

Capítulo 29 Em Síntese

Prioridades e benefícios da restauração das paisagens e bacias hidrográficas na Amazônia



Rio Parima na Terra Indígena Yanomami (Foto: Bruno Kelly/Amazônia Real)



THE AMAZON WE WANT
Science Panel for the Amazon

Prioridades e benefícios da restauração das paisagens e bacias hidrográficas na Amazônia

Jos Barlow^{a,*}, Plinio Sist^{b,c,*}, Rafael Almeida^d, Caroline C. Arantes^e, Erika Berenguer^{a,f}, Patrick Caron^e, Francisco Cuesta^g, Carolina R. C. Doria^h, Joice Ferreiraⁱ, Alexander Flecker^j, Sebastian Heilpern^j, Michelle Kalamandeen^k, Alexander C. Lees^l, Nathália Nascimento^m, Camille Piponiotⁿ, Paulo Santos Pompeu^o, Carlos Souza^p, Judson F. Valentim^q

Principais Mensagens e Recomendações

- 1) A identificação de locais prioritários para restauração através da Bacia Amazônica depende das metas (ex.: aumentar estoques de carbono ou conservar espécies ameaçadas de extinção). Deve-se identificar regiões prioritárias por meio de abordagens participativas envolvendo as populações e governos locais, com apoio de evidências científicas atualizadas.
- 2) As estratégias de restauração serão mais eficazes se considerarem medidas de conservação complementares, como proteção das florestas primárias remanescentes (veja o Capítulo 27).
- 3) Para sucesso a longo prazo, as políticas e programas de restauração devem gerar benefícios socioeconômicos para as populações locais (ex.: segurança alimentar, postos de trabalho e oportunidades de renda) e conscientizar sobre os benefícios proporcionados pelas florestas e outros sistemas naturais.
- 4) Implementar a restauração em escala de paisagens e bacias deve considerar uma ampla gama de opções, desde incentivar a regeneração natural de florestas secundárias até restaurar atividades econômicas nas áreas degradadas. Isso

ajudará a garantir que a restauração proporcione maiores benefícios ao maior grupo de stakeholders possível.

- 5) A restauração de ecossistemas no contexto das mudanças climáticas exige a reconstrução de ecossistemas mais resilientes no futuro, por exemplo selecionando espécies arbóreas mais adaptadas a climas mais secos ou ajudando a manter os regimes de fluxos naturais em sistemas aquáticos.

Resumo A restauração pode ser aplicada em muitos diferentes contextos na Amazônia, mas será mais eficaz ao impulsionar benefícios socioambientais ao ser priorizada em toda a Bacia Amazônica ou nas paisagens e bacias. Neste capítulo, apresentamos as considerações mais relevantes para o planejamento e disposição da restauração através da Amazônia.

Priorização de ações de restauração através da Bacia Amazônica No momento em que se identificar a restauração como importante para atingir uma determinada meta, o primeiro nível de priorização envolverá a identificação de quais áreas restaurar.

^a Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, UK, jos.barlow@lancaster.ac.uk

^b Agricultural Research Centre for International Development – France. CIRAD, sist@cirad.fr

^c University of Montpellier, Cirad, Umr ART-DEV, Montpellier 34398, France

^d Department of Ecology and Evolutionary Biology, Cornell University, USA

^e Division of Forestry and Natural Resources, 325G Percival Hall, 1145 Evansdale Drive, West Virginia University, Morgantown, USA

^f Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford, UK

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

^h Laboratório de Ictiologia e Pesca, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Brazil

ⁱ Embrapa Amazonia Oriental, Trav. Eneas Pinheiro, Belém, Brazil

^j Department of Natural Resources, Cornell University, 226 Mann Drive, Ithaca NY 14853, USA

^k School of Geography, University of Leeds, Leeds, UK

^l Department of Natural Sciences, Manchester Metropolitan University, UK

^m Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Instituto de Estudos Climáticos, Vitória, Espírito Santo, Brazil

ⁿ Smithsonian Conservation Biology Institute & Smithsonian Tropical Research Institute

^o Departamento de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Naturais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil

^p Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Trav. Dom Romualdo de Seixas 1698, Edifício Zion Business 11th Floor, Bairro Umarizal, Belém PA 66055-200, Brazil

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

Através dos ecossistemas, o planejamento sistemático de conservação visa a apoiar a tomada de decisões acerca da alocação de recursos¹. Essas abordagens têm sido amplamente utilizadas para ajudar a identificar áreas prioritárias para conservação ou restauração em todo o mundo^{ex.2}, e dentro de bacias^{ex.3,4}. Entretanto, apesar do crescente número de atividades de priorização em nível global e de ecossistemas^{2,5}, há pouquíssimas análises formais priorizando a restauração na Bacia Amazônica⁶ ou identificando cenários ótimos para realizar múltiplos objetivos. Apresentamos aqui alguns dos principais benefícios ecológicos e sociais que poderiam ser atingidos com um programa de restauração em larga escala através da bacia.

