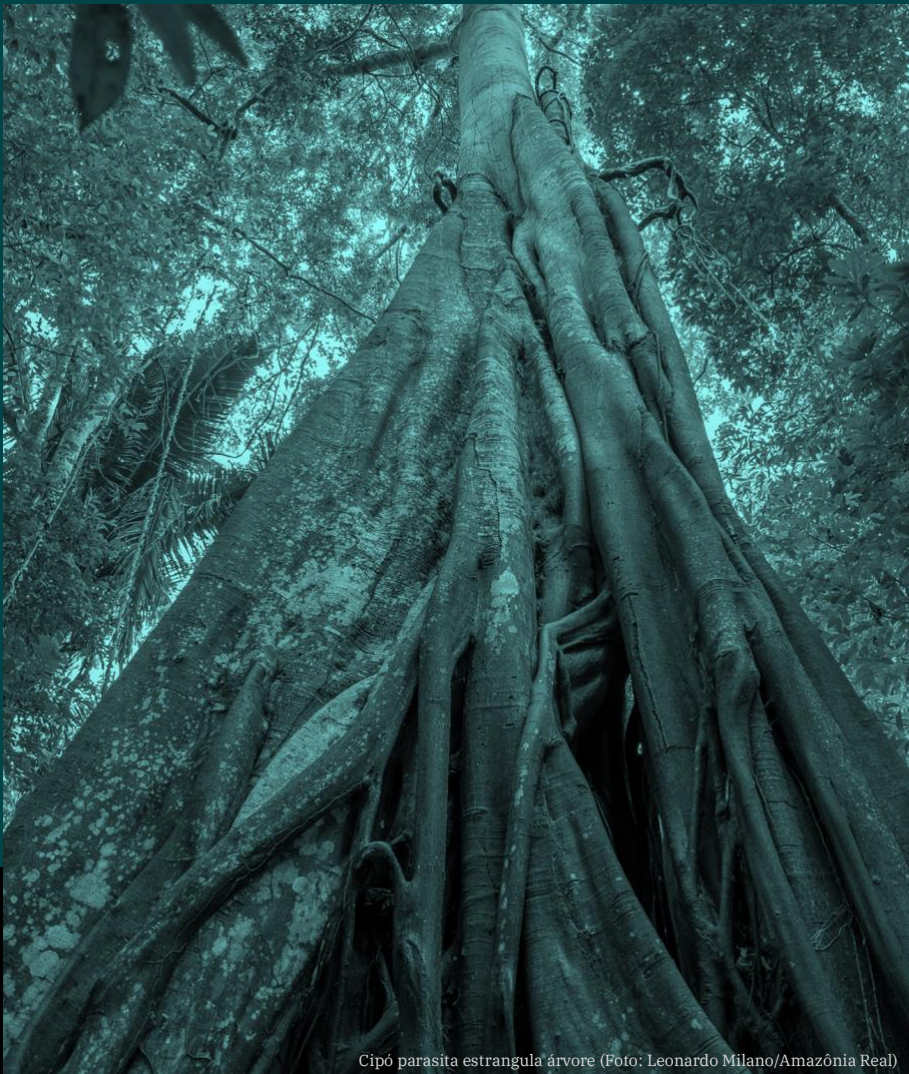


# Capítulo 4 Em Síntese

Ecosistemas da Amazônia e suas funções ecológicas



Cipó parasita estrangula árvore (Foto: Leonardo Milano/Amazônia Real)



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

## Ecossistemas da Amazônia e suas funções ecológicas

Mônica Moraes R.<sup>a</sup>, Sandra B. Correa<sup>b</sup>, Carolina Rodrigues da Costa Doria<sup>c</sup>, Fabrice Duponchelle<sup>d</sup>, Guido Miranda<sup>e</sup>, Mariana Montoya<sup>f</sup>, Oliver L. Phillips<sup>g</sup>, Norma Salinas<sup>h</sup>, Miles Silman<sup>i</sup>, Carmen Ulloa Ulloa<sup>j</sup>, Galo Zapata-Ríos<sup>k</sup>, Julia Arieira<sup>l,m</sup> e Hans ter Steege<sup>n</sup>

### Mensagens Principais e Recomendações

- 1) Os ecossistemas da Amazônia exibem alta heterogeneidade, com paisagens terrestres e aquáticas interagindo desde as encostas dos Andes até as planícies da bacia do Rio Amazonas. Essas interações (inclusive entre água doce e água marinha) são de importância crucial para a dinâmica regional, contribuindo para a movimentação de animais, plantas e nutrientes entre as planícies inundadas e florestas de terra firme adjacentes.
- 2) A Floresta Amazônica é provavelmente a área florestal mais rica do planeta, abrangendo aproximadamente 16.000 espécies de árvores e 50.000 espécies de plantas, muitas das quais ainda desconhecidas. Com cerca de 392 bilhões de árvores, a Amazônia abriga 13% de todas as árvores do mundo. Essa imensa diversidade tem uma distribuição não uniforme, que é motivada pela geologia do solo e pelos gradientes climáticos.
- 3) A Floresta Amazônica armazena imensos volumes de carbono (C). A variação espacial dos estoques de carbono na bacia é causada mais por condições do solo do que pelo clima. As áreas úmidas da Amazônia armazenam grandes volumes de carbono devido à extensa acumulação de

depósitos subterrâneos de turfa e têm um importante papel na manutenção do balanço natural do ciclo do carbono, modulando mudanças climáticas globais.

- 4) A fim de manter essa importante diversidade dos ecossistemas terrestres e aquáticos e comunidades biológicas, é imperativo interromper os desmatamentos e a fragmentação contínua.

**Resumo** Este capítulo descreve a diversidade das plantas e dos ecossistemas nas terras baixas amazônicas (<500 m.a.s.l) e discute como gradientes regionais complexos em condições climáticas e do solo causam variação regional na composição das espécies, dinâmica da vegetação, estoques de carbono e produtividade. Também se enfatiza a rede fluvial da Amazônia e seu papel na conexão de ecossistemas aquáticos e terrestres através de trocas de organismos e nutrientes.

