

<https://amazoniareal.com.br/as-licoes-dos-eventos-climaticos-extremos-de-2021-no-brasil-1-a-enchente-na-amazonia/>

# As lições dos eventos climáticos extremos de 2021 no Brasil: 1– A enchente na Amazônia



Por **Philip Martin Fearnside** Publicado em: 14/07/2021 às 17:01



---

O drama da enchente recorde na Amazônia e a seca no Sudeste brasileiro têm lições valiosas que precisam ser apreendidas [1]. Primeiramente, ambos esses eventos são consistentes com as previsões para mudanças climáticas associadas ao aquecimento global. Além da necessidade de evitar as grandes emissões que o desmatamento causa, assim ajudando na mitigação do aquecimento global, a floresta precisa ser mantida para manter diversos outros serviços ambientais, inclusive a reciclagem de água [2, 3].

O ano 2021 é um ano La Niña, que sempre leva a mais chuva na Amazônia. A “oscilação do sul” entre El Niño e La Niña está mais frequente desde 1976 ([4], p. 165), e o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) atribua isto ao aquecimento global e projeta que esta tendência deve continuar ([5], p. 779). A

variabilidade [6] e a severidade modificam os correntes de ar ao redor do planeta, o que provoca extremos de seca e de chuva em diferentes locais.

Para o efeito na Amazônia, este ano há o fator adicional de ter água quente no Oceano Atlântico e água fria no Pacífico (Figura 1). A água fria no Pacífico perto à costa do Peru é normal em anos La Niña. A agua quente no Atlântico é um fenômeno que está aumentando em frequência. Uma explicação é o efeito do aquecimento global [7] em fazer a corrente marinha em volta da Antártica se afastar da ponta da África, deixando água do Oceano Índico (onde a média da temperatura da água é mais quente do que no Atlântico Sul) vazar para o Atlântico (o “vazamento de Agulhas”, que sai da correnteza de Agulhas que desce de Moçambique até a ponta da África do Sul) [8-10].

A temperatura da superfície do Atlântico Sul tem aumentado continuamente desde os anos 1960 [10]. A diferença de temperatura entre o Atlântico e o Pacífico aumenta o movimento de ar de leste para oeste (a circulação Walker), complementando o efeito que movimenta ar nesta direção devido à rotação da terra (que, diferente da circulação Walker, é constante de um ano para outro), levando ar com água que evaporou do Oceano para dentro da Amazônia, onde a água cai como chuva. A Figura 2 mostra os fluxos de vapor d’água, o comprimento das setas indicando a quantidade que está sendo transportada. As setas são pequenas no Atlântico perto da costa da África, e crescem na medida em que acumulam a água evaporada durante o trajeto até a Amazônia.

Os níveis máximos anuais da enchente em Manaus são positivamente correlacionados com a magnitude da diferença de temperatura entre a água quente do Atlântico e a água fria do Pacífico [11], reforçando a importância da circulação Walker nas enchentes. O Oceano Pacífico está atualmente na fase “negativa” da Oscilação Decadal do Pacífico (PDO), com a temperatura média ser mais fria da água perto a costa de Peru, assim aumentando a diferença com relação à temperatura do Atlântico e levando a mais chuva na Amazônia ocidental fortalecer a circulação Walker. Em 2021 a fase negativa intensificou, com valores mais negativos do Índice da Oscilação do Pacífico (POI) [12].

Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar JUN2021

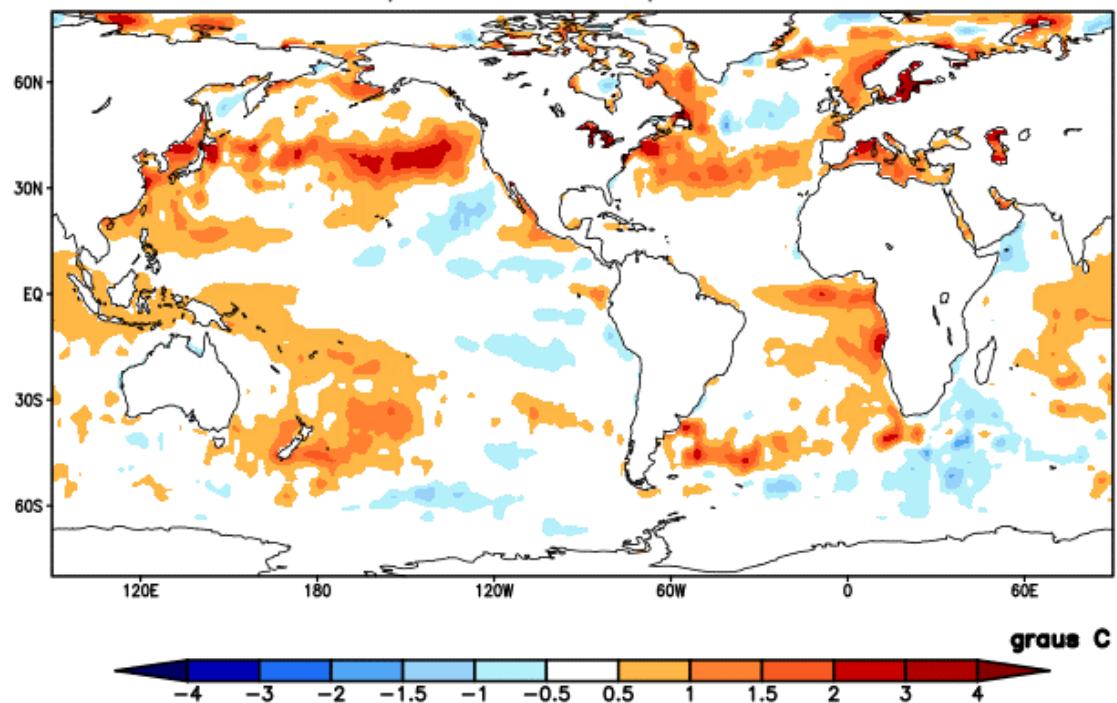


Figura 1. Anomalia (diferença da média) da temperatura da água da superfície do mar em Junho 2021. Fonte: CPTEC [13].

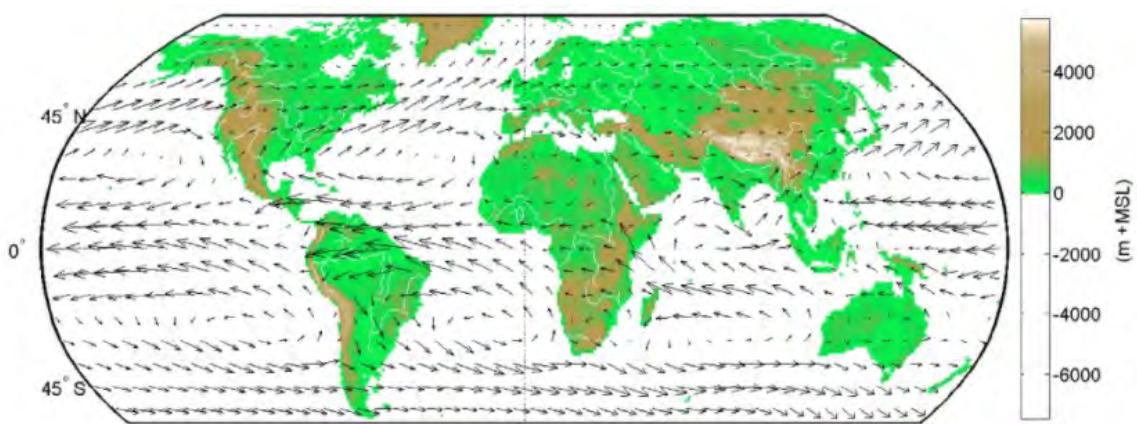


Figura 2. Transporte global da umidade – média 1999-2008 (proporcional ao comprimento das setas). Fonte: [14].

