

# Capítulo 27 Em Síntese

Medidas de conservação para enfrentar as principais ameaças à biodiversidade amazônica



Grande área de garimpo com dezenas de barracões, rio Uraricoera, Terra Indígena Yanomami  
(Foto: Bruno Kelly/Amazônia Real)



**THE AMAZON WE WANT**  
Science Panel for the Amazon

# Medidas de conservação para enfrentar as principais ameaças à biodiversidade amazônica

*Jos Barlow<sup>a,\*</sup>, Alexander C. Lees<sup>b</sup>, Plinio Sist<sup>c,d,\*</sup>, Rafael Almeida<sup>e</sup>, Caroline Arantes<sup>f</sup>, Dolors Armenteras<sup>g</sup>, Erika Berenguer<sup>a,h</sup>, Patrick Caron<sup>d</sup>, Francisco Cuesta<sup>i</sup>, Carolina Doria<sup>j</sup>, Joice Ferreira<sup>k</sup>, Alexander Flecker<sup>c</sup>, Sebastian Heilpern<sup>l</sup>, Michelle Kalamandeen<sup>m</sup>, Nathália Nascimento<sup>n</sup>, Marielos Peña-Claros<sup>o</sup>, Camille Piponiot<sup>p</sup>, Paulo Santos Pompeu<sup>q</sup>, Carlos Souza<sup>r</sup>, Judson F. Valentim<sup>s</sup>*

## Mensagens Principais e Recomendações

- 1) A biodiversidade da Amazônia e o funcionamento dos ecossistemas são ameaçados por uma ampla variedade de causas com origem dentro da bacia e no resto do mundo.
- 2) Entre essas causas, citamos a pecuária, expansão agrícola e especulação de terras; a exploração não sustentável da caça e pesca; mudanças climáticas; infraestrutura inadequada; extração de minérios e geração de energia; espécies invasoras; conflitos e instabilidade social; poluição; e fragmentação dos cursos d'água por pequenas barragens e represas.
- 3) Fatores de estresse muitas vezes ocorrem simultaneamente nas mesmas regiões, o que pode amplificar seus efeitos ou criar novos problemas.
- 4) Em vista dessa complexidade, não existe uma solução única ou simples para resolver os problemas socioambientais da Amazônia. Em vez disso, um amplo conjunto de iniciativas precisa ser mais uma vez adotado, replicado e ampliado,

alavancando a complexidade socioeconômica, cultural e ecológica da Amazônia.

- 5) As ações realizadas na Amazônia devem ser acompanhadas por mudanças nos países e regiões não amazônicas a fim de limitar mudanças climáticas e evitar a exportação de danos ambientais, como desmatamento e fragmentação de rios.

**Resumo** As atividades humanas destroem a biodiversidade e perturbam o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e terrestres em diferentes níveis. Este capítulo apresenta abordagens sustentáveis para lidar com algumas das maiores ameaças à biodiversidade e aos ecossistemas da Amazônia, ou seja, o desmatamento, o represamento de rios, a exploração de minérios, a caça, o comércio ilegal, a produção e tráfico de drogas, a extração ilegal de madeira, a pesca predatória e a expansão da infraestrutura. O papel da restauração é abordado nos Capítulos 28 e 29.

<sup>a</sup> Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, UK, [jos.barlow@lancaster.ac.uk](mailto:jos.barlow@lancaster.ac.uk)

<sup>b</sup> Department of Natural Sciences, Manchester Metropolitan University, UK

<sup>c</sup> Agricultural Research Centre for International Development – France. CIRAD, [sist@cirad.fr](mailto:sist@cirad.fr).

<sup>d</sup> Université de Montpellier, UR Forests & Societies, Montpellier 34398, France

<sup>e</sup> Department of Ecology and Evolutionary Biology, Cornell University, 616 Thurston Ave., Ithaca NY 14853, USA

<sup>f</sup> Division of Forestry and Natural Resources, 325G Percival Hall, 1145 Evansdale Drive, West Virginia University, USA.

<sup>g</sup> Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

<sup>h</sup> Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford, UK.

<sup>i</sup> Grupo de Investigación en Biodiversidad, Medio Ambiente y Salud - BIOMAS - Universidad de Las Américas (UDLA), Quito, Ecuador

<sup>j</sup> Laboratório de Ictiologia e Pesca, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, Brazil

<sup>k</sup> Embrapa Amazonia Oriental, Trav. Eneas Pinheiro, Belém, Brazil

<sup>l</sup> Department of Natural Resources, Cornell University, USA

<sup>m</sup> School of Geography, University of Leeds, Leeds, UK

<sup>n</sup> Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Instituto de Estudos Climáticos, Vitória, Espírito Santo, Brazil.