Conservação das espécies ameaçadas e dos ecossistemas únicos da Amazônia A restauração pode ter um papel crucial no apoio à conservação das espécies mais ameaçadas de extinção e que dependem da floresta, cujos habitats têm sido reduzidos pelo desmatamento e degradação florestal. A restauração poderia ter um importante papel no apoio à conservação de algumas dessas espécies, incluindo as especialmente ameaçadas como Mutum-de-penacho (*Crax [fasciolata] pinima*⁷), jacamim-de-costas-escuras (*Psophia obscura*) e macaco-caiarara (*Cebus kaaporí*). A restauração em larga escala através de áreas desmatadas também poderia beneficiar espécies amplamente distribuídas que preocupam os conservacionistas. Entre essas espécies, podemos citar animais e aves carismáticos de grande porte que se encontram ameaçados de extinção como o gavião-real (*Harpia harpyja*), onça-pintada (*Panthera onca*) e queixada (*Tayassu pecari*^{8,9}).

Melhorando a conectividade funcional dos sistemas fluviais Uma abordagem de restauração para toda a bacia pode apoiar a integridade e a conectividade espacial dos sistemas fluviais^{10,11}. A conectividade longitudinal e lateral são essenciais para organizar as características dos fluxos de energia, estruturas da rede alimentar e da dinâmica de nutrientes nos sistemas de água em movimento. Como tal, restaurar os ecossistemas aquáticos para estados mais naturais envolve apoiar vínculos multidimensionais encontrados através de todas as bacias fluviais, bem como

sustentar os organismos inseridos nesses sistemas. Essa restauração precisa focar em toda a rede hidrológica, desde as nascentes até os principais canais, ajudando a minimizar perturbações de fluxos de sedimentos, nutrientes e organismos^{12,13}.

Benefícios ao clima global A regeneração da floresta natural pode ter um importante papel no combate às mudanças climáticas^{14,15,16}. Por exemplo, os 2,4 Mha de florestas secundárias tropicais da América Latina poderiam acumular estoques de carbono acima da terra de 8,48 petagramas de carbono (Pg C) em 40 anos¹⁴. Isso equivale a todas as emissões de carbono a partir do uso de combustíveis fósseis e processos industriais para toda a América Latina e Caribe no período de 1993 a 2014¹⁴.

Benefícios para o clima de todo o bioma A restauração terrestre ajudará a Amazônia a manter sua integridade hidrológica, com a evapotranspiração de florestas restauradas contribuindo para a transferência de umidade no sentido Leste-Oeste. Essa restauração também poderia beneficiar os ecossistemas aquáticos, assegurar que os níveis de descarga nos rios fossem mantidos por toda a bacia e até mesmo a transferência de nutrientes para as planícies inundadas. A maior umidade também ajudaria a prevenir queimadas, que são algumas das principais causas do colapso ecológico em grande escala¹⁷.

Benefícios socioeconômicos da restauração A restauração das florestas e as atividades econômicas sustentáveis são de alta prioridade para algumas das regiões mais desmatadas da Amazônia, pois essas fronteiras desmatadas mais antigas incluem muitos municípios com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)¹⁸. As mudanças de terras improdutivas para produtivas e sistemas de agricultura ou agrossilvicultura sustentável poderiam proporcionar muitos benefícios socioeconômicos diretos. Os efeitos indiretos da restauração, incluindo regulação do clima local e regional, também seriam importantes para as economias locais. Por exemplo, manter ou até mesmo reduzir a duração da temporada seca poderia beneficiar sistemas de dupla lavoura que são vulneráveis a mudanças climáticas, por

exemplo¹⁹. Outros benefícios significativos incluem mercadorias produzidas em áreas restauradas, melhor saúde com a melhoria da qualidade do ar e da água, temperaturas mais baixas, redução da exposição a desastres naturais e maior acesso aos sistemas naturais.

Abordagens à restauração e conservação envolvendo paisagens e bacias Após a identificação de uma região como prioridade para restauração, as abordagens que envolvem paisagens e bacias podem ajudar a garantir que as ações de restauração sejam eficazes e proporcionem maiores benefícios para o maior grupo possível de stakeholders. As abordagens envolvendo paisagens são, muitas vezes, referidas como “abordagens de paisagens integradas”, refletindo a necessidade de conciliar múltiplas e conflitantes reivindicações de uso da terra e de ajudar a estabelecer paisagens multifuncionais²⁰. Esse termo abrange uma ampla gama de abordagens²¹, incluindo a gestão integrada de bacias^{ex.22} e a restauração de paisagem florestal (RPF)²³. A RPF é promovida por muitas ONGs líderes e pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO - Food and Agriculture Organization) como Mecanismo de Restauração de Paisagens e Florestas. A RPF permite que os responsáveis pela tomada de decisões considerem todos os componentes de uma paisagem, desde a agricultura até a restauração e silvicultura, e apoiem decisões de sustentabilidade de longo prazo durante todo o zoneamento econômico²⁴. Também requer a consideração de todos os ecossistemas dentro de uma região, apoiando a restauração além das florestas de terra firme, incluindo savanas e florestas inundadas²⁵⁻²⁷. Identificamos aqui alguns dos principais benefícios do planejamento de uma restauração dentro de paisagens e bacias.

