração na escala da paisagem pode ajudar manter um clima regional mais fresco e
26 úmido (ver Seção 23)

27 A seca não é a única causa de mortalidade. Aleixo *et al.* (2019) mostrou que as árvores
28 morreram mais frequentemente durante os meses úmidos do que nos anos de seca, e as
29 chuvas e tempestades que ocorrem durante a transição das estações seca para chuvosa na
30 Amazônia podem ser a principal causa da mortalidade de árvores durante os meses mais
31 chuvosos (Negrón-Juárez *et al.* 2010) . A restauração florestal também é altamente

Capítulo 29

1 susceptível ao fogo, que pode segurar os processos de sucessão em terra firme (por
2 exemplo, Berenguer *et al.*, 2018; Heinrich *et al.* 2021) e em florestas inundadas (Flores *et*
3 *al.* 2017). Como incêndios florestais de grande escala estão fortemente ligados a secas
4 extremas (Capítulo 19), as atividades de restauração florestal precisam ser alinhadas com as
5 ações que reduzem a inflamabilidade da paisagem e apoiem a capacidade dos agricultores
6 de controlar os focos de incêndio.

7 **6.2. Resiliência climática da restauração aquática**

8 Efeitos hidrológicos das mudanças climáticas potencialmente têm um impacto mais forte na
9 Amazônia do que em outras regiões da América do Sul (Brêda *et al.* 2020). Notadamente,
10 as incertezas na restauração ligadas às mudanças climáticas podem ser exacerbadas pelas
11 mudanças no uso da terra. Isso é especialmente verdadeiro na Amazônia, onde a mudança
12 climática interage com o desmatamento de maneiras particularmente fortes. Como
13 exemplo, modelos climáticos e hidrológicos combinados forçados sob cenários
14 contrastantes de desmatamento sugerem que a inclusão das respostas climáticas ao
15 desmatamento altera os resultados da precipitação de médias positivas para médias
16 negativas (Lima *et al.* 2014). Além disso, o desmatamento pode aumentar a duração das
17 estações secas e aumentar as amplitudes sazonais de descarga. É importante destacar que as
18 alterações no balanço hídrico não se limitam às sub-bacias desmatadas, pois a circulação
19 atmosférica espalha os efeitos por toda a bacia (Coe *et al.* 2009).

20

21 As mudanças no balanço hídrico associadas às mudanças climáticas e ao desmatamento
22 provavelmente afetarão os ecossistemas de várzea e dos rios de várias maneiras (ver
23 também o Capítulo 23). A diminuição da precipitação média anual (Brêda *et*
24 *al.* 2020) combinada com o aumento da frequência de eventos climáticos extremos na
25 Amazônia (Marengo 2009) alterará os padrões de cheia sazonal, impactando a composição
26 de espécies e o ciclo biogeoquímico nas paisagens de água doce da Amazônia.

27 A duração reduzida das cheias pode alterar a seleção de espécies tolerantes às cheias e, em
28 última instância, a composição das florestas de várzea; além disso, como as árvores
29 presentes nas várzeas geralmente carecem de características de resistência ao fogo e à seca,
30 a frequência, severidade e impactos ecológicos dos incêndios podem se agravar (Castello e

Capítulo 29

1 Macedo 2016) . Nos rios, a precipitação e os regimes das chuvas regulam o transporte de
2 sedimentos e a dinâmica dos nutrientes aquáticos (Devol *et al.* 1995; Almeida *et al.* 2015, e
3 a extensão das chuvas rege a entrada e o processamento de vastas quantidades de matéria
4 orgânica produzida em ecossistemas terrestres e sazonalmente inundados que é
5 posteriormente liberado como gás carbônico (Abril *et al.* 2014; Almeida *et al.* 2017). No
6 domínio da biologia, a sazonalidade alterada nos regimes de cheias pode afetar as
7 interações das comunidades de plâncton, com efeitos potencialmente em cascata da teia
8 alimentar (Feitosa *et al.* 2019). Assim, além de compreender as condições no nível local
9 antes da perturbação, a restauração efetiva dos ecossistemas aquáticos da Amazônia deve
10 estar atenta às alterações hidrológicas, biológicas e químicas causadas pelas mudanças
11 climáticas na escala das bacias hidrográficas.

12 **7. ALCANÇANDO UMA RESTAURAÇÃO SIGNIFICATIVA EM ESCALA**

13 A ciência da restauração desenvolveu-se rapidamente nas últimas décadas e, embora
14 algumas lacunas de conhecimento permaneçam nos trópicos, ela atingiu um ponto em que é
15 possível fornecer uma orientação clara baseada em evidências para apoiar a restauração em
16 uma ampla gama de contextos (Capítulo 28) e em diferentes biomas e paisagens (este
17 capítulo). A restauração não pode acontecer de forma isolada - descrevemos aqui como ela
18 precisa estar ligada a um conjunto mais amplo de medidas de conservação que evitam
19 perdas adicionais (Seção 26.1). Fundamentalmente, pesquisas demonstraram que esta
20 precisa ser integrada à sociedade e ao contexto político, e pode informar como fazê-la de
21 forma que seja o mais inclusiva possível para toda a população em um território (ainda que
22 reconheça que nem todas as partes interessadas serão necessariamente beneficiadas) (Reed
23 *et al.* 2018). Mas como esse conhecimento pode ser usado de forma eficaz? Aqui
24 examinamos as alavancas políticas e os incentivos que podem apoiar a restauração em
25 grande escala necessária para mitigar as mudanças climáticas, evitar os perigosos pontos de
26 inflexão, reduzir a pressão sobre as florestas primárias, apoiar a subsistência local e
27 desenvolver uma bioeconomia amazônica próspera e florescente .