<sup>o</sup> Forest Ecology and Forest Management Group, Wageningen University & Research, Wageningen, The Netherlands

<sup>p</sup> Smithsonian Conservation Biology Institute & Smithsonian Tropical Research Institute, Republic of Panama

<sup>q</sup> Departamento de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Naturais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil.

<sup>r</sup> Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém, PA, Brazil.

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

**Perda de habitat e degradação do ecossistema resultantes da pecuária, expansão agrícola e especulação de terras** O desmatamento, a degradação florestal e a transformação de ecossistemas não florestais ameaçam a biodiversidade nativa em toda a Amazônia (veja o Capítulo 19).

Onde o desmatamento é a maior ameaça, ações de conservação podem ser desenvolvidas em torno da adoção, replicação ou retorno de intervenções que tiveram sucesso no passado ou em outras regiões. Estes incluem (i) monitoramento quase em tempo real da perda florestal em toda a bacia, (ii) ações eficazes de fiscalização, (iii) aplicação de sanções conforme permitido pelas leis ambientais e restrições de crédito a proprietários de terras em zonas de alto desmatamento, (iv) proibição temporária para cultivo de soja e pecuária, (v) incentivos para sistemas agrícolas que evitam desmatamento, (vi) expansão e proteção genuína de áreas protegidas, incluindo reservas de uso sustentável e territórios Indígenas, e (vii) apoio e reconhecimento das ações dos grupos locais, incluindo mapeamentos e patrulhas lideradas pela comunidade.

Os avanços no sensoriamento remoto podem apoiar de forma significativa essas intervenções, permitindo avaliações em tempo real, escala mais precisa e avaliações de maior resolução temporal da perda florestal e capacidade aprimorada de rastrear fatores de degradação, como focos de incêndio e extração de madeira. O sensoriamento remoto também precisa rastrear a perda e degradação de ecossistemas não florestais, o que pode ser muito mais difícil de detectar.

O sucesso das intervenções destinadas a prevenir o desmatamento e a degradação exige melhor governança e redução da corrupção em todos os níveis<sup>1,2</sup>. Para avaliar a conservação da vegetação nativa em terras privadas, é necessário ter registros atualizados de propriedades de terra (por exemplo, Cadastro Ambiental Rural - CAR no Brasil). A redução do impacto negativo de commodities fortemente associadas ao desmatamento, como carne bovina, soja e minerais, exige uma governança cuidadosa e transparência para rastrear e eliminar o desmatamento

das cadeias de abastecimento<sup>3</sup>. Isso exigirá mudanças na governança e na responsabilidade financeira dos países que importam produtos amazônicos.

### **Degradação dos ecossistemas resultante do uso de recursos biológicos**

*Caça* A caça ilegal de animais selvagens é amplamente difundida e culturalmente inserida na Amazônia, representando uma grande ameaça para alguns vertebrados amazônicos e, em última instância, para os ecossistemas. Proteger espécies ameaçadas da caça é crucial para sua persistência a longo prazo. Ainda assim, as intervenções de conservação também precisam considerar impactos potenciais sobre a população local, para quem a caça é um aspecto crítico da cultura, do conhecimento tradicional e da diversidade alimentar<sup>4</sup>. Bragagnolo et al. (2019)<sup>5</sup> elaboraram uma série de recomendações para mitigar os impactos da caça, considerando o bem-estar humano, incluindo simplificar o processo de registro para se tornar um caçador de subsistência e estender os esquemas de licenciamento e vinculá-los a programas de gestão da vida selvagem baseados na comunidade. Essas ações podem ser apoiadas pela criação de "zonas proibidas" que fomentam a dinâmica fonte-sumidouro<sup>6</sup>. Em circunstâncias em que a pressão da caça precisa ser reduzida, as intervenções podem incluir o fornecimento de meios de subsistência alternativos, a modificação dos esquemas das cadeias de suprimentos por meio da substituição, e a utilização de campanhas de marketing social e educacional para mudar o comportamento dos principais grupos demográficos<sup>5</sup>.