Integração de sistemas aquáticos e terrestres Os sistemas aquáticos e terrestres estão ligados de forma intrínseca, e considerar os dois juntos pode proporcionar grandes benefícios a ambos²⁸. Além da qualidade da água, o uso da terra pode modificar a magnitude e variabilidade nos fluxos fluviais. Restaurar os sistemas aquáticos muitas vezes exige in-

tervenções terrestres: por exemplo, melhorar a qualidade e quantidade de água e sua condição ecológica envolve uma série de práticas de manejo²⁹, com um esquema de pagamentos de serviços ecossistêmicos nos Andes bolivianos estimulando a proteção florestal e exclusão da atividade pecuária das áreas de nascentes³⁰.

Aumento da conectividade da biodiversidade As espécies tropicais são inerentemente mais sensíveis à fragmentação do que as espécies de clima temperado³¹. Por exemplo, os táxons amazônicos, incluindo muitos pássaros de sub-bosque, possuem capacidade limitada de voo de mais de algumas dezenas de metros³² e hesitam em cruzar mesmo pequenas estradas³³, o que os torna altamente vulneráveis a atividades humanas que fragmentam o habitat em pequenos trechos³⁴. Espécies de água doce também são suscetíveis a mudanças na conectividade³⁵, e o bagre migratório da Amazônia possui as maiores metapopulações entre todos os peixes de água doce do mundo³⁶. Em vista dessa sensibilidade, a restauração será mais eficaz se aplicada de forma a aumentar o habitat e manter ou melhorar a conectividade, garantindo que haja migração e permitindo o fluxo genético entre as populações. Uma mistura de diferentes estratégias de restauração pode ser usada para aumentar a conectividade entre habitats de alta qualidade. Entretanto, também seriam necessárias medidas complementares de conservação que protejam as populações remanescentes e os habitats para as espécies ameaçadas de extinção.

Benefícios para o clima local A restauração em áreas desmatadas poderia proporcionar importantes benefícios para o clima local³⁷. Por exemplo, estudos pelo mundo mostram que o aumento na cobertura florestal pode ajudar a minimizar os efeitos da ilha de calor urbano³⁸, e reduzir a ocorrência de temperaturas extremas de correntes³⁹.

Redução do risco associado a desastres socioambientais Ao influenciar a temperatura e a umidade, a restauração no nível da paisagem poderia ajudar a reduzir o risco de queimadas. A restauração também pode-

ria ser utilizada para “amortecer” as bordas das florestas primárias; esses quebra-fogos verdes ajudariam a proteger as bordas contra microclimas quentes, suprimir gramíneas que ajudam a espalhar o fogo e isolar as florestas das fontes de ignição. Contudo, é preciso que haja pesquisa para avaliar a eficácia dos quebra-fogos verdes na Amazônia, incluindo o entendimento da largura ideal e de quais medidas de restauração (plantação ou enriquecimento arbóreo) são necessárias para maximizar a eficácia e os co-benefícios (ex.: retornos econômicos). A restauração na escala das bacias também pode ajudar a mitigar o risco de inundações, que é exacerbado pelo desmatamento⁴⁰. Os modelos sugerem que a restauração de sub-bacias de matas ciliares é provavelmente um dos mecanismos mais eficazes para reduzir inundações, sendo que, por exemplo, a restauração em 10-15% da bacia reduziria a magnitude do pico das inundações em 6% após 25 anos⁴¹.

Atingimento de múltiplos objetivos e otimização de benefícios A escala de paisagens ou bacias é muitas vezes considerada como a mais adequada para se considerar diferentes *trade-off* e funções de ecossistemas e de usos da terra e para atingir múltiplos benefícios²¹. Tais abordagens ajudam a priorizar a restauração em todo o mundo², e poderiam permitir que as ações de restauração alcancem uma maior gama de benefícios ao mesmo tempo em que minimiza prejuízos⁴². Por exemplo, dentro da Amazônia, a otimização tem mostrado a complementariedade entre a biodiversidade e as metas de estoque de carbono, destacando que é possível atingir ganhos elevados para conservação da biodiversidade com apenas pequenas reduções nos depósitos de carbono⁴³. Com tantos potenciais co-benefícios da restauração, estes devem ser considerados como parte de uma paisagem integrada e de processos de planejamento das bacias⁴⁴. Por exemplo, a restauração periurbana, cujo objetivo é proporcionar benefícios climáticos para as cidades, também poderia proporcionar importantes benefícios socioeconômicos caso as florestas fornecessem frutos e outros produtos para consumo local.

Incentivos a uma transição florestal mais ampla A restauração também pode ser vista em termos temporais, através do conceito de transição florestal⁴⁵, que se refere a mudanças na cobertura florestal (encolhimento ou expansão) sobre uma determinada área (paisagem, região, país) e período de tempo. A restauração também poderia ter um importante papel no planejamento da transição florestal se fosse orientada parcialmente para a produção de madeira, o que aliviaria a pressão sobre as florestas primárias, a principal fonte de madeira na região. Durante os últimos 50 anos, as florestas primárias têm sido seletivamente exploradas e 108 Mha de florestas (20% da área total da floresta) têm sido exploradas para produção de madeira⁴⁶. O aumento no interesse na restauração das florestas tropicais é uma oportunidade única para promover a produção de madeira em áreas desmatadas, seja através do plantio de espécies de madeira economicamente interessantes ou do enriquecimento e manejo de florestas secundárias plantadas em terras agrícolas abandonadas para produção de madeira⁴⁷.