**Introdução aos ecossistemas amazônicos** A região amazônica abrange a maior área de florestas tropicais contínuas no mundo<sup>1</sup>, e estima-se que cerca de 10% de todas as espécies conhecidas de animais e plantas vivam nessa área. Coberta principalmente por florestas de terra firme não inundadas, a região

<sup>a</sup> Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Av. Andrés Bello y calle 27 s/n - Zona Sur, La Paz, Bolivia, monicamoraes45@gmail.com

<sup>b</sup> Department of Wildlife, Fisheries and Aquaculture, Mississippi State University, 75 B. S. Hood Road, Mississippi State, MS 39762, USA

<sup>c</sup> Universidade Federal de Rondônia, Av. Pres. Dutra, 2965 - Olaria, Porto Velho - RO, 76801-058, Brazil

<sup>d</sup> Institut de Recherche pour le Développement, UMR MARBEC, Marseille, France

<sup>e</sup> Wildlife Conservation Society, Casilla 3-35181 SM, La Paz, Bolivia

<sup>f</sup> Wildlife Conservation Society, Av. Roosevelt N° 6360, Miraflores, Lima, Perú

<sup>g</sup> School of Geography, University of Leeds, Woodhouse Lane, Leeds, LS2 9JT, United Kingdom

<sup>h</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801, San Miguel 15088, Peru

<sup>i</sup> Wake Forest University, Department of Biology, 1834 Wake Forest Road, Winston-Salem NC 27109, USA

<sup>j</sup> Missouri Botanical Garden, 4344 Shaw Blvd, St. Louis MO 63110, USA

<sup>k</sup> Wildlife Conservation Society, Avenida de los Granados N40-53 y París, Quito, Ecuador

<sup>l</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Instituto de Estudos Climáticos, Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, ES, Brazil

<sup>m</sup> Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU), Universidade Federal de Mato Grosso, R. Quarenta e Nove, 2367, Boa Esperança, Cuiabá, MT, Brazil

<sup>n</sup> Naturalis Biodiversity Center, Darwinweg 2, 2333 CR Leiden, The Netherlands; Systems Ecology, Vrije Universiteit Amsterdam, De Boelelaan 1105, 1081 HV Amsterdam, The Netherlands

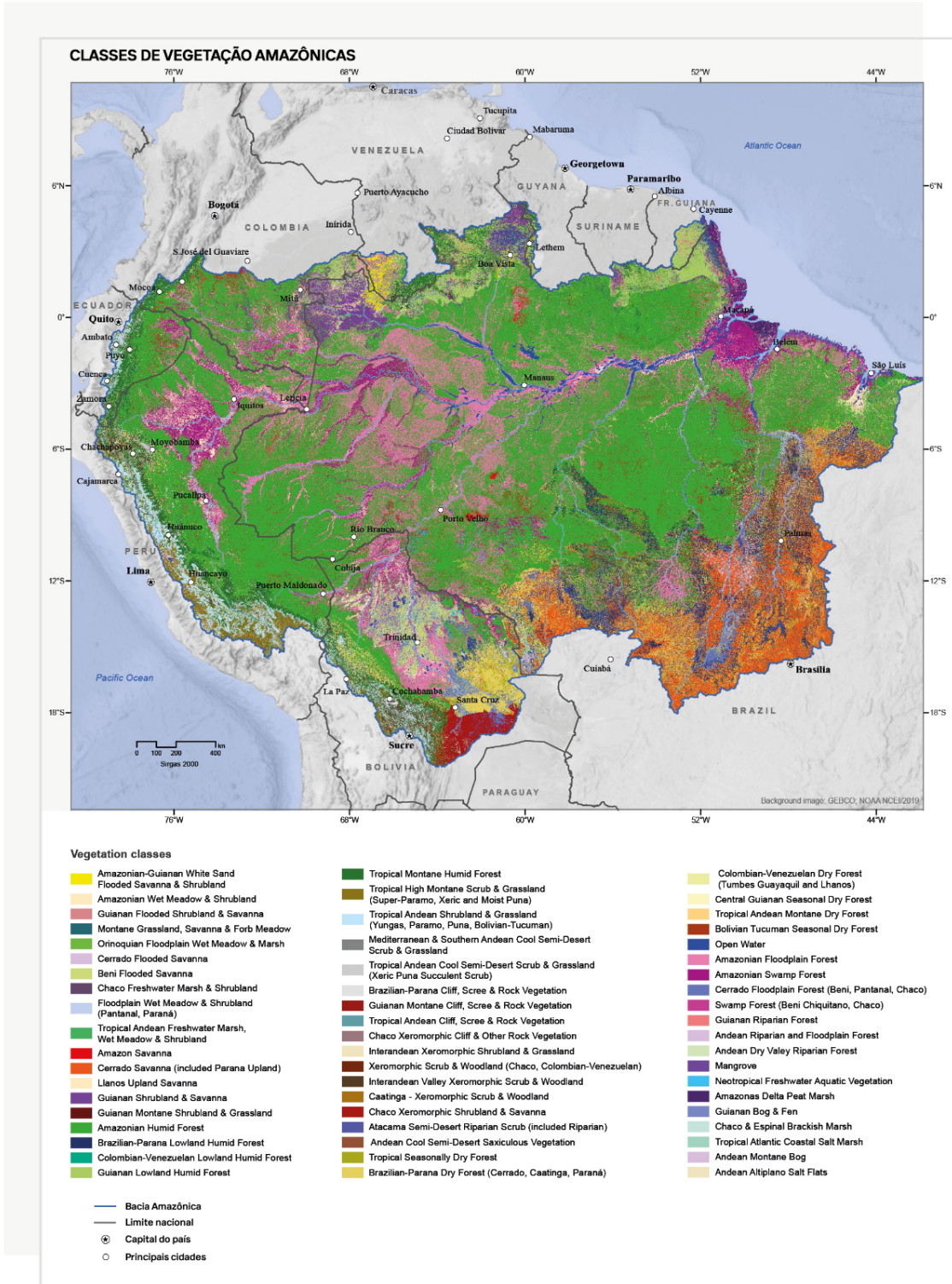


Figura 4.1 Mapa da vegetação e dos ecossistemas da Amazônia<sup>4</sup>. A linha pontilhada ilustra a grande riqueza da vegetação e dos ecossistemas encontrados ao longo dos gradientes latitudinais e altitudinais Sources: <sup>5 6</sup>