*Pesca predatória* A pesca na Amazônia abrange um gradiente de intensidade, de industrial à artesanal, e utiliza diversos equipamentos e técnicas, com impactos que variam no tempo e no espaço em diferentes ecossistemas fluviais. Isso pode levar ao esgotamento das populações, mas, como acontece com a caça, impacta desproporcionalmente algumas espécies mais do que outras, com os maiores impactos em peixes de grande porte, dos quais muitos são também migratórios, representando desafios de gestão transfronteiriça. Soluções que conservam

vertebrados terrestres se aplicam igualmente à pesca, com foco na gestão integrada da pesca, que pode incluir planejamento baseado na comunidade, avaliações cuidadosas das populações que consideram histórias de vida das espécies, implementação de áreas proibidas e controle das atividades de comércio. A aplicação de limites existentes para o período de defeso e requisitos de tamanho mínimos aumentaria a produtividade da população, limitaria a superexploração<sup>7</sup>, e protegeria indivíduos sexualmente imaturos para prevenção do colapso das populações de peixes, mesmo se a pesca não fosse restrita<sup>8</sup>.

*Comércio ilegal de espécies selvagens* O tráfico é a principal causa do declínio de muitos peixes ornamentais e de algumas espécies terrestres, como pássaros canoros. A fiscalização local poderia ser mais eficaz se fosse apoiada por medidas adicionais para aumentar a legalização e sustentabilidade da criação de espécies, enfatizando a importância das aves criadas em cativeiro<sup>9</sup> e a instituição de linhagens cativas controladas por pedigree<sup>10</sup>.

*Extração ilegal de madeira* A extração ilegal de madeira pode ser uma grande causa da degradação florestal, enfraquecendo a resiliência da floresta à queimadas e secas<sup>11</sup> e aumentando o risco de extinção comercial das espécies de madeira mais valiosas<sup>12-14</sup>. O maior desafio para a exploração madeireira é a alta prevalência de ilegalidade, mesmo dentro de concessões legais<sup>15,16</sup>. Sistemas públicos aprimorados para gerenciar a exploração madeireira e cadeias de suprimentos rastreáveis e transparentes são urgentemente necessários<sup>15</sup>. Big data, uso de veículos aéreos não tripulados (VANT)<sup>17</sup>, e tecnologias de DNA podem apoiar processos de verificação<sup>18</sup>. Melhorias também podem ser feitas através da criação de parcerias florestais mais fortes entre os vários atores, incluindo as comunidades locais<sup>19</sup>.

### **Degradação do ecossistema resultante da mudança climática e condições climáticas adversas**

As mudanças climáticas e os extremos climáticos são as principais causas da degradação dos ecossistemas. Os impactos podem ser diretos e imediatos,

como secas que causam mortalidade generalizada de árvores e da vida aquática<sup>20,21</sup>, ou inundações catastróficas<sup>22,23</sup>. Eventos climáticos extremos alteram a disponibilidade de recursos essenciais, como árvores frutíferas<sup>24</sup>, e ocasionam grandes mudanças nas populações de espécies selvagens<sup>25</sup>. As mudanças climáticas também podem agir lentamente, ao longo do tempo, alterando padrões de temperatura e precipitação, aumentando a duração da estação seca<sup>26</sup>, e mudando a composição da vegetação<sup>27</sup>. Mudanças climáticas e extremos climáticos também podem agir em conjunto com outros distúrbios para aumentar a probabilidade de queimadas em grande escala<sup>28</sup> e colapsos ecológicos<sup>29</sup> (veja também os Capítulos 22-24).

Um grande desafio é a abordagem dos fatores climáticos generalizados, que exigem ações para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, inclusive em países não amazônicos que historicamente têm emitido a maior parte do dióxido de carbono. No entanto, ações dentro da Amazônia também são cruciais. Em primeiro lugar, a Amazônia é, em si mesma, uma potência global em estocar e sequestrar carbono, e a mudança no uso da terra regional contribui com a maior parte das emissões de GEE das nações amazônicas. A gestão local para evitar o desmatamento e a degradação florestal e estimular a restauração pode desempenhar um papel fundamental na mitigação da mudança climática global, se acompanhada pela redução de emissões em outras regiões. Em segundo lugar, ela pode ser a chave para permitir que os ecossistemas mantenham sua resiliência inata ao estresse climático<sup>30</sup>. Por exemplo, evitar a extração de madeira e criar barreiras nas bordas da floresta com florestas em regeneração poderia ajudar a reter microclimas florestais úmidos<sup>31</sup>, reduzindo o risco de queimadas. Os troncos em florestas intactas também podem ser mais resistentes ao estresse do fogo, com menor probabilidade de mortalidade arbórea<sup>32</sup>. A gestão local que incentiva o fluxo livre dos rios também pode tornar os sistemas aquáticos mais resistentes ao clima; por exemplo, megabarragens e climas extremos interagem para exacerbar as mudanças no funcionamento do ecossistema nas florestas a jusante<sup>33</sup>.