Capítulo 29

1 **7.1. Execução e monitoramento**

2 Muitos têm experimentado soluções tecnológicas e organizacionais para restaurar
3 a produção econômica ambientalmente sensível e sustentável (por exemplo Brondizio *et*
4 *al.* 2021) . No entanto, eles não serão levados em escala enquanto as externalidades
5 negativas da exploração do capital natural da floresta não forem contabilizadas. Por
6 exemplo, os baixos preços de mercado da madeira ilegal prejudicam o valor da madeira
7 legal (Brançalion *et al.* 2018), tornando muito mais desafiador para as empresas que
8 seguem as práticas legais e de esquema de certificação financiar o monitoramento e a
9 fiscalização necessários para garantir a integridade da floresta pós-colheita em concessões
10 extensas e remotas (ver Capítulos 14, 19 e 29). Para combater isso, são necessárias
11 mudanças na política e na governança (leis, impostos, subsídios) que tornem a extração
12 ilegal de madeira economicamente pouco atraente. As instituições financeiras verdes
13 constituem parceiros-chave para investir na restauração de terras e paisagens, o que requer
14 ferramentas eficientes para monitorar e verificar o desempenho ambiental em níveis de
15 área, fazenda e paisagem. O monitoramento e a fiscalização também são fundamentais para
16 evitar os efeitos perversos da restauração econômica, em que as tecnologias e políticas que
17 promovem uma maior produtividade agrícola ou silvicultural paradoxalmente levam ao
18 aumento do desmatamento (Garrett *et al.* 2018), ou onde a restauração ecológica em grande
19 escala causa "vazamento" de danos, (por exemplo, Alix -Garcia e Gibbs 2017).

20 **7.2. Medidas baseadas em incentivos**

21 A restauração pode ser incentivada pela compensação de carbono e/ou biodiversidade,
22 pagamentos por serviços ecossistêmicos (PSE) e/ou sistemas de certificação. No entanto, os
23 PSE muitas vezes falham em ganhar escala (Coudel *et al.* 2015), e tais intervenções
24 baseadas no mercado podem gerar conflitos e enfraquecer os laços sociais (Pokorny *et al.*
25 2012). Curiosamente, políticas menos óbvias podem ter efeitos indiretos importantes na
26 dinâmica da restauração, como o Programa Brasileiro de Alimentação Escolar, que tem
27 sido fundamental para estimular a consolidação de sistemas agroflorestais e
28 agrobiodiversidade em algumas áreas da Amazônia oriental (L. Resque *et al.* 2019).

Capítulo 29

1 **7.3. Restauração liderada pela comunidade**

2 Algumas ações de restauração no nível local podem ser implementadas através da
3 associação de um conjunto relativamente pequeno de partes interessadas, tais como os
4 proprietários de terras ou gerentes de reserva. Ainda assim, para alcançar transformações
5 sustentáveis em paisagens e bacias hidrográficas, é vital que as medidas de restauração
6 sejam vistas com bons olhos pelas pessoas que vivem ou se beneficiam das atividades
7 econômicas. Por exemplo, a implementação de sistemas agrícolas integrados em terras
8 improdutivas requer a participação de todas as partes interessadas relevantes, tanto no
9 desenho quanto na implementação dos programas de pesquisa e extensão para garantir que
10 atendam às necessidades socioeconômicas e aos valores culturais dos beneficiários. Isso
11 garante que os programas de pesquisa e extensão atendam às necessidades socioeconômicas
12 e aos valores culturais dos beneficiários pretendidos (Leal *et al.* 2020b). Não é de se
13 surpreender que alguns dos mais exemplos bem-sucedidos de restauração ativa envolvem
14 forte envolvimento e liderança comunitária. A Rede de Sementes do Xingu e a recuperação
15 e manejo comunitários de estoques pesqueiros são exemplos positivos de programas de
16 engajamento e liderança da comunidade. O sucesso das iniciativas de restauração
17 envolvendo a população local dependerá muito de um apoio eficaz e de longo prazo para o
18 desenvolvimento de capacidades e assistência técnica, e colaboração e participação social
19 ampla e contínua (Capítulo 30).

20 **7.4. Políticas**

21 A restauração também pode ser apoiada em nível nacional por meio de compromissos
22 oficiais e legislação. Por exemplo, o Código Florestal (CF) brasileiro define os limites
23 mínimos de área florestal para as reservas legais e exige que a vegetação seja preservada ao
24 longo de cursos d'água e em outros ambientes ecologicamente sensíveis, como encostas
25 íngremes (Brasil 2012) . O CF permite que proprietários de terra compensem a remoção
26 florestal passada através da compra de outras áreas de florestas; dadas as questões de
27 permanência, isso forneceu um mecanismo para apoiar a restauração de fazendas ilegais em
28 parques nacionais (Giannichi *et al.* 2018) . No entanto, as legislações nacionais variam
29 muito entre os países amazônicos. O desenvolvimento de um conjunto comum de

Capítulo 29

1 abordagens pode ser incentivado vinculando as políticas nacionais às muitas declarações e
2 incentivos internacionais que promovem a restauração, incluindo as declarações de Nova
3 York e Amsterdam, o Desafio de Bonn e a Iniciativa 20x20, os Objetivos de
4 Desenvolvimento Sustentável 15 Vida na Terra, a Convenção sobre a Diversidade
5 Biológica, o Painel das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, os compromissos de
6 desmatamento zero e a luta contra o desmatamento importado.