Garantia de maiores benefícios sociais com a restauração A restauração existe dentro de um contexto social e, dessa forma, produz condições ambientais que devem ser não apenas sólidas economicamente, mas também economicamente viáveis e socialmente aceitáveis. Por exemplo, cerca de 300 milhões de pessoas nos trópicos vivem em terras adequadas para restauração florestal e cerca de um bilhão de pessoas vivem dentro de um raio de 8 km dessas áreas⁴⁸. Muitas delas vivem na pobreza. Considerando os desafios implícitos de restaurar sistemas complexos, a restauração de paisagens e bacias possui um potencial considerável para incluir as populações locais e melhorar os meios de subsistência locais no longo prazo^{44,49-51}. Mesmo quando seu principal objetivo for ambiental, a restauração deve ser orientada pelas expectativas e valores culturais que influenciam os objetivos e seu eventual sucesso⁵².

É imperativo engajar uma diversa gama de stakeholders, a partir dos setores público, privado e da sociedade civil, e construir e sustentar coalizões em torno da restauração. Quando realizada dessa

forma, a restauração pode aumentar o bem-estar através da venda de produtos da floresta, maior fornecimento alimentar, melhor segurança hídrica e a promoção dos diversos valores culturais que as pessoas colocam nas paisagens⁵³⁻⁵⁶. A restauração da paisagem também pode afetar positivamente os direitos de posse de terra para muitos povos Indígenas, comunidades locais e proprietários de terras. Também pode aumentar a renda, oportunidades de trabalho e a resiliência da comunidade^{57,58}.

Resiliência climática das opções de restauração

Restaurar ecossistemas no contexto das mudanças climáticas exige a compreensão de quando é melhor reconstruir ecossistemas antigos e quando é melhor tentar construir ecossistemas resilientes para o futuro⁵⁹. Determinar onde as metas de linha de base histórica são viáveis e onde metas alternativas devem ser consideradas depende do local e está associado a mudanças projetadas⁶⁰. Consideramos essas questões nos sistemas terrestres e aquáticos.

Resiliência climática da restauração terrestre As florestas primárias da Amazônia são afetadas pelas mudanças climáticas e pelos extremos climáticos, o que resulta no aumento na mortalidade de árvores individuais^{61,62}, e em mudanças na composição das espécies⁶³ (veja também o Capítulo 23). A influência das mudanças climáticas pode ser ainda maior para as florestas secundárias⁶⁴. Há três razões principais para essa preocupação. A primeira é espacial: as florestas secundárias são encontradas predominantemente nas partes mais secas da Amazônia, com maior variabilidade sazonal⁶⁵ e onde as mudanças na duração da estação seca são mais pronunciadas^{ex.66}. A segunda é fisiológica: as florestas secundárias são dominadas por árvores de rápido crescimento com baixas densidades de madeira⁶⁷ ou folhagem fina especialmente vulneráveis à seca^{61,62,68}. Em terceiro lugar, as florestas secundárias possuem temperaturas de sub-bosque mais altas e menores níveis de umidade⁶⁹, o que as torna mais vulneráveis a condições microclimáticas extremas e a queimadas⁷⁰.

Essa sensibilidade exacerbada às mudanças climáticas poderia ser compensada se os gradientes existentes na intensidade da estação seca e precipitação pluviométrica levassem a adaptações a uma maior sensibilidade ao calor e à seca. As florestas primárias estão respondendo às mudanças climáticas por meio de alterações na composição das espécies⁶³, e a rotatividade mais rápida das florestas secundárias e a alta capacidade de dispersão das espécies pioneiras pode facilitar mudanças ainda mais rápidas nas florestas secundárias, permitindo o aparecimento de florestas secundárias resilientes à seca no futuro^{ex.71}. Entretanto, também parece provável que existam barreiras fisiológicas naturais que poderiam limitar a cobertura florestal⁷², sendo que há necessidade de mais pesquisa para entender esses limites nas florestas secundárias. Onde as florestas não são capazes de mudar naturalmente ou onde uma taxa mais rápida de mudança é desejada, o plantio enriquecido poderia promover espécies melhor adaptadas ao estresse do calor ou a estações secas mais longas, embora essas intervenções ainda precisem ser testadas e poderia haver muitos desafios para sua aplicação em escala.

Resiliência climática da restauração aquática Os efeitos hidrológicos das mudanças climáticas provavelmente terão um maior impacto sobre a Amazônia em comparação a outras regiões da América do Sul⁷³. Mudanças no equilíbrio hídrico associadas às mudanças climáticas e ao desmatamento provavelmente afetarão os ecossistemas fluviais e das planícies inundadas de muitas maneiras (veja também o Capítulo 23). Nos rios, os regimes de descarga e precipitação regulam o transporte de sedimentos e as dinâmicas de nutrientes aquáticos^{74,75}, e a extensão das cheias regulam a entrada e o processamento de vastas quantidades de matéria orgânica produzida nos ecossistemas terrestres e sazonalmente inundados^{76,77}. No reino biológico, a mudança na sazonalidade dos regimes de cheias poderia afetar as interações na comunidade de plânctons, com potenciais efeitos em cascata na rede alimentar⁷⁸. Dessa forma, além de compreender as condições em nível do local antes das perturbações, uma adequada restauração dos ecossistemas aquáticos amazônicos deve ter

atenção às alterações químicas, biológicas e hidrológicas na escala de bacias que devem ocorrer devido às mudanças climáticas.