**Infraestrutura como causa de mudanças: estradas e ferrovias** Experiências anteriores sugerem que sem mudanças dramáticas na governança, aumentar o acesso a novas regiões por meio da construção ou pavimentação de estradas resultará no aumento inevitável do desmatamento e da degradação ambiental (veja os Capítulos 14 e 19). Mudanças na governança são improváveis no curto prazo e ainda não se mostraram eficazes em escalas menores; portanto, manter a integridade da Amazônia requer a suspensão da construção de novas estradas e uma abordagem muito cautelosa para melhorar as estradas existentes. Isso é especialmente importante quando os projetos de construção ou melhoria de estradas atravessam regiões anteriormente inacessíveis ou remotas; exemplos incluem a IIRSA, a estrada planejada para a 'Calha Norte' da Amazônia brasileira e a pavimentação de rodovias como a BR319 entre Manaus e Porto Velho. É preciso haver maior ponderação sobre o que são boas estradas (ou seja, aquelas importantes para a economia local e as pessoas) e estradas ruins (ou seja, aquelas que abrem fronteiras florestais, incentivam a grilagem de terras e uma ampla gama de atividades ilegais e são motivadas por razões geopolíticas ou especulação de terras). Além disso, grandes empreendimentos de infraestrutura devem evitar áreas protegidas e territórios Indígenas.

**Energia e mineração como impulsionadores de mudança** Ao invés de se construir grandes barragens, fontes alternativas de energia renovável devem ser aproveitadas na Amazônia, incluindo energia solar isolada<sup>34</sup>, de biomassa e eólica. Onde as barragens são essenciais, o foco deve ser em estações hidrelétricas de cabeceiras menores ao longo dos afluentes terciários que minimizam os impactos sobre a biodiversidade<sup>35</sup>. A aprovação de novas barragens também deve ser acompanhada por avaliações de impacto detalhadas e independentes, e análises realistas da produção futura de energia em diferentes cenários climáticos<sup>36</sup>. Os esforços para modernizar as usinas hidrelétricas mais antigas podem levar a menores impactos ecológicos e sociais adicionais. Ainda assim, a mudança para formas alternativas de energia renovável provavelmente proporcionará os maiores benefícios.

A mineração de ouro é uma fonte de mercúrio nas águas dos rios. O mercúrio é acumulado ao longo da cadeia alimentar até os humanos, especialmente em populações que dependem fortemente do consumo de peixes, levando a graves danos neurológicos e motores, mesmo em populações que vivem a quilômetros das fontes de poluição (veja o Capítulo 21). Essas atividades predominantemente ilegais precisam ser coibidas imediatamente. Embora regulamentada, a mineração em grande escala deve considerar seus impactos indiretos - por exemplo, o aumento do desmatamento por até 70 km de distância da concessão em razão da migração humana (veja o Capítulo 19).

**Espécies invasoras** O conhecimento dos impactos das espécies invasoras na Amazônia é limitado. Até o momento, a maioria dos impactos foi demonstrada em sistemas ribeirinhos que experimentam maior pressão de propágulos de espécies não nativas invasoras. Exemplos de ambientes aquáticos (carpa e tilápia) e terrestres (*Urochloa arrecta*, também conhecido como Capim Tanner Grass) demonstram a necessidade de uma biossegurança aprimorada para impedir a disseminação de espécies invasoras. O monitoramento pode ajudar a garantir a detecção precoce, mas precisa ser acompanhado por protocolos de biossegurança eficazes que evitem o transporte de espécies invasoras para a Amazônia. Isso requer uma gestão coordenada em vários níveis e a estreita cooperação dos governos estaduais e locais.

**Ingerência humana: Guerra e instabilidade social** Entre os impulsionadores do desmatamento, as guerras e os conflitos violentos afetam as florestas e a biodiversidade em muitos países da América Latina<sup>37-39</sup>. Em alguns casos, o conflito armado resulta no aumento das taxas de desmatamento<sup>39,40</sup>, principalmente devido a mudanças na posse da terra e mudanças nas práticas agrícolas, incluindo a expansão de plantações ilícitas<sup>41</sup>. Em outros casos, ao limitar o acesso à floresta, os grupos armados reduziram inadvertidamente a exploração florestal<sup>42</sup>, impediram o desenvolvimento da infraestrutura e da agricultura<sup>43</sup>, e até mesmo facilitaram a recuperação<sup>37</sup>. Situações pós-conflito exigem um

gerenciamento cuidadoso. Na Colômbia, após décadas de instabilidade social, o recente acordo de paz de 2016 expandiu práticas de desenvolvimento insustentáveis, resultando em um aumento no desmatamento em algumas áreas de fronteira. Um aumento desproporcional de queimadas foi o primeiro sinal indicativo da degradação florestal em grande escala<sup>44</sup> e da transformação no coração das principais áreas protegidas da Amazônia colombiana<sup>45</sup>.