também contém o maior sistema de planícies inundadas tropicais<sup>2</sup>. Com base na geomorfologia, composição de espécies e estrutura, as florestas podem ser classificadas em florestas de terra firme (não sujeitas à inundação), florestas inundadas sazonalmente (várzea, igapó), florestas pantanosas e florestas sobre areia branca (campinarana)<sup>3</sup>. Os ecossistemas de água doce cobrem mais de um milhão de km<sup>2</sup> e consistem de três principais tipos de águas –  guas brancas, negras e claras – que diferem, entre outras coisas, em sua origem e composição sedimentar.

**Dos altos Andes até o Oceano Atlântico** Os ecossistemas e as mudanç as na estrutura e composição da vegetação podem ser ilustrados ao longo de um gradiente de elevação. Na elevação mais alta, o p ramo andino sem árvores é adaptado a temperaturas frias e radiação solar extrema e fronteiras acima de 3.000 metros. Na elevação mais baixa, temos as terras baixas amazônicas dominadas por árvores (<500 m) (Figura 4.1)<sup>4,5,6</sup>. As florestas montanhosas (2.500 – 3.900 m) estão entre os mais ricos ecossistemas nos altos Andes tropicais<sup>7</sup>, identificadas como o mais ameaçado hotspot de biodiversidade no mundo, em razão do desmatamento e de mudanç as no uso da terra<sup>8</sup>. As florestas que antecedem as montanhosas andinas incluem misturas de espécies encontradas em planícies ou florestas montanhosas em terras altas, além de um conjunto de espécies end micas especialistas em altitude<sup>9</sup>.

**Ecossistemas terrestres das Terras Baixas amazônicas** A composição das florestas amazônicas parece ser determinada pela fertilidade do solo e índices pluviométricos anuais. Cardoso et al. (2017)<sup>10</sup> registraram 14.003 espécies, 1.788 g neros e 188 famílias de plantas vasculares (angiospermas) nas florestas tropicais das planícies amazônicas. Mais da metade da diversidade das espécies angiospermas na Floresta Amazônia são arbustos, árvores pequenas, cipós, trepadeiras e herbáceas. Tr s dessas dez principais famílias são exclusivamente herbáceas (*Araceae*, *Orchidaceae*, e *Poaceae*<sup>11,12</sup>). Estima-se que a Amazônia possa conter aproximadamente 16.000 espécies de árvores, das quais 10.000 foram coletadas na área<sup>13,14</sup>.

A diversidade das espécies não é igualmente distribuída através da Amazônia (Figura 4.2)<sup>5,6,15,16,17</sup>. A maior diversidade   encontrada na região noroeste e central da Amazônia, onde um hectare pode conter mais de 300 espécies de árvores<sup>18,19</sup>. A riqueza de espécies   maior em florestas de terra firme, especialmente na Amazônia Ocidental mais fértil e menor nas florestas em áreas inundadas, pântanos e florestas de areia branca.

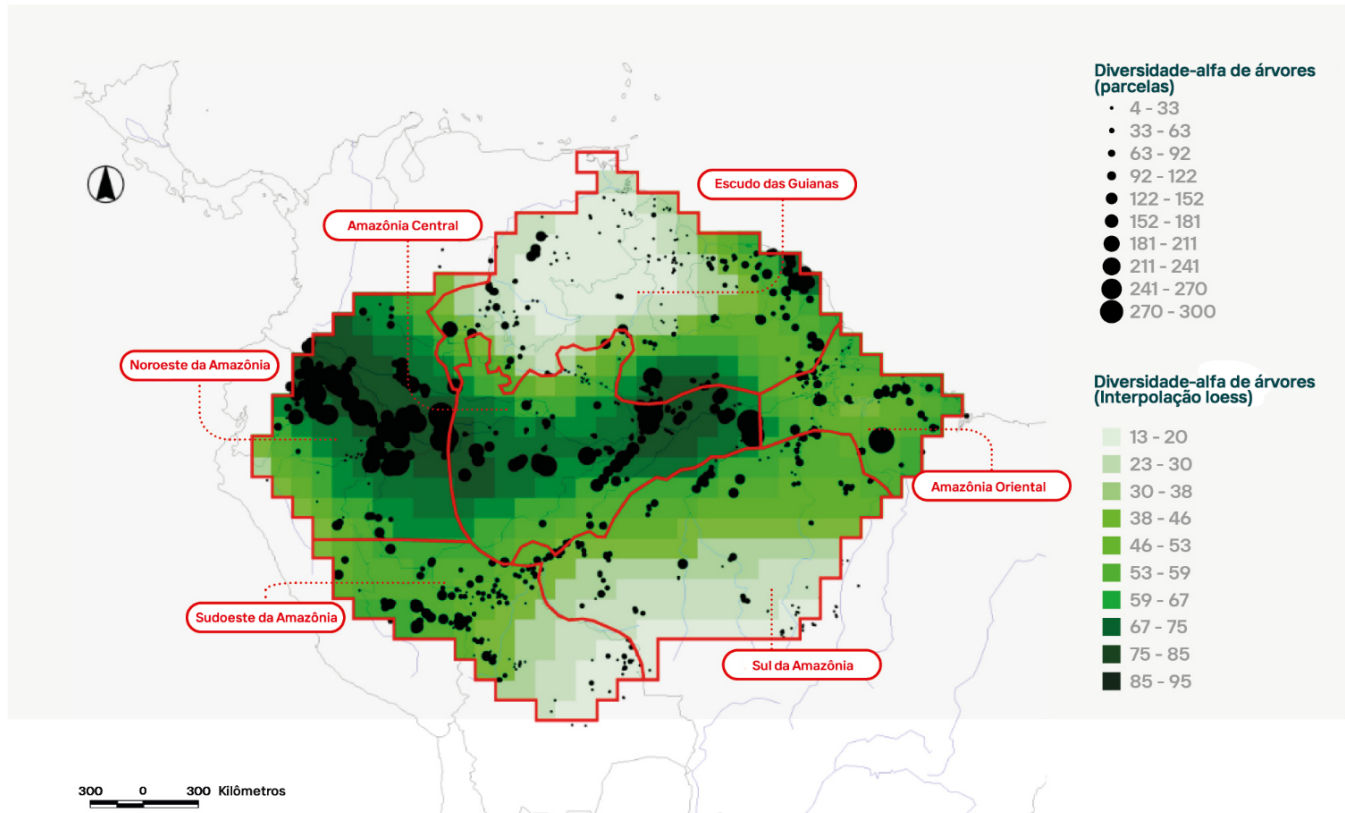
*As florestas de areia branca* também conhecidas como campinarana, caatinga amazônica ou Varillal, são encontradas em bolsões de depósitos de areia branca altamente lixiviados<sup>3</sup> e ocupam cerca de 3-4% da Amazônia. São geralmente pobres em espécies e, devido ao seu isolamento em pequenas manchas de vegetação podem nunca recuperar espécies que foram perdidas<sup>20</sup>.