Atingindo a restauração significativa em escala

Examinamos aqui as alavancas e incentivos das políticas em condições de suportar a restauração em grande escala necessária para mitigar as mudanças climáticas, evitar pontos de inflexão perigosos, reduzir a pressão sobre florestas primárias, apoiar os meios de subsistência locais e desenvolver uma bioeconomia florescente e próspera na Amazônia.

Cumprimento da lei Já houve muitos experimentos com soluções organizacionais e tecnológicas visando a restauração da produção econômica sustentável e ambientalmente sensível, por exemplo⁷⁹. Ainda assim, essas mesmas soluções não serão aplicadas em escala enquanto as externalidades negativas da exploração do capital natural da floresta não prestarem contas de sua responsabilidade. Por exemplo, os preços baixos no mercado da madeira ilegal prejudicam o valor da madeira legal⁸⁰, criando dificuldades para as empresas que seguem práticas de certificação legais consigam financiar o monitoramento e o cumprimento das regras, necessários para garantir a integridade florestal pós-colheita através de todas as concessões remotas e de alto custo (veja os Capítulos 14, 19 e 29). Combater esse esquema exige mudanças de políticas e governança (leis, impostos, subsídios) para tornar a extração de madeira ilegal economicamente não atraente. As instituições financeiras verdes são parceiras essenciais no investimento da restauração da terra e paisagem, o que exige ferramentas eficazes para monitorar e verificar o desempenho ambiental nos terrenos, fazendas e paisagens. O monitoramento e o cumprimento da lei também são essenciais para evitar os perversos efeitos da restauração econômica, onde as tecnologias e políticas promovendo maior produtividade agrícola e silvicultural levam, paradoxalmente, a um aumento no desmatamento⁸¹, ou onde a restauração ecológica em larga escala causa um “vazamento” dos danos ambientais^{ex.82}.

Medidas baseadas em incentivos A restauração pode ser incentivada por compensações de carbono e/ou biodiversidade, pagamentos de serviços do ecossistema (PSE) e/ou esquemas de certificação. Ainda assim, o PSE muitas vezes não consegue ganhar escala⁸³, e essas intervenções baseadas no mercado podem gerar conflitos e enfraquecer os vínculos sociais⁸⁴. De forma interessante, políticas menos óbvias podem ter efeitos indiretos importantes sobre a dinâmica de restauração, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar que tem sido fundamental para incentivar a consolidação de sistemas silviculturais e de agrobiodiversidade em algumas áreas da Amazônia Oriental⁸⁵.

Restauração conduzida pelas comunidades Algumas ações de restauração no nível local podem ser implementadas através da intervenção de um número relativamente pequeno de stakeholders, como proprietários de terra e gestores de reservas. Ainda assim, para atingir transformações sustentáveis nas paisagens e bacias, é fundamental que as medidas de restauração sejam vistas de forma favorável pelas pessoas que vivem na região ou se beneficiam das atividades econômicas na área. Por exemplo, implementar sistemas integrados agrícolas sobre terras improdutivas exige a participação de todos os stakeholders relevantes, tanto na fase de preparação quanto na fase de implementação. Isso garante que os programas de pesquisa e extensão atinjam as necessidades econômicas e os valores culturais dos beneficiários alvo⁸⁶. Sem surpresas, alguns dos exemplos mais bem sucedidos da restauração ativa envolve uma forte adesão da comunidade e de suas lideranças. A Rede Sementes do Xingu e vários programas de gestão e restauração de atividades pesqueiras conduzidos pela comunidade fornecem exemplos positivos do engajamento e da liderança das comunidades. O sucesso das iniciativas de restauração para envolver as populações locais depende de um apoio eficaz e de longo prazo de capacitação e assistência técnica, bem como da colaboração e participação social permanente e de longo prazo (veja o Capítulo 29).

Políticas A restauração pode ser apoiada em nível nacional através de compromissos oficiais e de legislação pertinentes. Por exemplo, a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN, ou Código Florestal) estabelece limites de área florestal para as reservas legais, exigindo que a vegetação seja preservada ao longo dos cursos d'água e em outros cenários ecológicamente sensíveis, como encostas íngremes⁸⁷. A LPVN permite que proprietários de terras compensem o desmatamento florestal já ocorrido com a compra ou aluguel de florestas em outros locais; em vista das questões sobre permanência, esse mecanismo tem se provado útil para apoiar a restauração de terras agrícolas ilegais em parques nacionais⁸⁸. A legislação federal varia muito entre os países amazônicos. Uma estratégia a ser incentivada para desenvolver uma série de abordagens para os países amazônicos seria vincular as políticas nacionais com as várias declarações e incentivos internacionais que promovem a restauração, inclusive as declarações de Nova Iorque e de Amsterdã, o Desafio de Bonn e a Iniciativa 20x20, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 15 Vida Terrestre, a Convenção sobre Diversidade Biológica, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, compromissos para eliminação do desmatamento e o combate ao desmatamento importado.