Estabelecer controle e governança legítimos do governo em antigas zonas de conflito, como em partes da Colômbia, é fundamental para garantir que as taxas de desmatamento não aumentem durante os períodos de transição. Na Colômbia, é necessário trabalhar com as comunidades em territórios Indígenas e terras mantidas coletivamente por afrocolombianos para definir objetivos de conservação dentro do contexto mais amplo de aspirações de desenvolvimento local<sup>41</sup>. Essas atividades são prejudicadas pelo assassinato de líderes ambientais e comunitários na Colômbia<sup>46</sup> e pelos recentes aumentos na área coberta por plantações ilícitas<sup>45</sup>. O apoio político, técnico e financeiro aos pequenos produtores rurais para garantir a transição da coca para o uso legal da terra é necessário e deve ser promovido.

Algumas soluções se encontram fora da Amazônia. Por exemplo, a desregulamentação e legalização das drogas no mundo desenvolvido reduziria a renda das gangues e abriria oportunidades para o desenvolvimento sustentável e a conservação em regiões afetadas pelo cultivo e tráfico de drogas<sup>37</sup>.

**Resíduos agrícolas, aquícolas e industriais; resíduos plásticos; metais pesados e mercúrio** A Amazônia precisa de uma rede de monitoramento da qualidade da água que se estenda pelas diversas bacias hidrográficas, proporcionando uma forma de vincular as mudanças na qualidade às mudanças na biodiversidade e nas condições dos ecossistemas. Isso também é fundamental para as comunidades humanas, haja vista que os rios são a principal fonte de água potável da região e que é consumida sem tratamento em muitas áreas<sup>47</sup>. Embora a água seja tratada para consumo nas cidades amazônicas, o

tratamento de esgoto é frequentemente inexistente ou ineficaz e requer investimento urgente (veja o Capítulo 33). O monitoramento também deve abranger zonas industriais e de mineração, como Manaus (Amazonas) e Barcarena (Pará), respectivamente, onde barragens de resíduos industriais representam um grande risco para a saúde humana e do ecossistema<sup>48</sup>. A poluição causada por essas e outras atividades de mineração - especialmente a mineração de ouro (veja o Capítulo 21) - precisa ser abordada com atividades eficazes de comando e controle. São necessárias pesquisas urgentes para compreender o impacto dos defensivos agrícolas na biodiversidade e nos serviços dos ecossistemas, tanto nos ecossistemas aquáticos quanto nos terrestres. As soluções envolvem triagem e licenciamento mais rigorosos de produtos químicos e melhor treinamento para produtores rurais em relação ao seu uso. Essas questões são especialmente pertinentes no sul da bacia<sup>49</sup>. A poluição por plásticos é um problema crescente e as ações específicas de cada país (veja o Capítulo 28) precisam ser apoiadas por uma regulamentação em toda a bacia.

**Pequenas barragens resultantes da agricultura e da infraestrutura de estradas** A fragmentação dos cursos de água na Amazônia também está associada ao cruzamento de rios por estradas e galerias de escoamento inadequados. Embora sejam pequenas, essas barreiras têm consequências em termos de topografia para as espécies coletivamente<sup>50</sup>; os pequenos reservatórios que elas criam rio acima constituem um componente importante da mudança de habitat dentro do rio<sup>51</sup>. A localização inadequada desses cruzamentos também isola as populações aquáticas ao interromper as vias de dispersão<sup>52</sup>, potencialmente dificultando as oportunidades de recolonização após eventos de extinção<sup>53,54</sup>, e deslocando as distribuições devido às mudanças climáticas<sup>55</sup>. Como muitas estradas que cruzam rios na Amazônia exigem reparos anuais, substituí-las por estruturas menos danosas (pontes) poderia ter uma relação atraente em termos de custo-benefício. Apesar da crescente conscientização sobre os benefícios que podem ser obtidos com a adaptação das pequenas, mas difundidas, barreiras de fluxo criadas em cruzamentos de rios por estradas<sup>56</sup>, as ações

necessárias para realizar essa mudança são desestimuladas por sua situação legal; essas barreiras são consideradas de baixo impacto ambiental pelo Conselho Ambiental Brasileiro (CONAMA, 2006, resolução 369).