*Savanas e pradarias* Estas formações ocupam 14% da bacia (inclusive a bacia Tocantins-Araguaia), incluindo algumas áreas de terra firme no sudeste da Amazônia brasileira e algumas áreas permanente ou sazonalmente inundadas, como em Beni na Bolívia. Trechos de savanas abertas também podem ser encontradas em áreas de areia branca lixiviada ou em terras degradadas sujeitas a queimadas.

### **Ecossistemas de água doce e áreas  midas**

*Rios, lagos e correntes na floresta* Os ecossistemas de água doce nas terras baixas da bacia incluem rios, lagos e córregos, além de áreas com água corrente ou parada de forma permanente, temporária ou sazonal, ou solos saturados, como brejos. Esses ecossistemas são parte fundamental do grande sistema fluvial da Amazônia, ocupando uma área de 800.000 km<sup>2</sup>, ou 14% da bacia<sup>21</sup>. A Bacia Hidrográfica Amazônica compreende rio Amazonas e aproximadamente 270 afluentes das sub-bacias (Figura 4.3). Esses rios são geralmente classificados como de águas brancas, águas claras e águas negras, com base na cor da água, relacionada, por sua vez,   transparência, acidez (pH) e condutividade elétrica<sup>22,23</sup>.

Os rios de águas brancas (como o principal leito do



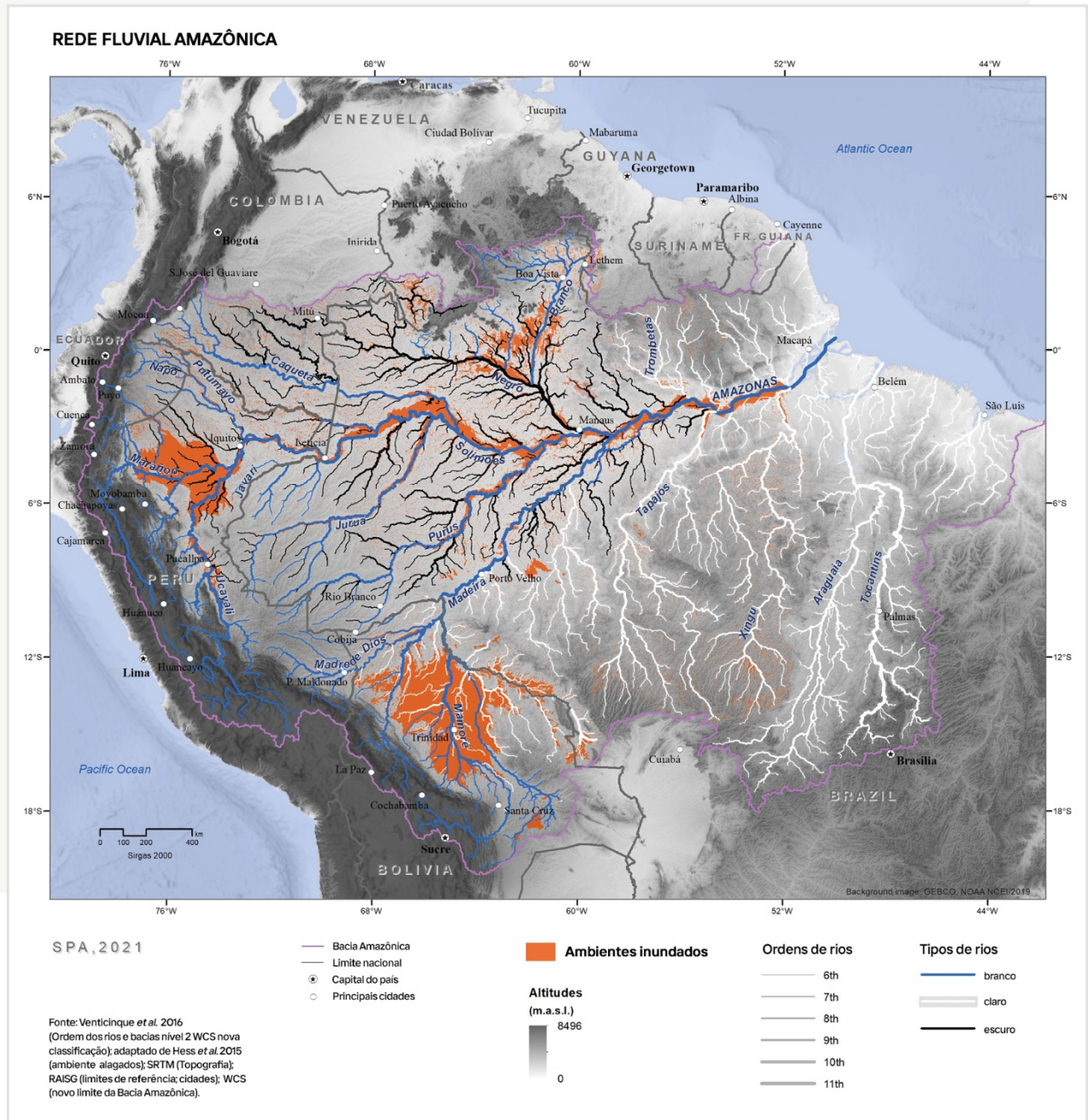
**Figura 4.2** Mapa da  $\alpha$ -diversidade arbórea da Amazônia<sup>5</sup>, baseada em dados de parcelas amostrais de campo, de 1 hectare (pontos pretos) padronizados pela média entre as células da grade de ~111 km (gradiente verde). As linhas vermelhas delimitam as seis regiões da Amazônia conforme utilizadas neste capítulo<sup>11,16</sup>.