Conclusões A fim de maximizar seu impacto ecológico e social, a restauração precisa ser implementada de forma a considerar seus benefícios através das escalas, inclusive no nível do bioma, dentro das paisagens e bacias, e através de diferentes grupos de atores locais e stakeholders. Aplicar as abordagens de restauração mais adequadas aos lugares certos exigirá novos esforços de priorização que levem em conta os múltiplos benefícios e incluam a viabilidade social, necessidades ecológicas e os riscos colocados pelas mudanças climáticas.

Referências

1. Margules, C. R. & Pressey, R. L. Systematic conservation planning. *Nature* 405, 243–253 (2000).
2. Strassburg, B. B. N. *et al.* Global priority areas for ecosystem restoration. *Nature* 586, 724–729 (2020).
3. Beechie, T., Pess, G., Roni, P. & Giannico, G. Setting river restoration priorities: A review of approaches and a general protocol for identifying and prioritizing actions. *North Am. J. Fish. Manag.* 28, 891–905 (2008).
4. McIntosh, E. J., Pressey, R. L., Lloyd, S., Smith, R. J. & Grenyer, R. The impact of systematic conservation planning. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 42, 677–697 (2017).
5. Crouzeilles, R. *et al.* Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conserv. Lett.* 13, e12709 (2020).
6. WePlan Forests. weplan-forests.org. (2021).
7. Alteff, E. F. *et al.* The rarest of the rare: rediscovery and status of the critically endangered Belem Curassow, *Crax fasciolata pinima* (Pelzeln, 1870). *Pap. Avulsos Zool.* 59, e20195946 (2019).
8. BirdLife International. BirdLife | Partnership for nature and people. <https://www.birdlife.org/> (2021).
9. IUCN & List Red. IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/> (2020).
10. Ward, J. V. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *J. North Am. Benthol. Soc.* 8, 2–8 (1989).
11. Castello, L. & Macedo, M. N. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Glob. Chang. Biol.* 22, 990–1007 (2016).
12. Freeman, M. C., Pringle, C. M., Greathouse, E. A. & Freeman, B. J. Ecosystem-level consequences of migratory faunal depletion caused by dams. in *American Fisheries Society Symposium* vol. 35 255–266 (2003).
13. Flecker, A. S. *et al.* Migratory fishes as material and process subsidies in riverine ecosystems. in *American Fisheries Society Symposium* vol. 73 559–592 (2010).
14. Chazdon, R. L. *et al.* Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. *Sci. Adv.* 2, e1501639 (2016).
15. Lewis, S. L., Wheeler, C. E., Mitchard, E. T. A. & Koch, A. Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. *Nature* 568, 25–28 (2019).
16. Cook-Patton, S. C. *et al.* Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth. *Nature* 585, 545–550 (2020).
17. Nobre, C. A. *et al.* Land-use and climate change risks in the amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 113, (2016).
18. Rodrigues, A. S. L. *et al.* Boom-and-Bust Development Patterns Across the Amazon Deforestation Frontier. *Science* 324, 1435–1437 (2009).
19. Andrea, M. C. da S., Dallacort, R., Tieppo, R. C. & Barbieri, J. D. Assessment of climate change impact on double-cropping systems. *SN Appl. Sci.* 2, 1–13 (2020).
20. Reed, J., Van Vianen, J., Deakin, E. L., Barlow, J. & Sunderland, T. Integrated landscape approaches to managing social and environmental issues in the tropics: learning from the past to guide the future. *Glob. Chang. Biol.* 22, 2540–2554 (2016).
21. Reed, J., Van Vianen, J., Deakin, E. L., Barlow, J. & Sunderland, T. Integrated landscape approaches to managing social and environmental issues in the tropics: learning from the past to guide the future. *Global change biology* vol. 22 2540–2554 (2016).
22. Shiferaw, B. & Rao, K. Integrated management of watersheds for agricultural diversification and sustainable livelihoods in