7

8 **8. CONCLUSÕES**

9 Para maximizar seu impacto ecológico e social, a restauração precisa ser implementada de
10 maneiras de forma a considerar seus benefícios em todas as escalas, inclusive no nível do
11 bioma, nas paisagens e bacias hidrográficas e entre os diferentes grupos de atores locais e
12 partes interessadas. Aplicando as abordagens de restauração mais adequadas aos lugares
13 certos exigirá novos exercícios de priorização que considerem os vários benefícios e
14 incluam a viabilidade social, a necessidade ecológica e os riscos impostos pelas mudanças
15 climáticas.

16 **REFERÊNCIAS**

- 17 Abell R, Asquith N, Boccaletti G, *et al.* 2017. Beyond the source: the environmental,
18 economic and community benefits of source water protection. *Arlington, VA Nat*
19 *Conserv.*
- 20 Abell R, Vigerstol K, Higgins J, *et al.* 2019. Freshwater biodiversity conservation through
21 source water protection: quantifying the potential and addressing the challenges. *Aquat*
22 *Conserv Mar Freshw Ecosyst* **29**: 1022–38.
- 23 Abril G, Martinez J-M, Artigas LF, *et al.* 2014. Amazon River carbon dioxide outgassing
24 fuelled by wetlands. *Nature* **505**: 395–8.
- 25 Adams C, Rodrigues ST, Calmon M, and Kumar C. 2016. Impacts of large-scale forest
26 restoration on socioeconomic status and local livelihoods: what we know and do not
27 know. *Biotropica* **48**: 731–44.
- 28 Aleixo I, Norris D, Hemerik L, *et al.* 2019a. Amazonian rainforest tree mortality driven by
29 climate and functional traits. *Nat Clim Chang* **9**: 384–8.
- 30 Aleixo I, Norris D, Hemerik L, *et al.* 2019b. Amazonian rainforest tree mortality driven by
31 climate and functional traits. *Nat Clim Chang* **9**: 384–8.
- 32 Alix-Garcia J and Gibbs HK. 2017. Forest conservation effects of Brazil’s zero
33 deforestation cattle agreements undermined by leakage. *Glob Environ Chang* **47**: 201–
34 17.
- 35 Alkama R and Cescatti A. 2016. Climate change: Biophysical climate impacts of recent
36 changes in global forest cover. *Science (80-)* **351**: 600–4.

Capítulo 29

- 1 Allan JD. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream
2 ecosystems. *Annu Rev Ecol Evol Syst* **35**: 257–84.
- 3 Almeida CT, Oliveira-Júnior JF, Delgado RC, *et al.* 2017. Spatiotemporal rainfall and
4 temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973–2013. *Int J Climatol*
5 **37**: 2013–26.
- 6 Alteff EF, Gonsioroski G, Barreiros M, *et al.* 2019. The rarest of the rare: rediscovery and
7 status of the critically endangered Belem Curassow, *Crax fasciolata pinima* (Pelzeln,
8 1870). *Pap Avulsos Zool* **59**: e20195946.
- 9 Andrea MC da S, Dallacort R, Tieppo RC, and Barbieri JD. 2020. Assessment of climate
10 change impact on double-cropping systems. *SN Appl Sci* **2**: 1–13.
- 11 Arantes CC, Winemiller KO, Asher A, *et al.* 2019. Floodplain land cover affects biomass
12 distribution of fish functional diversity in the Amazon River. *Sci Rep* **9**: 1–13.
- 13 Aronson J and Alexander S. 2013. Ecosystem Restoration is Now a Global Priority: Time
14 to Roll up our Sleeves. *Restor Ecol* **21**: 293–6.
- 15 Arroyo-Rodríguez V, Fahrig L, Tabarelli M, *et al.* 2020. Designing optimal human-
16 modified landscapes for forest biodiversity conservation. *Ecol Lett* **23**: 1404–20.
- 17 Beechie T, Pess G, Roni P, and Giannico G. 2008. Setting River Restoration Priorities: A
18 Review of Approaches and a General Protocol for Identifying and Prioritizing Actions.
19 *North Am J Fish Manag* **28**: 891–905.
- 20 Bell S de, Graham H, and White PCL. 2020. Evaluating Dual Ecological and Well-Being
21 Benefits from an Urban Restoration Project. *Sustainability* **12**: 695.
- 22 Bentley L and Coomes DA. 2020. Partial river flow recovery with forest age is rare in the
23 decades following establishment. *Glob Chang Biol* **26**: 1458–73.
- 24 Berenguer E, Gardner TA, Ferreira J, *et al.* 2018. Seeing the woods through the saplings:
25 Using wood density to assess the recovery of human-modified Amazonian forests. *J*
26 *Ecol*.
- 27 Bhagwat SA, Willis KJ, Birks HJB, and Whittaker RJ. 2008. Agroforestry: a refuge for
28 tropical biodiversity? *Trends Ecol Evol* **23**: 261–7.
- 29 Blignaut J, Esler KJ, Wit MP de, *et al.* 2013. Establishing the links between economic
30 development and the restoration of natural capital. *Curr Opin Environ Sustain* **5**: 94–
31 101.
- 32 Bottazzi P, Wiik E, Crespo D, and Jones JPG. 2018. Payment for environmental “self-
33 service”: Exploring the links between Farmers’ motivation and additionality in a
34 conservation incentive programme in the Bolivian Andes. *Ecol Econ* **150**: 11–23.
- 35 Bradshaw CJA, Sodhi NS, Peh KSH, and Brook BW. 2007. Global evidence that
36 deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Glob Chang*
37 *Biol* **13**: 2379–95.
- 38 Bragagnolo C, Gama GM, Vieira FAS, *et al.* 2019. Hunting in Brazil: What are the
39 options? *Perspect Ecol Conserv* **17**: 71–9.
- 40 Brancalion PHS, Almeida DRA de, Vidal E, *et al.* 2018. Fake legal logging in the Brazilian
41 Amazon. *Sci Adv* **4**: eaat1192.
- 42 Brancalion PHS and Chazdon RL. 2017. Beyond hectares: four principles to guide
43 reforestation in the context of tropical forest and landscape restoration. *Restor Ecol* **25**:
44 491–6.
- 45 Brasil. 2012. Lei 12.641, de 25 de maio de 2012. Viewed
- 46 Brêda JPLF, Paiva RCD de, Collischon W, *et al.* 2020. Climate change impacts on South
47 American water balance from a continental-scale hydrological model driven by