### Degradação do ecossistema a partir das interações entre fatores de estresse

Muitos dos fatores de estresse acima mencionados ocorrem simultaneamente, e um conjunto de fatores de estresse pode amplificar a prevalência e o impacto de outros fatores ou criar novos problemas. As queimadas são um exemplo relevante de tal interação, pois são incentivadas por uma combinação de fatores de estresse locais e climáticos. Embora o combate às mudanças climáticas seja prioridade global, esse é um processo lento e a prevenção de queimadas nas próximas décadas exigirá medidas de conservação que abordem suas causas locais<sup>58</sup>. As políticas de conservação precisam ajudar os agricultores a adaptar as práticas agrícolas existentes para evitar o uso de queimadas, ao mesmo tempo em que consideram as perspectivas locais<sup>59</sup>. As queimadas também podem ser reduzidas evitando a extração ilegal de madeira, uma vez que as altas taxas de extração e a falta de planejamento pré-corte ou de gestão de acompanhamento tornam as florestas tradicionalmente exploradas especialmente vulneráveis a focos de incêndio, devido às mudanças no microclima<sup>31</sup>. Finalmente, as queimadas podem ser combatidas por meio de monitoramento e previsão aprimorados praticamente em tempo real a partir da intensidade da seca e do risco de incêndio, especialmente se vinculados a brigadas de incêndio locais eficientes, dotadas de recursos e capazes. As brigadas de incêndio são fundamentais para a gestão eficaz dos parques na Amazônia boliviana e brasileira, mas continuam cronicamente com poucos recursos<sup>60</sup>.

**Conclusões** A conservação dos ecossistemas e espécies amazônicas exigirá um amplo conjunto de medidas que abordem o conjunto diversificado de ameaças e riscos encontrados. Essas medidas precisam ser implementadas em várias escalas e jurisdições; por exemplo, intervenções locais e mudanças nas políticas nacionais nos países amazônicos precisam ser apoiadas por compromissos internacionais para

reduzir mudanças climáticas, eliminar o desmatamento das cadeias de abastecimento e combater o comércio ilegal.

### Referências

1. Cuneit Koyuncu & Rasim Yilmaz. The Impact of Corruption on Deforestation: A Cross-Country Evidence. *J. Dev. Areas* **42**, 213–222 (2008).
2. Fischer, R., Giessen, L. & Günter, S. Governance effects on deforestation in the tropics: A review of the evidence. *Environ. Sci. Policy* **105**, 84–101 (2020).
3. Zu Ermgassen, E. K. H. J. *et al.* The origin, supply chain, and deforestation risk of Brazil's beef exports. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **117**, 31770–31779 (2020).
4. Ibarra, J. T. *et al.* When formal and market-based conservation mechanisms disrupt food sovereignty: impacts of community conservation and payments for environmental services on an indigenous community of Oaxaca, Mexico. *Int. For. Rev.* **13**, 318–337 (2011).
5. Bragagnolo, C. *et al.* Hunting in Brazil: What are the options? *Perspect. Ecol. Conserv.* **17**, 71–79 (2019).
6. Wilkie, D. S. & Carpenter, J. F. Bushmeat hunting in the Congo Basin: an assessment of impacts and options for mitigation. *Biodivers. Conserv.* **8**, 927–955 (1999).
7. Castello, L., McGrath, D. G. & Beck, P. S. A. Resource sustainability in small-scale fisheries in the Lower Amazon floodplains. *Fish. Res.* **110**, 356–364 (2011).
8. Myers, R. A. & Mertz, G. The limits of exploitation: a precautionary approach. *Ecol. Appl.* **8**, S165–S169 (1998).
9. Marshall, H. *et al.* Characterizing bird-keeping user-groups on Java reveals distinct behaviours, profiles and potential for change. *People Nat.* **2**, 877–888 (2020).
10. Ubaid, F. K. *et al.* Taxonomy, natural history, and conservation of the Great-billed Seed-Finch *Sporophila maximiliani* (Cabanis, 1851)(Thraupidae, Sporophilinae). *Zootaxa* **4442**, 551–571 (2018).
11. Alencar, A. A. C., Solórzano, L. A. & Nepstad, D. C. Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. *Ecol. Appl.* **14**, 139–149 (2004).
12. Blundell, A. G. & Gullison, R. E. Poor regulatory capacity limits the ability of science to influence the management of mahogany. in *Forest Policy and Economics* vol. 5 395–405 (Elsevier, 2003).
13. Richardson, V. A. & Peres, C. A. Temporal Decay in Timber Species Composition and Value in Amazonian Logging Concessions. *PLoS One* **11**, e0159035 (2016).
14. Branch, T. A., Lobo, A. S. & Purcell, S. W. Opportunistic exploitation: An overlooked pathway to extinction. *Trends in Ecology and Evolution* vol. 28 409–413 (2013).
15. Brancalion, P. H. S. *et al.* Fake legal logging in the Brazilian Amazon. *Sci. Adv.* **4**, eaat1192 (2018).
16. Finer, M., Jenkins, C. N., Sky, M. A. B. & Pine, J. Logging concessions enable illegal logging crisis in the peruvian amazon. *Sci. Rep.* **4**, 1–6 (2014).
17. Figueiredo, E. O., D'Oliveira, M. V. N., Locks, C. J. & Papa, D. de A. Estimativa do Volume de Madeira em Pátios de Estocagem de Toras por meio de Câmeras RGB Instaladas em Aeronaves