- eastern and central Africa: lessons and experiences from Semi-Arid South Asia. in *Proceedings of the International Workshop held at ICRISAT, Nairobi 6–7 December 2004* (2006).
23. Ianni, E. & Geneletti, D. Applying the Ecosystem Approach to Select Priority Areas for Forest Landscape Restoration in the Yungas, Northwestern Argentina. *Environ. Manage.* 46, 748–760 (2010).
 24. Celentano, D. *et al.* Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. *Land use policy* 68, 692–698 (2017).
 25. Chazdon, R. L., Gutierrez, V., Brancalion, P. H. S., Laestadius, L. & Guariguata, M. R. Co-Creating Conceptual and Working Frameworks for Implementing Forest and Landscape Restoration Based on Core Principles. *Forests* 11, 706 (2020).
 26. Ota, L. *et al.* Achieving Quality Forest and Landscape Restoration in the Tropics. *Forests* 11, 820 (2020).
 27. César, R. G. *et al.* Forest and Landscape Restoration: A Review Emphasizing Principles, Concepts, and Practices. *Land* 10, 28 (2021).
 28. Leal, C. G. *et al.* Integrated terrestrial-freshwater planning doubles conservation of tropical aquatic species. *Science* 370, 117–121 (2020).
 29. Abell, R. *et al.* Freshwater biodiversity conservation through source water protection: quantifying the potential and addressing the challenges. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 29, 1022–1038 (2019).
 30. Bottazzi, P., Wiik, E., Crespo, D. & Jones, J. P. G. Payment for environmental “self-service”: Exploring the links between Farmers’ motivation and additionality in a conservation incentive programme in the Bolivian Andes. *Ecol. Econ.* 150, 11–23 (2018).
 31. Betts, M. G. *et al.* Extinction filters mediate the global effects of habitat fragmentation on animals. *Science* 366, 1236–1239 (2019).
 32. Moore, R. P., Robinson, W. D., Lovette, I. J. & Robinson, T. R. Experimental evidence for extreme dispersal limitation in tropical forest birds. *Ecol. Lett.* 11, 960–968 (2008).
 33. Lees, A. C. & Peres, C. A. Gap-crossing movements predict species occupancy in Amazonian forest fragments. *Oikos* 118, 280–290 (2009).
 34. Lees, A. C. & Peres, C. A. Rapid avifaunal collapse along the Amazonian deforestation frontier. *Biol. Conserv.* 133, 198–211 (2006).
 35. Hurd, L. E. *et al.* Amazon floodplain fish communities: Habitat connectivity and conservation in a rapidly deteriorating environment. *Biological Conservation* vol. 195 118–127 (2016).
 36. Hurd, L. E. *et al.* Amazon floodplain fish communities: Habitat connectivity and conservation in a rapidly deteriorating environment. *Biol. Conserv.* 195, 118–127 (2016).
 37. Mendes, C. B. & Prevedello, J. A. Does habitat fragmentation affect landscape-level temperatures? A global analysis. *Landsc. Ecol.* 35, 1743–1756 (2020).
 38. Bhagwat, S. A., Willis, K. J., Birks, H. J. B. & Whittaker, R. J. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends Ecol. Evol.* 23, 261–267 (2008).
 39. Hall, A., Chiu, Y. & Selker, J. S. Coupling high-resolution monitoring and modelling to verify restoration-based temperature improvements. *River Res. Appl.* 36, 1430–1441 (2020).
 40. Bradshaw, C. J. A., Sodhi, N. S., Peh, K. S. H. & Brook, B. W. Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Glob. Chang. Biol.* 13, 2379–2395 (2007).
 41. Dixon, S. J., Sear, D. A., Odoni, N. A., Sykes, T. & Lane, S. N. The effects of river restoration on catchment scale flood risk and flood hydrology. *Earth Surf. Process. Landforms* 41, 997–1008 (2016).
 42. Stanturf, J. A. *et al.* *Forest landscape restoration as a key component of climate change mitigation and adaptation.* (International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) Vienna, Austria, 2015).
 43. Ferreira, J. *et al.* Carbon-focused conservation may fail to protect the most biodiverse tropical forests. *Nat. Clim. Chang.* 8, 744–749 (2018).
 44. Reed, M. S. Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biol. Conserv.* 141, 2417–2431 (2008).
 45. Mather, A. S. The forest transition. *Area* 24, 367–379 (1992).
 46. Food and Agriculture Organization of the United Nations & International Tropical Timber Organization. *The State of Forests in the Amazon Basin, Congo Basin and Southeast Asia.* (2011).
 47. Ngo Bieng, M. A. *et al.* Relevance of secondary tropical forest for landscape restoration. *For. Ecol. Manage.* 493, 119265 (2021).
 48. Erbaugh, J. T. *et al.* Global forest restoration and the importance of prioritizing local communities. *Nat. Ecol. Evol.* 4, 1472–1476 (2020).
 49. Palmer, M. A. *et al.* Standards for ecologically successful river restoration. *J. Appl. Ecol.* 42, 208–217 (2005).
 50. Lee, M. & Hancock, P. Restoration and Stewardship Volunteerism. in *Human Dimensions of Ecological Restoration* 23–38 (Island Press/Center for Resource Economics, 2011).
 51. Erbaugh, J. T. *et al.* Global forest restoration and the importance of prioritizing local communities. *Nat. Ecol. Evol.* 4, 1472–1476 (2020).
 52. de Bell, S., Graham, H. & White, P. C. L. Evaluating Dual Ecological and Well-Being Benefits from an Urban Restoration Project. *Sustainability* 12, 695 (2020).
 53. Aronson, J. & Alexander, S. Ecosystem Restoration is Now a Global Priority: Time to Roll up our Sleeves. *Restor. Ecol.* 21, 293–296 (2013).
 54. Sabogal, C., Besacier, C. & McGuire, D. Forest and landscape restoration: Concepts, approaches and challenges for implementation. *Unasylva* 66, 3 (2015).
 55. Stanturf, J. A. *et al.* Implementing forest landscape restoration under the Bonn Challenge: a systematic approach. *Ann. For. Sci.* 76, 1–21 (2019).
 56. Viani, R. A. G. *et al.* Protocol for monitoring tropical forest restoration: perspectives from the Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. *Trop. Conserv. Sci.* 10, 1940082917697265 (2017).
 57. Adams, C., Rodrigues, S. T., Calmon, M. & Kumar, C. Impacts of large-scale forest restoration on socioeconomic status