Capítulo 29

- 1 CMIP5 projections. *Clim Change* **159**: 503–22.
- 2 Brondizio ES, Andersson K, Castro F de, *et al.* 2021. Making place-based sustainability
3 initiatives visible in the Brazilian Amazon. *Curr Opin Environ Sustain* **49**: 66–78.
- 4 Buytaert W, Iniguez V, and Bievre B De. 2007. The effects of afforestation and cultivation
5 on water yield in the Andean páramo. *For Ecol Manage* **251**: 22–30.
- 6 Calmon M, Brancalion PHS, Paese A, *et al.* 2011. Emerging Threats and Opportunities for
7 Large-Scale Ecological Restoration in the Atlantic Forest of Brazil. *Restor Ecol* **19**:
8 154–8.
- 9 Carvalho WD De and Mustin K. 2017. The highly threatened and little known Amazonian
10 savannahs. *Nat Ecol Evol* **1**: 1–3.
- 11 Castello L and Macedo MN. 2016. Large-scale degradation of Amazonian freshwater
12 ecosystems. *Glob Chang Biol* **22**: 990–1007.
- 13 Celentano D, Rousseau GX, Muniz FH, *et al.* 2017. Towards zero deforestation and forest
14 restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. *Land use policy* **68**: 692–
15 8.
- 16 César RG, Belei L, Badari CG, *et al.* 2021. Forest and Landscape Restoration: A Review
17 Emphasizing Principles, Concepts, and Practices. *Land* **10**: 28.
- 18 Chazdon R, Brenes A, and Alvarado B. 2005. Effects of Climate and Stand Age on Annual
19 Tree Dynamics in Tropical Second-Growth Rain Forests on JSTOR. *Ecology* **86**:
20 1808–15.
- 21 Chazdon RL, Broadbent EN, Rozendaal DMA, *et al.* 2016a. Carbon sequestration potential
22 of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. *Sci Adv* **2**.
- 23 Chazdon RL, Broadbent EN, Rozendaal DMA, *et al.* 2016b. Carbon sequestration potential
24 of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. *Sci Adv* **2**:
25 e1501639.
- 26 Chazdon RL, Cullen L, Padua SM, and Padua CV. 2020a. People, primates and predators
27 in the Pontal: from endangered species conservation to forest and landscape
28 restoration in Brazil’s Atlantic Forest. *R Soc Open Sci* **7**: 200939.
- 29 Chazdon RL, Gutierrez V, Brancalion PHS, *et al.* 2020b. Co-Creating Conceptual and
30 Working Frameworks for Implementing Forest and Landscape Restoration Based on
31 Core Principles. *Forests* **11**: 706.
- 32 Coe MT, Costa MH, and Soares-Filho BS. 2009. The influence of historical and potential
33 future deforestation on the stream flow of the Amazon River – Land surface processes
34 and atmospheric feedbacks. *J Hydrol* **369**: 165–74.
- 35 Constantino P de AL. 2019. Subsistence Hunting with Mixed-Breed Dogs Reduces Hunting
36 Pressure on Sensitive Amazonian Game Species in Protected Areas. *Environ Conserv*
37 **46**: 92–8.
- 38 Cook-Patton SC, Leavitt SM, Gibbs D, *et al.* 2020. Mapping carbon accumulation potential
39 from global natural forest regrowth. *Nature* **585**: 545–50.
- 40 Costa-Pereira R, Lucas C, Crossa M, *et al.* 2018. Defaunation shadow on mutualistic
41 interactions. *Proc Natl Acad Sci* **115**: E2673–5.
- 42 Coudel E, Ferreira J, Carvalho Amazonas M de, *et al.* 2015. The rise of PES in Brazil: from
43 pilot projects to public policies. In: *Handbook of Ecological Economics*. Edward Elgar
44 Publishing.
- 45 Crouzeilles R, Beyer HL, Monteiro LM, *et al.* 2020. Achieving cost-effective landscape-
46 scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conserv Lett* **13**: e12709.
- 47 Dala-Corte RB, Melo AS, Siqueira T, *et al.* 2020. Thresholds of freshwater biodiversity in