- Remotamente Pilotadas (ARP). *Bol. Pesqui. Número 9 - Embrapa* **d**, 1–59 (2016).
18. Degen, B. *et al.* Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. *Forensic Sci. Int. Genet.* **7**, 55–62 (2013).
  19. Ros-Tonen, M. A. F. *et al.* Forest-related partnerships in Brazilian Amazonia: there is more to sustainable forest management than reduced impact logging. *For. Ecol. Manage.* **256**, 1482–1497 (2008).
  20. Phillips, O. L. *et al.* Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* **323**, 1344–1347 (2009).
  21. Lennox, R. J., Crook, D. A., Moyle, P. B., Struthers, D. P. & Cooke, S. J. Toward a better understanding of freshwater fish responses to an increasingly drought-stricken world. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* vol. 29 71–92 (2019).
  22. Marengo, J. A. & Espinoza, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology* vol. 36 1033–1050 (2016).
  23. Barichivich, J. *et al.* Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Sci. Adv.* **4**, eaat8785 (2018).
  24. Wright, S. J., Carrasco, C., Calderon, O. & Paton, S. The El Niño Southern Oscillation, Variable Fruit Production, and Famine in a Tropical Forest. *Ecology* **80**, 1632 (1999).
  25. Bodmer, R. *et al.* Major shifts in Amazon wildlife populations from recent intensification of floods and drought. *Conserv. Biol.* **32**, 333–344 (2018).
  26. 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).
  27. Esquivel-Muelbert, A. *et al.* Compositional response of Amazon forests to climate change. *Glob. Chang. Biol.* **25**, 39–56 (2019).
  28. Aragão, L. E. O. C. *et al.* 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nat. Commun.* **9**, 536 (2018).
  29. 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.* **113**, 10759–10768 (2016).
  30. França, F. M. *et al.* Climatic and local stressor interactions threaten tropical forests and coral reefs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* vol. 375 (2020).
  31. Uhl, C. & Kauffman, J. B. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecology* **71**, 437–449 (1990).
  32. Berenguer, E. *et al.* Tracking the impacts of El Niño drought and fire in human-modified Amazonian forests. *Proc. Natl. Acad. Sci.* (2021).
  33. Moser, P., Simon, M. F., Medeiros, M. B., Gontijo, A. B. & Costa, F. R. C. Interaction between extreme weather events and mega-dams increases tree mortality and alters functional status of Amazonian forests. *J. Appl. Ecol.* **56**, 2641–2651 (2019).
  34. Sánchez, A. S., Torres, E. A. & Kalid, R. A. Renewable energy generation for the rural electrification of isolated communities in the Amazon Region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* vol. 49 278–290 (2015).
  35. Lees, A. C., Peres, C. A., Fearnside, P. M., Schneider, M. & Zuanon, J. A. S. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodivers. Conserv.* **25**, 451–466 (2016).
  36. Winemiller, K. O. *et al.* Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science* **351**, 128–129 (2016).
  37. McSweeney, K. *et al.* Drug Policy as Conservation Policy: Narco-Deforestation. *Science* **343**, 489–490 (2014).
  38. Fjeldså, J., Álvarez, M. D., Lazcano, J. M. & León, B. Illicit Crops and Armed Conflict as Constraints on Biodiversity Conservation in the Andes Region. *AMBIO A J. Hum. Environ.* **34**, 205–211 (2005).
  39. McNeely, J. A. Conserving forest biodiversity in times of violent conflict. *Oryx* **37**, 142–152 (2003).
  40. Hanson, T. *et al.* Warfare in Biodiversity Hotspots. *Conserv. Biol.* **23**, 578–587 (2009).
  41. Negret, P. J. *et al.* Emerging evidence that armed conflict and coca cultivation influence deforestation patterns. *Biol. Conserv.* **239**, 108176 (2019).
  42. Dávalos, L. M. The San Lucas mountain range in Colombia: how much conservation is owed to the violence? *Biodivers. Conserv.* **10**, 69–78 (2001).
  43. Reardon, S. FARC and the forest: Peace is destroying Colombia's jungle - and opening it to science. *Nature* **558**, 169–170 (2018).
  44. Murillo-Sandoval, P. J., Dexter, K. Van, Hoek, J. Van Den, Wrathall, D. & Kennedy, R. The end of gunpoint conservation: forest disturbance after the Colombian peace agreement. *Environ. Res. Lett.* **15**, 34033 (2020).
  45. Armenteras, D. *et al.* Curb land grabbing to save the Amazon. *Nat. Ecol. Evol.* **3**, 1497–1497 (2019).
  46. UN. *World Report 2021: Colombia*. Human Rights Watch <https://www.hrw.org/world-report/2021/country-chapters/colombia> (2021).
  47. Fenzl, N. & Mathis, A. Pollution of natural water resources in Amazonia: Sources, risks and consequences. *Issues local Glob. use water from Amaz. Montevideo, UNESCO* 57–76 (2004).
  48. Medeiros, A. C. *et al.* Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* **123**, 156–164 (2017).
  49. Lathuillière, M. J., Coe, M. T., Castanho, A., Graesser, J. & Johnson, M. S. Evaluating water use for agricultural intensification in Southern Amazonia using the Water Footprint Sustainability Assessment. *Water* **10**, 349 (2018).
  50. Schiesari, L., Ilha, P. R., Negri, D. D. B., Prado, P. I. & Grillitsch, B. Ponds, puddles, floodplains and dams in the Upper Xingu Basin: could we be witnessing the 'lentification' of deforested Amazonia? *Perspect. Ecol. Conserv.* (2020) doi:10.1016/j.pecon.2020.05.001.
  51. Leal, C. G. *et al.* Multi-scale assessment of human-induced changes to Amazonian instream habitats. *Landsc. Ecol.* **31**, 1725–1745 (2016).
  52. Perkin, J. S. & Gido, K. B. Fragmentation alters stream fish community structure in dendritic ecological networks. *Ecol. Appl.* **22**, 2176–2187 (2012).
  53. Schumann, D. A., Haag, J. M., Ellensohn, P. C., Redmond, J. D. & Graeb, K. N. B. Restricted movement of prairie fishes in fragmented riverscapes risks ecosystem structure being ratcheted downstream. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* **29**, 235–244 (2019).