Amazonas e os rios Juruá, Japurá, Purus, Marañón, Ucayali, e Madeira) nascem nos Andes<sup>6</sup>. Possuem pH quase neutro e concentrações relativamente altas de sólidos dissolvidos, o que os torna condutivos<sup>23,24</sup>; são cercados por florestas inundáveis inundáveis em várzeas e extensas áreas alagadas cobertas com vegetação flutuante<sup>25</sup>. Os rios de águas claras se originam de bacias na região do Cerrado do Brasil central e leste da Bolívia, drenando o escudo brasileiro. O pH dos rios de águas claras varia de ácido a neutro, dependendo do solo<sup>19</sup>. Os rios de águas negras, por sua vez, nascem nas planícies e são translúcidos, com alta taxa de carbono orgânico dissolvido e baixa taxa de nutrientes.

Os lagos da Amazônia são resultado de processos fluviais em depressões ou vales inundados. Poucas áreas nas planícies amazônicas estão a mais de 100 m acima da superfície dos rios, o que resulta em

uma densa rede de pequenos córregos e lagos. A fauna de córregos depende de entradas de energia da floresta no entorno (ex.: materiais de insetos e plantas), e grande parte da flora e fauna terrestre, por sua vez, depende dos córregos. Essa conexão intrincada continua à medida que os córregos correm em direção aos rios maiores.

*Áreas Úmidas de água doce:* Áreas úmidas são ecossistemas na interface entre ambientes aquáticos e terrestres, com biota adaptada para a vida na água e solos saturados com água<sup>26,27</sup>. As Áreas Úmidas cobrem 2,1 milhões km<sup>2</sup> e são divididas em dois grandes grupos<sup>26</sup>, aquelas com níveis de água relativamente estáveis (e.g., veredas) e outras com níveis de água que oscilam (ex.: florestas de planícies inundadas e manguezais). Algumas dessas Áreas Úmidas são dominadas por florestas e distribuídas por



**Figura 4.3** Rede hidrográfica da Bacia (de Venticinque et al. 2016<sup>5</sup>), indicando a distribuição dos ambientes inundados (modificado a partir de Hess et al. 2015<sup>21</sup>).

grandes extensões enquanto outras são encontrados em regiões específicas dentro da bacia, como as savanas de Llanos de Moxos (Bolívia), e as savanas

do Bananal (Brasil), que são pradarias, áreas com juncos e florestas abertas inundadas sazonalmente<sup>28</sup> (Figura 4.1).

*Florestas em planícies inundadas* As florestas sazonalmente inundadas cobrem 0,76 milhão km<sup>2</sup>, ou 11% da bacia, e são sujeitas a inundações anuais previsíveis de longa duração<sup>26</sup>, que exibem uma forte variabilidade interanual. Essas florestas são inundadas em razão de sua localização topográfica baixa, pequenos declives e solos com baixa capacidade de drenagem. As inundações podem durar até seis meses e é possível que os níveis de água variem em até 10 m entre as estações seca e de cheias anuais<sup>29</sup>.

As florestas de planícies inundadas ao longo de rios de águas brancas são conhecidas no Brasil como várzeas e representam o tipo de floresta inundada mais extenso da América do Sul (cobrindo aproximadamente 456.300 km<sup>2</sup>)<sup>30</sup>. Essas florestas abrigam cerca de 1.000 espécies de árvores, o que faz delas as mais diversas do mundo<sup>31-33</sup>. Uma quantidade significativa de espécies arbóreas (40% das espécies mais comuns nas várzeas da região central da Amazônia) é encontrada somente nas florestas de planícies inundadas, somente ~31% das espécies arbóreas de são também encontradas em florestas de terra firme<sup>25</sup>.

*As florestas de igapó* cobrem cerca de 302.000 km<sup>2</sup>, sendo inundadas sazonalmente por rios de águas negras (ou claras) com profundidade de até 9 metros<sup>26,34</sup>. Devido à falta de nutrientes no solo, a abundância de árvores e de biomassa é muito menor em florestas de igapó do que em várzeas e terras firmes<sup>30,35,36</sup>. Montero et al. (2014)<sup>37</sup> registraram 243 espécies de árvores, 136 gêneros e 48 famílias nas florestas de igapó.

*Áreas úmidas permanente inundadas.* Os brejos permanentemente úmidos ou inundados (pântanos) ocupam uma área pequena em comparação com outros ecossistemas amazônicos (80.000 km<sup>2</sup>, ou 1%). Formações extensas de palmeiras são bem características dos pântanos da Amazônia. São encontradas desde as planícies aos contrafortes andinos, até 500 m de altitude, sempre associadas a águas negras altamente estagnadas<sup>38</sup>, como em depressões permanentemente úmidas dentro da paisagem de savanas<sup>39</sup>. Existem, também, áreas permanentemente

alagadas com plantas enraizadas em canais ou depressões dentro de planícies aluviais<sup>40,41</sup>.