Capítulo 29

- 1 response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. *J Appl Ecol* **57**: 1391–
2 402.
- 3 Davidson EA, Araújo AC de, Artaxo P, *et al.* 2012. The Amazon basin in transition. *Nature*
4 **481**: 321–8.
- 5 Dias LCP, Macedo MN, Costa MH, *et al.* 2015. Effects of land cover change on
6 evapotranspiration and streamflow of small catchments in the Upper Xingu River
7 Basin, Central Brazil. *J Hydrol Reg Stud* **4**: 108–22.
- 8 Ding H, Faruqi S, Wu A, *et al.* 2017. Roots of Prosperity: The Economics and Finance of
9 Restoring Land The Economics and Finance of Restoring Land. Washington, D. C. .
- 10 Dixon SJ, Sear DA, Odoni NA, *et al.* 2016. The effects of river restoration on catchment
11 scale flood risk and flood hydrology. *Earth Surf Process Landforms* **41**: 997–1008.
- 12 Edwards DP, Tobias JA, Sheil D, *et al.* 2014. Maintaining ecosystem function and services
13 in logged tropical forests. *Trends Ecol & Evol* **29**: 511–20.
- 14 Elias F, Ferreira J, Lennox GD, *et al.* 2020. Assessing the growth and climate sensitivity of
15 secondary forests in highly deforested Amazonian landscapes. *Ecology* **101**: e02954.
- 16 Erbaugh JT and Oldekop JA. 2018. Forest landscape restoration for livelihoods and well-
17 being. *Curr Opin Environ Sustain* **32**: 76–83.
- 18 Erbaugh JT, Pradhan N, Adams J, *et al.* 2020. Global forest restoration and the importance
19 of prioritizing local communities. *Nat Ecol Evol* **4**: 1472–6.
- 20 Esquivel-Muelbert A, Baker TR, Dexter KG, *et al.* 2019. Compositional response of
21 Amazon forests to climate change. *Glob Chang Biol* **25**: 39–56.
- 22 Fahrig L, Arroyo-Rodríguez V, Bennett JR, *et al.* 2019. Is habitat fragmentation bad for
23 biodiversity? *Biol Conserv* **230**: 179–86.
- 24 Farinosi F, Arias ME, Lee E, *et al.* 2019. Future climate and land use change impacts on
25 river flows in the Tapajós Basin in the Brazilian Amazon. *Earth's Futur* **7**: 993–1017.
- 26 Feitosa IB, Huszar VLM, Domingues CD, *et al.* 2019. Plankton community interactions in
27 an Amazonian floodplain lake, from bacteria to zooplankton. *Hydrobiologia* **831**: 55–
28 70.
- 29 Ferraz G, Russell GJ, Stouffer PC, *et al.* 2003. Rates of species loss from Amazonian forest
30 fragments. *Proc Natl Acad Sci* **100**: 14069–73.
- 31 Ferreira J, Lennox GD, Gardner TA, *et al.* 2018. Carbon-focused conservation may fail to
32 protect the most biodiverse tropical forests. *Nat Clim Chang* **8**: 744–9.
- 33 Filoso S, Bezerra MO, Weiss KCB, and Palmer MA. 2017. Impacts of forest restoration on
34 water yield: A systematic review. *PLoS One* **12**: e0183210.
- 35 Flecker AS, McIntyre PB, Moore JW, *et al.* 2010. Migratory fishes as material and process
36 subsidies in riverine ecosystems. In: American Fisheries Society Symposium.
- 37 Fletcher RJ, Didham RK, Banks-Leite C, *et al.* 2018. Is habitat fragmentation good for
38 biodiversity? *Biol Conserv* **226**: 9–15.
- 39 Flores BM, Holmgren M, Xu C, *et al.* 2017. Floodplains as an Achilles' heel of Amazonian
40 forest resilience. *Proc Natl Acad Sci U S A* **114**.
- 41 Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Tropical
42 Timber Organization. 2011. The State of Forests in the Amazon Basin, Congo Basin
43 and Southeast Asia.
- 44 Fortmann L and Bruce J. 1991. You've got to know who controls the land and trees people
45 use: gender, tenure and the environment. University of Zimbabwe (UZ).
- 46 Freeman MC, Pringle CM, Greathouse EA, and Freeman BJ. 2003. Ecosystem-level
47 consequences of migratory faunal depletion caused by dams. In: American Fisheries

Capítulo 29

- 1 Society Symposium.
- 2 Garcia-Carreras L and Parker DJ. 2011. How does local tropical deforestation affect
3 rainfall? *Geophys Res Lett* **38**: n/a-n/a.
- 4 Garrett RD, Gardner TA, Fonseca Morello T, *et al.* 2017. Explaining the persistence of low
5 income and environmentally degrading land uses in the Brazilian Amazon. *Ecol Soc*
6 **22**.
- 7 Garrett RD, Koh I, Lambin EF, *et al.* 2018. Intensification in agriculture-forest frontiers:
8 Land use responses to development and conservation policies in Brazil. *Glob Environ*
9 *Chang* **53**: 233–43.
- 10 Giannichi ML, Dallimer M, Baker TR, *et al.* 2018. Divergent Landowners' Expectations
11 May Hinder the Uptake of a Forest Certificate Trading Scheme. *Conserv Lett* **11**:
12 e12409.
- 13 Goldman R, Benítez S, Calvache A, and Montambault J. 2010. Measuring the
14 effectiveness of water funds: guidance document for development of impact measures.
15 *TNC, Arlington, Virginia.*
- 16 Hall A, Chiu Y, and Selker JS. 2020. Coupling high-resolution monitoring and modelling
17 to verify restoration-based temperature improvements. *River Res Appl* **36**: 1430–41.
- 18 Harris JA, Hobbs RJ, Higgs E, and Aronson J. 2006. Ecological restoration and global
19 climate change.
- 20 Haugaasen T and Peres CA. 2007. Vertebrate responses to fruit production in Amazonian
21 flooded and unflooded forests. *Biodivers Conserv* **16**: 4165–90.
- 22 Hayhoe SJ, Neill C, Porder S, *et al.* 2011. Conversion to soy on the Amazonian agricultural
23 frontier increases streamflow without affecting stormflow dynamics. *Glob Chang Biol*
24 **17**: 1821–33.
- 25 Heinrich VHA, Dalagnol R, Cassol HLG, *et al.* 2021. Large carbon sink potential of
26 secondary forests in the Brazilian Amazon to mitigate climate change. *Nat Commun*
27 **12**: 1–11.
- 28 Higgins J V and Zimmerling A. 2013. A Primer for Monitoring Water Funds. Arlington,
29 VA: The Nature Conservancy. 2013.
- 30 Holdsworth AR and Uhl C. 1997. FIRE IN AMAZONIAN SELECTIVELY LOGGED
31 RAIN FOREST AND THE POTENTIAL FOR FIRE REDUCTION. *Ecol Appl* **16**:
32 440–51.
- 33 Hurd LE, Sousa RGC, Siqueira-Souza FK, *et al.* 2016. Amazon floodplain fish
34 communities: Habitat connectivity and conservation in a rapidly deteriorating
35 environment. *Biol Conserv* **195**: 118–27.
- 36 Hutyra LR, Munger JW, Nobre CA, *et al.* 2005. Climatic variability and vegetation
37 vulnerability in Amazônia. *Geophys Res Lett* **32**: L24712.
- 38 Jackson ST and Hobbs RJ. 2009. Ecological restoration in the light of ecological history.
39 *Science (80-)* **325**: 567–9.
- 40 Junk WJ, Bayley PB, Sparks RE, and others. 1989. The flood pulse concept in river-
41 floodplain systems. *Can Spec Publ Fish Aquat Sci* **106**: 110–27.
- 42 Kratter AW. 1997. Bamboo Specialization by Amazonian Birds1. *Biotropica* **29**: 100–10.
- 43 Kremen C and Merenlender AM. 2018. Landscapes that work for biodiversity and people.
44 *Science (80-)* **362**.
- 45 L. Resque A, Coudel E, Piketty M-G, *et al.* 2019. Agrobiodiversity and Public Food
46 Procurement Programs in Brazil: Influence of Local Stakeholders in Configuring
47 Green Mediated Markets. *Sustainability* **11**: 1425.