54. Wilkes, M. A. *et al.* Not just a migration problem: Metapopulations, habitat shifts, and gene flow are also important for fishway science and management. in *River Research and Applications* vol. 35 1688–1696 (John Wiley and Sons Ltd, 2019).
55. Comte, L., Murienne, J. & Grenouillet, G. Species traits and phylogenetic conservatism of climate-induced range shifts in stream fishes. *Nat. Commun.* **5**, 1–9 (2014).
56. O’Shaughnessy, E., Landi, M., Januchowski-Hartley, S. R. & Diebel, M. Conservation leverage: Ecological design culverts also return fiscal benefits. *Fisheries* **41**, 750–757 (2016).
57. CONAMA. *Resolução Conama Nº 369, de 28 de março de 2006.* (2006).
58. Barlow, J., Berenguer, E., Carmenta, R. & França, F. Clarifying Amazonia’s burning crisis. *Glob. Chang. Biol.* **26**, 319–321 (2020).
59. Carmenta, R., Vermeylen, S., Parry, L. & Barlow, J. Shifting Cultivation and Fire Policy: Insights from the Brazilian Amazon. *Human Ecology* vol. 41 603–614 (2013).
60. Nóbrega Spínola, J., Soares da Silva, M. J., Assis da Silva, J. R., Barlow, J. & Ferreira, J. A shared perspective on managing Amazonian sustainable-use reserves in an era of megafires. *J. Appl. Ecol.* **57**, 2132–2138 (2020).