O desmatamento tem vários efeitos sobre a chuva e sobre o escoamento da água da paisagem, que dá origem às enchentes. Em uma pastagem limpa a água da chuva que escoa pela superfície e entre nos igarapés é até vinte vezes mais que em floresta intacta ao lado [15]. Isto é porque na floresta a água percola no solo, onde cerca da metade é chupada pelas raízes das árvores e devolvida ao ar através das folhas. O solo na floresta

também retém parte da água não reciclada é a libera com uma demora (o fenômeno de histerese), assim minimizando as enchentes locais. Ao nível de bacia, o efeito pode ser visto na bacia do rio Tocantins, que já é bastante desmatada: há uma mudança documentada na vazão do rio, com maiores enchentes e com vazantes mais baixas [16].

Há pouco desmatamento nas bacias dos rios Solimões e Negro, que afetam a enchente em Manaus, e os efeitos de desmatamento ao nível local, tanto o efeito aumentativo sobre a percentagem de escoamento superficial quanto o efeito negativo da diminuição da evapotranspiração, ainda não seriam significantes. No entanto, simulações indicam que futuramente o efeito de desmatamento pode aumentar enchentes, sobretudo no rio Madeira [17]. Estudos de modelagem também mostram que o desmatamento na Amazônia oriental pode diminuir a precipitação na Amazônia ocidental devido à diminuição a reciclagem de água nas áreas desmatadas, mesmo sendo em locais distantes [18].

A tendência prevista por modelos climáticos globais indicam menos chuva na Amazônia oriental e mais chuva na Amazônia ocidental, e implicam em maiores enchentes [19, 20]. Isto também é o padrão já observado nas últimas décadas [21, 22]. O ciclo hidrológico vem intensificando na Amazônia desde o início dos anos 1990, contribuindo ao aumento de chuva na Amazônia ocidental [23]. A vazão média dos rios na Amazônia ocidental está aumentando desde 1980 [24]. É claro que aumentos na precipitação média e na vazão dos rios na Amazônia ocidental implicam em aumentar as inundações quando ocorrem.

As lições são claras. Enchentes maiores representa apenas uma das mudanças esperadas que fazem com que a Amazônia brasileira seja um dos lugares no mundo com impactos mais severos do aquecimento global que ocorreria sem grandes cortes nas emissões [25, 26]. O governo brasileiro precisa acordar para isto e mudar as suas posições tanto internamente como nas negociações internacionais, radicalmente reduzindo as emissões nacionais e assumindo um papel de liderança no combate ao efeito estufa globalmente [27].

---

*A imagem que ilustra este artigo mostra a população nas ruas alagadas do centro histórico de Manaus em junho de 2021 (Foto: Alberto César Araújo/Amazônia Real)*

---

#### **Notas**

[1] Greenpeace Brasil. 2021. [Cheias no Norte e seca no Centro-Sul: precisamos falar sobre os eventos climáticos extremos](#). Greenpeace Brasil, 19 de maio de 2021.

[2] Fearnside, P.M. 1997. [Serviços ambientais como estratégia para o desenvolvimento sustentável na Amazônia rural](#). p. 314-344 In: C. Cavalcanti (ed.) *Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas*. Editora Cortez, São Paulo, Brazil. 436 p.