Capítulo 29

- 1 Lamb D, Erskine PD, and Parrotta JA. 2005. Restoration of degraded tropical forest
2 landscapes. *Science (80-)* **310**: 1628–32.
- 3 Leal CG, Lennox GD, Ferraz SFB, *et al.* 2020a. Integrated terrestrial-freshwater planning
4 doubles conservation of tropical aquatic species. *Science (80-)* **370**: 117–21.
- 5 Leal CG, Lennox GD, Ferraz SFB, *et al.* 2020b. Integrated terrestrial-freshwater planning
6 doubles conservation of tropical aquatic species. *Science (80-)* **370**: 117–21.
- 7 Lee M and Hancock P. 2011. Restoration and Stewardship Volunteerism. In: Human
8 Dimensions of Ecological Restoration. Washington, DC: Island Press/Center for
9 Resource Economics.
- 10 Lees AC, Attwood S, Barlow J, and Phalan B. 2020. Biodiversity scientists must fight the
11 creeping rise of extinction denial. *Nat Ecol Evol* 2020 411 **4**: 1440–3.
- 12 Lees AC, Moura NG, Almeida AS, and Vieira ICG. 2014. Noteworthy ornithological
13 records from the threatened campinas of the lower rio Tocantins, east Amazonian
14 Brazil. *Bull Br Ornithol Club* **134**: 247–58.
- 15 Lees AC and Peres CA. 2006. Rapid avifaunal collapse along the Amazonian deforestation
16 frontier. *Biol Conserv* **133**: 198–211.
- 17 Lees AC and Peres CA. 2009. Gap-crossing movements predict species occupancy in
18 Amazonian forest fragments. *Oikos* **118**: 280–90.
- 19 Leitold V, Morton DC, Longo M, *et al.* 2018. El Niño drought increased canopy turnover
20 in Amazon forests. *New Phytol* **219**: 959–71.
- 21 Lewis SL, Wheeler CE, Mitchard ETA, and Koch A. 2019. Restoring natural forests is the
22 best way to remove atmospheric carbon. *Nature* **568**: 25–8.
- 23 Lima LS, Coe MT, Soares Filho BS, *et al.* 2014. Feedbacks between deforestation, climate,
24 and hydrology in the Southwestern Amazon: implications for the provision of
25 ecosystem services. *Landsc Ecol* **29**: 261–74.
- 26 Lohbeck M, Poorter L, Lebrija-Trejos E, *et al.* 2013. Successional changes in functional
27 composition contrast for dry and wet tropical forest. *Ecology* **94**: 1211–6.
- 28 Lovejoy TE and Nobre C. 2018. Amazon tipping point.
- 29 Luke SH, Slade EM, Gray CL, *et al.* 2019. Riparian buffers in tropical agriculture:
30 Scientific support, effectiveness and directions for policy. *J Appl Ecol* **56**: 85–92.
- 31 Macedo MN, Coe MT, DeFries R, *et al.* 2013. Land-use-driven stream warming in
32 southeastern Amazonia. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* **368**: 20120153.
- 33 Marengo JA. 2009. Long-term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon
34 basin since the late 1920s. *Hydrol Process* **23**: 3236–44.
- 35 Margules CR and Pressey RL. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* **405**: 243–
36 53.
- 37 Mather AS. 1992. The forest transition. *Area* **24**: 367–79.
- 38 McClain ME and Naiman RJ. 2008. Andean influences on the biogeochemistry and
39 ecology of the Amazon River. *Bioscience* **58**: 325–38.
- 40 McDowell N, Allen CD, Anderson-Teixeira K, *et al.* 2018. Drivers and mechanisms of tree
41 mortality in moist tropical forests. *New Phytol* **219**: 851–69.
- 42 McIntosh EJ, Pressey RL, Lloyd S, *et al.* 2017. The impact of systematic conservation
43 planning. *Annu Rev Environ Resour* **42**: 677–97.
- 44 Meerveld HJ (Ilja) van, Jones JPG, Ghimire CP, *et al.* 2021. Forest regeneration can
45 positively contribute to local hydrological ecosystem services: Implications for forest
46 landscape restoration (L Flory, Ed). *J Appl Ecol* **58**: 755–65.
- 47 Mendes CB and Prevedello JA. 2020. Does habitat fragmentation affect landscape-level