*Savanas inundadas* As savanas sazonalmente inundadas das planícies aluviais cobrem cerca de 200.000 km<sup>2</sup><sup>40</sup> e representam 6% das comunidades de plantas inundadas<sup>42</sup>. Ocorrem no norte (Roraima e Rupununi) e no sul (savana de Beni) da Amazônia e ao longo dos cinturões do Cerrado no Brasil e nas Guianas, e apresentam forte sazonalidade climática (vários meses secos)<sup>26</sup>. As cheias são influenciadas principalmente pela precipitação pluviométrica e o transbordamento dos rios durante um período de 3 a 5 meses; entretanto, em questão de horas, as cheias se infiltram no solo e não há uma corrente de água parada permanente, exceto em locais baixos e depressões vinculadas aos rios. Nas planícies aluviais dos rios de águas brancas, as espécies *Poaceae* (gramíneas) predominam, seguidas pela *Cyperaceae* (juncos)<sup>43</sup>.

*Manguezais* Os manguezais ocupam áreas relativamente pequenas em um cinturão estreito no litoral ao longo do Oceano Atlântico no estuário da Amazônia. São alagados por água salgada ou salobra, com baixo número de espécies arbóreas e geralmente uniformes em termos de estrutura, não ultrapassando 10 m em altura. A maior área de manguezais mede pelo menos 7.000 km<sup>2</sup> e se estende em direção ao sul a partir de Belém<sup>44</sup>.

## Funcionamento dos ecossistemas

*Produtividade primária, nutrientes, dinâmica da floresta e decomposição em ecossistemas terrestres* Na Amazônia, os fatores climáticos exercem maior influência sobre a produção primária bruta, embora uma série de fatores relacionados ao solo, perturbações e composição de espécies também influenciem a forma como o carbono capturado da atmosfera é destinado e por quanto tempo é armazenado nas árvores e nos sumidouros de carbono. A variação espacial nos estoques de carbono na biomassa amazônica e a sua dinâmica são mais influenciados por condições do solo do que pelo clima.<sup>45</sup> As taxas de mortalidade apresentam grande variação em toda a Amazônia, sendo mais altas nas regiões oeste e sul (2,2 a 2,8%

por ano), em comparação às regiões leste e central (1,1 a 1,5% por ano <sup>46-48</sup>).

Entretanto, o clima afeta as taxas de produção de biomassa lenhosa, com consequências para a manutenção de ecossistemas produtivos das florestas<sup>49</sup>. Contudo, nem todas as florestas da Amazônia parecem ser impactadas pelo clima na extensão de grandes áreas; lençóis freáticos rasos no centro e oeste da Amazônia protegem as plantas contra a seca<sup>12</sup>. Temperaturas mais altas e estações secas mais duradouras são projetadas para a região sul da Bacia Amazônica<sup>50</sup> e a probabilidade é de que induzam mudanças nas taxas e padrões de decomposição. Quaisquer mudanças nos processos de decomposição terão profundos impactos sobre a taxa e o padrão do ciclo de nutrientes, com implicações para a dinâmica das comunidades de plantas e animais da floresta.

*Produtividade primária, nutrientes, dinâmica da vegetação e decomposição em sistemas de água doce* De forma semelhante aos ecossistemas terrestres, as funções dos ecossistemas aquáticos abrangem atividades bioquímicas, tais como produtividade de plantas e algas, decomposição de matéria orgânica morta e processos relacionados ao fluxo de sedimentos, energia e ciclos de nutrientes<sup>51</sup>. Os fluxos de energia e nutrientes são os principais exemplos da natureza dinâmica dos ecossistemas aquáticos, e a Amazônia não é uma exceção. Ao conectar os rios com os habitats das planícies inundadas, as cheias fornecem um mecanismo para compensar a produtividade limitada das algas no local<sup>52</sup>. Modelos recentes estimam que 38% dos pântanos, ou brejos, na Amazônia formam depósitos de turfa.

*Zona de transição aquático terrestre* As interações entre os ecossistemas terrestres e aquáticos estão entre os processos mais importantes na Amazônia. A produção primária terrestre (isto é, matéria orgânica e nutrientes) é capturada quando as águas sobem; esse material se decompõe ou é consumido por organismos, tornando-se a base da cadeia alimentar aquática<sup>53,54</sup>. Parte dessa produtividade retorna para o leito principal do rio através dos vários organismos que se movimentam entre as planícies

inundadas e o rio, inclusive grandes números de peixes migratórios<sup>55,56</sup>. As planícies inundadas têm um papel crucial como áreas de alimentação e viveiros para muitos peixes<sup>57-59</sup>.

Em lagos conectados a rios de águas brancas nas planícies inundadas, a ausência de correntes permite que os sedimentos se depositem e haja uma maior transparência da água. Isso permite o crescimento do fitoplâncton, abastecendo uma rede alimentar baseada em zooplâncton. Dessa forma, os lagos nas planícies inundadas possuem um papel chave como viveiros e áreas de alimentação de valor comercial<sup>60</sup>. Esses peixes também são importantes dispersores de sementes na Amazônia<sup>55,61,62</sup> (veja o Capítulo 3).

As cheias também afetam a movimentação dos animais terrestres entre as florestas nas planícies inundadas e nas florestas de terra firme adjacentes. Durante o período de cheia, as abundâncias de frutas atraem macacos frugívoros para as florestas nas planícies inundadas, enquanto que martim-pescadores rastreiam o movimento dos peixes até o interior das florestas inundadas. Além disso, as cheias aumentam a heterogeneidade dos habitats nas florestas em planícies inundadas, impulsionando o desenvolvimento de comunidades singulares de aves, morcegos e anfíbios, não encontradas nas florestas de terra firme adjacente<sup>63-65</sup>.