- and local livelihoods: what we know and do not know. *Biotropica* vol. 48 731–744 (2016).
58. Erbaugh, J. T. & Oldekop, J. A. Forest landscape restoration for livelihoods and well-being. *Current Opinion in Environmental Sustainability* vol. 32 76–83 (2018).
 59. Harris, J. A., Hobbs, R. J., Higgs, E. & Aronson, J. Ecological restoration and global climate change. (2006).
 60. Jackson, S. T. & Hobbs, R. J. Ecological restoration in the light of ecological history. *Science* 325, 567–569 (2009).
 61. Phillips, O. L. *et al.* Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* 323, 1344–1347 (2009).
 62. McDowell, N. *et al.* Drivers and mechanisms of tree mortality in moist tropical forests. *New Phytol.* 219, 851–869 (2018).
 63. Esquivel-Muelbert, A. *et al.* Compositional response of Amazon forests to climate change. *Glob. Chang. Biol.* 25, 39–56 (2019).
 64. Elias, F. *et al.* Assessing the growth and climate sensitivity of secondary forests in highly deforested Amazonian landscapes. *Ecology* 101, (2020).
 65. Smith, C. C. *et al.* Secondary forests offset less than 10% of deforestation-mediated carbon emissions in the Brazilian Amazon. *Glob. Chang. Biol.* 26, 7006–7020 (2020).
 66. Fu, R. *et al.* Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future climate projection. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 18110–18115 (2013).
 67. Berenguer, E. *et al.* Seeing the woods through the saplings: Using wood density to assess the recovery of human-modified Amazonian forests. *J. Ecol.* 106, 2190–2203 (2018).
 68. Aleixo, I. *et al.* Amazonian rainforest tree mortality driven by climate and functional traits. *Nat. Clim. Chang.* 9, 384–388 (2019).
 69. Ray, D., Nepstad, D. & Moutinho, P. Micrometeorological and canopy controls of flammability in mature and disturbed forests in an east-central Amazon landscape. *Ecol. Appl* 15, 2 (2005).
 70. Uriarte, M. *et al.* Impacts of climate variability on tree demography in second growth tropical forests: the importance of regional context for predicting successional trajectories. *Biotropica* 48, 780–797 (2016).
 71. Lohbeck, M. *et al.* Successional changes in functional composition contrast for dry and wet tropical forest. *Ecology* 94, 1211–1216 (2013).
 72. Sullivan, M. J. P. *et al.* Long-term thermal sensitivity of Earth’s tropical forests. *Science* 368, 869–874 (2020).
 73. Brêda, J. P. L. F. *et al.* Climate change impacts on South American water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections. *Clim. Change* 159, 503–522 (2020).
 74. Devol, A. H., Forsberg, B. R., Richey, J. E. & Pimentel, T. P. Seasonal variation in chemical distributions in the Amazon (Solimoes) River: A multiyear time series. *Global Biogeochem. Cycles* 9, 307–328 (1995).
 75. Almeida, R. M. *et al.* Phosphorus transport by the largest Amazon tributary (Madeira River, Brazil) and its sensitivity to precipitation and damming. *Int. Waters* 5, 275–282 (2015).
 76. Abril, G. *et al.* Amazon River carbon dioxide outgassing fuelled by wetlands. *Nature* 505, 395–398 (2014).
 77. Almeida, C. T., Oliveira-Júnior, J. F., Delgado, R. C., Cubo, P. & Ramos, M. C. Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973–2013. *Int. J. Climatol.* 37, 2013–2026 (2017).
 78. Feitosa, I. B. *et al.* Plankton community interactions in an Amazonian floodplain lake, from bacteria to zooplankton. *Hydrobiologia* 831, 55–70 (2019).
 79. Brondizio, E. S. *et al.* Making place-based sustainability initiatives visible in the Brazilian Amazon. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 49, 66–78 (2021).
 80. Brancalion, P. H. S. *et al.* Fake legal logging in the Brazilian Amazon. *Sci. Adv.* 4, eaat1192 (2018).
 81. Garrett, R. D. *et al.* Intensification in agriculture-forest frontiers: Land use responses to development and conservation policies in Brazil. *Glob. Environ. Chang.* 53, 233–243 (2018).
 82. Alix-Garcia, J. & Gibbs, H. K. Forest conservation effects of Brazil’s zero deforestation cattle agreements undermined by leakage. *Glob. Environ. Chang.* 47, 201–217 (2017).
 83. Coudel, E. *et al.* The rise of PES in Brazil: from pilot projects to public policies. in *Handbook of Ecological Economics* (Edward Elgar Publishing, 2015).
 84. Pokorny, B., Johnson, J., Medina, G. & Hoch, L. Market-based conservation of the Amazonian forests: Revisiting win-win expectations. *Geoforum* 43, 387–401 (2012).
 85. L. Resque, A. *et al.* Agrobiodiversity and Public Food Procurement Programs in Brazil: Influence of Local Stakeholders in Configuring Green Mediated Markets. *Sustainability* 11, 1425 (2019).
 86. Garrett, R. D. *et al.* Drivers of decoupling and recoupling of crop and livestock systems at farm and territorial scales. *Ecol. Soc.* 25, art24 (2020).
 87. Brasil. Lei 12.641, de 25 de maio de 2012. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm (2012).
 88. Giannichi, M. L. *et al.* Divergent Landowners’ Expectations May Hinder the Uptake of a Forest Certificate Trading Scheme. *Conserv. Lett.* 11, e12409 (2018).