Capítulo 29

- 1 temperatures? A global analysis. *Landsc Ecol* **35**: 1743–56.
- 2 Moore RP, Robinson WD, Lovette IJ, and Robinson TR. 2008. Experimental evidence for
3 extreme dispersal limitation in tropical forest birds. *Ecol Lett* **11**: 960–8.
- 4 Negrón-Juárez RI, Chambers JQ, Guimaraes G, *et al.* 2010. Widespread Amazon forest tree
5 mortality from a single cross-basin squall line event. *Geophys Res Lett* **37**: n/a-n/a.
- 6 Ngo Bieng MA, Souza Oliveira M, Roda J-M, *et al.* 2021. Relevance of secondary tropical
7 forest for landscape restoration. *For Ecol Manage* **493**: 119265.
- 8 Nobre CA, Sampaio G, Borma LS, *et al.* 2016. Land-use and climate change risks in the
9 Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proc Natl Acad*
10 *Sci* **113**: 10759–68.
- 11 Nobre CA, Sellers PJ, and Shukla J. 1991. Amazonian Deforestation and Regional Climate
12 Change. *J Clim* **4**: 957–88.
- 13 Nóbrega RLB, Ziembowicz T, Torres GN, *et al.* 2020. Ecosystem services of a functionally
14 diverse riparian zone in the Amazon--Cerrado agricultural frontier. *Glob Ecol Conserv*
15 **21**: e00819.
- 16 Oosten C van, Runhaar H, and Arts B. 2021. Capable to govern landscape restoration?
17 Exploring landscape governance capabilities, based on literature and stakeholder
18 perceptions. *Land use policy* **104**: 104020.
- 19 Ota L, Chazdon RL, Herbohn J, *et al.* 2020. Achieving Quality Forest and Landscape
20 Restoration in the Tropics. *Forests* **11**: 820.
- 21 Oyama MD and Nobre C. 2003. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical
22 South America. *Geophys Res Lett* **30**: 10–3.
- 23 Palmer MA, Bernhardt ES, Allan JD, *et al.* 2005. Standards for ecologically successful
24 river restoration. *J Appl Ecol* **42**: 208–17.
- 25 Peres CA. 2001. Synergistic effects of subsistence hunting and habitat fragmentation on
26 Amazonian forest vertebrates. *Conserv Biol* **15**: 1490–505.
- 27 Peterjohn WT and Correll DL. 1984. Nutrient dynamics in an agricultural watershed:
28 observations on the role of a riparian forest. *Ecology* **65**: 1466–75.
- 29 Philipson CD, Cutler MEJ, Brodrick PG, *et al.* 2020. Active restoration accelerates the
30 carbon recovery of human-modified tropical forests. *Science (80-)* **369**: 838–41.
- 31 Phillips OL, Aragão LEOC, Lewis SL, *et al.* 2009. Drought sensitivity of the amazon
32 rainforest. *Science (80-)* **323**: 1344–7.
- 33 Pioniot C, Rödig E, Putz FE, *et al.* 2019a. Can timber provision from Amazonian
34 production forests be sustainable? *Environ Res Lett* **14**: 064014.
- 35 Pioniot C, Rödig E, Putz FE, *et al.* 2019b. Can timber provision from Amazonian
36 production forests be sustainable? *Environ Res Lett* **14**: 064014.
- 37 Piva Da Silva M. 2017. Livelihoods, Capabilities and Insurgent Citizenship in and around a
38 rainforest metropolis: from violent urbanism to a new rurality?
- 39 Poff NL, Allan JD, Bain MB, *et al.* 1997. The natural flow regime. *Bioscience* **47**: 769–84.
- 40 Pokorny B, Johnson J, Medina G, and Hoch L. 2012. Market-based conservation of the
41 Amazonian forests: Revisiting win–win expectations. *Geoforum* **43**: 387–401.
- 42 Putz FE, Sist P, Fredericksen T, and Dykstra D. 2008. Reduced-impact logging: challenges
43 and opportunities. *For Ecol Manage* **256**: 1427–33.
- 44 Putz FE, Zuidema PA, Synnott T, *et al.* 2012. Sustaining conservation values in selectively
45 logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conserv Lett* **5**: 296–303.
- 46 Qie L, Telford EM, Massam MR, *et al.* 2019. Drought cuts back regeneration in logged
47 tropical forests. *Environ Res Lett* **14**: 045012.