**Conclusões** Entre os Andes e as planícies amazônicas existe um mosaico diverso de ecossistemas que consiste de florestas, savanas e pântanos. A floresta tropical amazônica é provavelmente a área florestal mais rica de nosso planeta, com aproximadamente 392 bilhões de árvores. Essa enorme diversidade não é distribuída de forma equilibrada através da bacia. A rede do Rio Amazonas tem um papel chave na conexão dos ecossistemas terrestres e aquáticos. As cheias sazonais facilitam o transporte de nutrientes, algo fundamental para a dinâmica da região. Dessa forma, a chave para entender a ecologia da Amazônia é entender a integração entre os ecossistemas terrestres e aquáticos.



## Referências

1. ter Steege, H. *et al.* Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species. *Sci. Adv.* **1**, e1500936 (2015).
2. Keddy, P. A. *et al.* Wet and Wonderful: The World's Largest Wetlands Are Conservation Priorities. *Bioscience* **59**, 39–51 (2009).
3. Adeney, J. M., Christensen, N. L., Vicentini, A. & Cohn-Haft, M. White-sand Ecosystems in Amazonia. *Biotropica* **48**, 7–23 (2016).
4. Comer, P. J., Hak, J. C., Josse, C. & Smyth, R. Long-term loss in extent and current protection of terrestrial ecosystem diversity in the temperate and tropical Americas. *PLoS One* **15**, e0234960 (2020).
5. RAISG. Amazonia Under Pressure. [www.amazoniasocioambiental.org](http://www.amazoniasocioambiental.org) (2020).
6. Venticinque, E. *et al.* An explicit GIS-based river basin framework for aquatic ecosystem conservation in the Amazon. *Earth Syst Sci Data* 651–661 [https://knbn.ecoinformatics.org/view/doi%3A10.5063%2F11BG2KX8#snapp\\_computing.6.1](https://knbn.ecoinformatics.org/view/doi%3A10.5063%2F11BG2KX8#snapp_computing.6.1) (2016).
7. *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. (New York Botanical Garden, 1995).
8. Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B. & Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858 (2000).
9. Young, K., León, B., Jørgensen, P. & Ulloa Ulloa, U. C. Tropical and subtropical landscapes of the Andes. in *The Physical Geography of South America* (eds. Veblen, T., Young, K. & Orme, A.) (Oxford University Press, 2007).
10. Cardoso, D. *et al.* Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **114**, 10695–10700 (2017).
11. Ter-Steege, H. *et al.* Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science* **342**, 1243092–1243092 (2013).
12. Ter-Steege, H. *et al.* Biased-corrected richness estimates for the Amazonian tree flora. *Sci. Rep.* **10**, 10130 (2020).
13. Ter-Steege, H. *et al.* The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. *Sci. Rep.* **6**, 29549 (2016).
14. Ter-Steege, H. *et al.* Towards a dynamic list of Amazonian tree species. *Sci. Rep.* **9**, 3501 (2019).
15. Amazon Tree Diversity Network. <http://atdn.myspecies.info>. (2021).
16. Quesada, C. A. *et al.* Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences* **8**, 1415–1440 (2011).
17. Ter-Steege, H. *et al.* Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science* **342**, (2013).
18. do Amaral, I. L., Matos, F. D. A. & Lima, J. Composição florística e parâmetros estruturais de um hectare de floresta densa de terra firme no rio Uatumã, Amazônia, Brasil. *Acta Amaz.* **30**, 377 (2000).
19. Gentry, A. H. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **85**, 156–159 (1988).
20. Alonso, J. Á., Metz, M. R. & Fine, P. V. A. Habitat Specialization by Birds in Western Amazonian White-sand Forests. *Biotropica* **45**, 365–372 (2013).
21. Hess, L. L., Melack, J. M., Novo, E. M. L. M., Barbosa, C. C. F. & Gastil, M. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. *Remote Sens. Environ.* **87**, 404–428 (2003).
22. Sioli, H. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types. in *The Amazon* 127–165 (Springer, 1984).
23. Bogotá-Gregory, J. D. *et al.* Biogeochemical water type influences community composition, species richness, and biomass in megadiverse Amazonian fish assemblages. *Sci. Rep.* **10**, 1–15 (2020).
24. McClain, M. E. & Naiman, R. J. Andean influences on the biogeochemistry and ecology of the Amazon River. *Bioscience* **58**, 325–338 (2008).
25. Wittmann, F., Schöngart, J. & Junk, W. J. Phytogeography, Species Diversity, Community Structure and Dynamics of Central Amazonian Floodplain Forests. in *Amazonian Floodplain Forests. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)* (eds. Junk, W., Piedade, M., Wittmann, F., Schöngart, J. & Parolin, P.) 61–102 (Springer, Dordrecht, 2011).
26. Junk, W. J. *et al.* A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands* **31**, 623–640 (2011).
27. Junk, W. J. *et al.* Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection in. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* **24**, 5–22 (2014).
28. Castello, L. *et al.* The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conserv. Lett.* **6**, 217–229 (2012).
29. Schöngart, J. & Junk, W. J. Forecasting the flood-pulse in Central Amazonia by ENSO-indices. *J. Hydrol.* **335**, 124–132 (2007).
30. Wittmann, F. & Junk, W. J. Amazon river basin. The Wetland Book II. in *Distribution, Description and Conservation* (eds. Finlayson, C., Milton, G., Prentice, R. & Davidson, N.) 1–16 (Springer Netherlands, 2017).
31. Ferreira, L. V & Prance, G. T. Structure and species richness of low-diversity floodplain forest on the Rio Tapajós, Eastern Amazonia, Brazil. *Biodivers. & Conserv.* **7**, 585–596 (1998).
32. Wittmann, F. *et al.* Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon Basin. *J. Biogeogr.* **33**, 1334–1347 (2006).
33. Wittmann, F., Anhof, D. & Junk, W. J. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques. *J. Trop. Ecol.* 805–820 (2002).
34. Melack, J. M. & Hess, L. L. Remote Sensing of the Distribution and Extent of Wetlands in the Amazon Basin. in 43–59 (2010). doi:10.1007/978-90-481-8725-6\_3.
35. Ferreira, L. V. Effects of the duration of flooding on species richness and floristic composition in three hectares in the Jaú National Park in floodplain forests in central Amazonia. *Biodivers. & Conserv.* **6**, 1353–1363 (1997).
36. Junk, W. J., Wittmann, F., Schöngart, J. & Piedade, M. T. F. A classification of the major habitats of Amazonian black-water river floodplains and a comparison with their white-water counterparts. *Wetl. Ecol. Manag.* **23**, 677–693 (2015).
37. Montero, J. C., Piedade, M. T. F. & Wittmann, F. Floristic variation across 600 km of inundation forests (Igapó) along

- the Negro River, Central Amazonia. *Hydrobiologia* **729**, 229–246 (2014).
38. Moraes, R. M. *Palmeras y usos: Especies de Bolivia y la región*. (Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Plural editores, 2020).
  39. Piedade, M. T. F. *et al.* Aquatic herbaceous plants of the Amazon floodplains: state of the art and research needed. *Acta Limnol. Bras.* **22**, 165–178 (2010).
  40. Pires, J. & Prance, G. The vegetation types of the Brazilian Amazon. (1985).
  41. Beck, S. G. *et al.* Llanos de Mojos Region, Bolivia. *Centers plant Divers. a Guid. Strateg. their Conserv.* **3**, 421–425 (1997).
  42. Meirelles, J. M. *O livro de ouro da Amazônia*. (Ediouro, 2006).
  43. Junk, W. J. & Piedade, M. T. F. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: Species diversity and adaptations to the flood pulse. *Amaz. Limnol. Oecologia Reg. Syst. Fluminis Amaz.* **12**, 467–484 (1993).
  44. FAO. *Mangroves of South America 1980–2005: country reports. Forest Resources Assessment Assessment* [www.fao.org/forestry/site/mangrove/statistics](http://www.fao.org/forestry/site/mangrove/statistics) (2007).
  45. Phillips, O. L. *et al.* Species Matter: Wood Density Influences Tropical Forest Biomass at Multiple Scales. *Surv. Geophys.* **40**, 913–935 (2019).
  46. Malhi, Y. *et al.* The above-ground coarse wood productivity of 104 Neotropical forest plots. *Glob. Chang. Biol.* **10**, 563–591 (2004).
  47. Marimon, B. S. *et al.* Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest–cerrado transition zone in southern Amazonia. *Plant Ecol. Divers.* **7**, 281–292 (2014).
  48. Esquivel-Muelbert, A. *et al.* Tree mode of death and mortality risk factors across Amazon forests. *Nat. Commun.* **11**, 5515 (2020).
  49. Malhi, Y., Gardner, T. A., Goldsmith, G. R., Silman, M. R. & Zelazowski, P. Tropical forests in the Anthropocene. *Annu. Rev. Environ. Resour.* **39**, (2014).
  50. de Meira Junior, M. S. *et al.* The impact of long dry periods on the aboveground biomass in a tropical forest: 20 years of monitoring. *Carbon Balance Manag.* **15**, 12 (2020).
  51. Morris, R. J. Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: a network structure and ecosystem functioning perspective. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **365**, 3709–3718 (2010).
  52. Junk, W. J. & Wantzen, K. M. The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications-an update. in *Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries 2* 117–140 (2003).
  53. Junk, W. J. Ecology of the várzea, floodplain of Amazonian whitewater rivers. in *The Amazon* 215–243 (Springer, 1984).
  54. Junk, W. J., Bayley, P. B., Sparks, R. E. & others. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* **106**, 110–127 (1989).
  55. Goulding, M. *The fishes and the forest: explorations in Amazonian natural history*. (Univ of California Press, 1980).
  56. Goulding, M. Flooded forests of the Amazon. *Sci. Am.* **268**, 114–120 (1993).
  57. Lima, Á. C. & Araujo-Lima, C. A. R. M. The distributions of larval and juvenile fishes in Amazonian rivers of different nutrient status. *Freshw. Biol.* **49**, 787–800 (2004).
  58. Castello, L., Isaac, V. J. & Thapa, R. Flood pulse effects on multispecies fishery yields in the Lower Amazon. *R. Soc. open Sci.* **2**, 150299 (2015).
  59. Castello, L., Bayley, P. B., Fabr e, N. N. & Batista, V. S. Flooding effects on abundance of an exploited, long-lived fish population in river-floodplains of the Amazon. *Rev. Fish Biol. Fish.* **29**, 487–500 (2019).
  60. Oliveira, A. C. B., Martinelli, L. A., Moreira, M. Z., Soares, M. G. M. & Cyrino, J. E. P. Seasonality of energy sources of *Colossoma macropomum* in a floodplain lake in the Amazon - lake Camaleao, Amazonas, Brazil. *Fish. Manag. Ecol.* **13**, 135–142 (2006).
  61. Correa, S. B. *et al.* Overfishing disrupts an ancient mutualism between frugivorous fishes and plants in Neotropical wetlands. *Biol. Conserv.* **191**, 159–167 (2015).
  62. Correa, S. B. & Winemiller, K. O. Niche partitioning among frugivorous fishes in response to fluctuating resources in the Amazonian floodplain forest. *Ecology* **95**, 210–224 (2014).
  63. Pereira, M. J. R. *et al.* Structuring of Amazonian bat assemblages: the roles of flooding patterns and floodwater nutrient load. *J. Anim. Ecol.* **78**, 1163–1171 (2009).
  64. Beja, P. *et al.* Seasonal patterns of spatial variation in understory bird assemblages across a mosaic of flooded and unflooded Amazonian forests. *Biodivers. Conserv.* **19**, 129–152 (2010).
  65. Ramalho, W. P., Machado, I. F. & Vieira, L. J. S. Do flood pulses structure amphibian communities in floodplain environments? *Biotropica* **50**, 338–345 (2018).