Capítulo 29

- 1 Ray D, Nepstad D, and Moutinho P. 2005. Micrometeorological and canopy controls of
2 flammability in mature and disturbed forests in an east-central Amazon landscape.
3 *Ecol Appl* **15**: 2.
- 4 Reed MS. 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature
5 review. *Biol Conserv* **141**: 2417–31.
- 6 Reed J, Barlow J, Carmenta R, *et al.* 2019. Engaging multiple stakeholders to reconcile
7 climate, conservation and development objectives in tropical landscapes. *Biol Conserv*
8 **238**: 108229.
- 9 Reed J, Vianen J Van, Deakin EL, *et al.* 2016. Integrated landscape approaches to
10 managing social and environmental issues in the tropics: learning from the past to
11 guide the future. *Glob Chang Biol* **22**: 2540–54.
- 12 Rodrigues ASL, Ewers RM, Parry L, *et al.* 2009. Boom-and-Bust Development Patterns
13 Across the Amazon Deforestation Frontier. *Science (80-)* **324**: 1435–7.
- 14 Rossi, Jacques Garcia Alain Roques J and Rousselet J-P. 2016. Trees outside forests in
15 agricultural landscapes: spatial distribution and impact on habitat connectivity for
16 forest organisms. *Landsc Ecol* **31**: 243–54.
- 17 Saad SI, Silva J da, Silva MLN, *et al.* 2018. Analyzing ecological restoration strategies for
18 water and soil conservation. *PLoS One* **13**: e0192325.
- 19 Sabogal C, Besacier C, and McGuire D. 2015. Forest and landscape restoration: Concepts,
20 approaches and challenges for implementation. *Unasylva* **66**: 3.
- 21 Sampaio G, Nobre C, Costa MH, *et al.* 2007. Regional climate change over eastern
22 Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophys Res Lett* **34**:
23 L17709.
- 24 Sayer J, Sunderland T, Ghazoul J, *et al.* 2013. Ten principles for a landscape approach to
25 reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. *Proc Natl Acad*
26 *Sci U S A* **110**: 8349–56.
- 27 Schiesari L, Waichman A, Brock T, *et al.* 2013. Pesticide use and biodiversity conservation
28 in the Amazonian agricultural frontier. *Philos Trans Biol Sci* **368**: 1–9.
- 29 Schmidt IB, Urzedo DI de, Piña-Rodrigues FCM, *et al.* 2019. Community-based native
30 seed production for restoration in Brazil – the role of science and policy. *Plant Biol*
31 **21**: 389–97.
- 32 Schulze MD. 2003. Ecology and behavior of nine timber tree species in Pará, Brazil: links
33 between species life history and forest management and conservation.
- 34 Schwartzman S, Boas AV, Ono KY, *et al.* 2013. The natural and social history of the
35 indigenous lands and protected areas corridor of the Xingu River basin. *Philos Trans*
36 *R Soc B Biol Sci* **368**: 20120164.
- 37 Silva Junior CHL, Aragão LEOC, Anderson LO, *et al.* 2020. Persistent collapse of biomass
38 in Amazonian forest edges following deforestation leads to unaccounted carbon losses.
39 *Sci Adv* **6**: eaaz8360.
- 40 Sist P and Ferreira FN. 2007. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern
41 Amazon. *For Ecol Manage* **243**: 199–209.
- 42 Sist P, Pioniot C, Kanashiro M, *et al.* 2021. Sustainability of Brazilian forest concessions.
43 *For Ecol Manage* **496**: 119440.
- 44 Smith CC, Healey J, Berenguer E, *et al.* 2021. Old-growth forest loss and secondary forest
45 recovery across Amazonian countries. *Environ Res Lett*.
- 46 Smith MN, Taylor TC, Haren J van, *et al.* 2020. Empirical evidence for resilience of
47 tropical forest photosynthesis in a warmer world. *Nat Plants* **6**: 1225–30.

Capítulo 29

- 1 Staal A, Tuinenburg OA, Bosmans JHC, *et al.* 2018. Forest-rainfall cascades buffer against
2 drought across the Amazon. *Nat Clim Chang* **8**: 539–43.
- 3 Stanturf JA, Kant P, Lillesø J-PB, *et al.* 2015. Forest landscape restoration as a key
4 component of climate change mitigation and adaptation. International Union of Forest
5 Research Organizations (IUFRO) Vienna, Austria.
- 6 Stanturf JA, Kleine M, Mansourian S, *et al.* 2019. Implementing forest landscape
7 restoration under the Bonn Challenge: a systematic approach. *Ann For Sci* **76**: 1–21.
- 8 Strassburg BBN, Iribarrem A, Beyer HL, *et al.* 2020. Global priority areas for ecosystem
9 restoration. *Nature* **586**: 724–9.
- 10 Sullivan MJP, Lewis SL, Affum-Baffoe K, *et al.* 2020. Long-term thermal sensitivity of
11 earth’s tropical forests. *Science (80-)* **368**: 869–74.
- 12 Tregidgo DJ, Barlow J, Pompeu PS, *et al.* 2017. Rainforest metropolis casts 1,000-km
13 defaunation shadow. *Proc Natl Acad Sci* **114**: 8655–9.
- 14 Uriarte M, Schwartz N, Powers JS, *et al.* 2016. Impacts of climate variability on tree
15 demography in second growth tropical forests: the importance of regional context for
16 predicting successional trajectories. *Biotropica* **48**: 780–97.
- 17 Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, *et al.* 1980. The river continuum concept. *Can*
18 *J Fish Aquat Sci* **37**: 130–7.
- 19 Ward J V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *J North Am Benthol Soc*
20 **8**: 2–8.
- 21 Waroux Y le P de, Garrett RD, Heilmayr R, and Lambin EF. 2016. Land-use policies and
22 corporate investments in agriculture in the Gran Chaco and Chiquitano. *Proc Natl*
23 *Acad Sci* **113**: 4021–6.
- 24 Wilson SJ, Schelhas J, Grau R, *et al.* 2017. Forest ecosystem-service transitions: The
25 ecological dimensions of the forest transition. *Ecol Soc* **22**.
- 26 Wohl E, Bledsoe BP, Jacobson RB, *et al.* 2015. The natural sediment regime in rivers:
27 Broadening the foundation for ecosystem management. *Bioscience* **65**: 358–71.
- 28 Zhang J, Bruijnzeel LA, Tripoli R, and Meerveld HJI van. 2019. Water budget and run-off
29 response of a tropical multispecies “reforest” and effects of typhoon disturbance.
30 *Ecohydrology* **12**: e2055.
- 31