- [3] Fearnside, P.M. 2008. [Amazon forest maintenance as a source of environmental services](#). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 80(1): 101-114.
- [4] Nicholls, N., G.V. Gruza, J. Jouzel, T.R. Karl, L.A. Ogallo, D.E. Parker et al. 1996. [Observed climate variability and change](#). p. 133–192. In J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg & K. Maskell (eds.), *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- [5] Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory et al. 2007. [Global climate projections](#). p. 747-845. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.). *Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- [6] Cai, W., G. Wang, B. Dewitte, L. Wu , A. Santoso, K. Takahashi, Y. Yang, A. Carréric & M.J. McPhaden. 2018. [Increased variability of eastern Pacific El Niño under greenhouse warming](#). *Nature* 564: 201–206.
- [7] Biastoch, A. & C.W. Boning. 2013. [Anthropogenic impact on Agulhas leakage](#). *Geophysical Research Letters* 40: 1138–1143.
- [8] Barichivich, J., E. Gloor, P. Peylin, R.J.W. Brienen, J. Schöngart, J.C. Espinoza & K.C. Pattnayak. 2018. [Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation](#). *Science Advances* 4: art. eaat8785.
- [9] Biastoch, A., C.W. Boning, F.U. Schwarzkopf & J. Lutjeharms. 2009. [Increase in Agulhas leakage due to poleward shift of Southern Hemisphere westerlies](#). *Nature* 462: 495–498.
- [10] Lubbecke, J.F., J.V. Durgadoo & A. Biastoch. 2015. [Contribution of increased Agulhas leakage to tropical Atlantic warming](#). *Journal of Climate* 28: 9697–9706.
- [11] Chikamoto, Y., A. Timmermann, J.-J. Luo, T. Mochizuki, M. Kimoto, M. Watanabe, M. Ishii, S.-P. Xie & F.-F. Jin, 2015. [Skilful multi-year predictions of tropical trans-basin climate variability](#). *Nature Communications* 6(1): art. 6869.
- [12] Climate Action Company. 2021. [Cool phase of the Pacific Decadal Oscillation strengthens](#). Climate Action Company, 16 de abril de 2021.
- [13] CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). 2021. [Monitoramento global](#). CPTEC, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- [14] van der Ent, R.J., H.H.G. Savenije, B. Schaefli & S.C. Steele-Dunne. 2010. [Origin and fate of atmospheric moisture over continents](#). *Water Resources Research* 46: art. W09525.

- [15] Fearnside, P.M. 1989. *Ocupação Humana de Rondônia: Impactos, Limites e Planejamento*. Relatórios de Pesquisa No. 5, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF, 76 p.
- [16] Costa, M.H., A. Botta & J.A. Cardille. 2003. [Effects of large-scale changes of land cover on the discharge of the Tocantins](#). *Journal of Hydrology* 283: 206-217.
- [17] Guimberteau, M., P. Ciais, A. Ducharne, J.P. Boisier, A.P.D. Aguiar, H. Biemans, H. De Deurwaerder, D. Galbraith, B. Kruijt, F. Langerwisch, G. Poveda, A. Rammig, D.A. Rodriguez, G. Tejada, K. Thonicke, C. Von Randow, R.C.S. Von Randow, K. Zhang & H. Verbeeck. 2017. [Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon Basin: A multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios](#). *Hydrology and Earth System Sciences* 21(3): 1455-1475.
- [18] Coe, M. T., M.H. Costa & B.S. Soares-Filho. 2009. [The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon River—Land surface processes and atmospheric feedbacks](#). *Journal of Hydrology* 369: 165–174.
- [19] Guimberteau, M., J. Ronchail, J.C. Espinoza, M. Lengaigne, B. Sultan, J. Polcher, G. Drapeau, J-L. Guyot, A. Ducharne & P. Ciais. 2013. [Future changes in precipitation and impacts on extreme streamflow over Amazonian sub-basins](#). *Environmental Research Letters* 8(1): art. 014035.
- [20] Sorribas, M.V., R.C.D. Paiva, J.M. Melack, J.M. Bravo, C. Jones, L. Carvalho, E. Beighley, B. Forsberg & M.H. Costa. 2016. [Projections of climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin](#). *Climatic Change* 136: 555-570.
- [21] Espinoza, J.C., J. Ronchail, J.L. Guyot, G. Cochonneau, F. Naziano, W. Lavado, E. de Oliveira, R. Pombosa & P. Vauchel. 2009. [Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries \(Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador\)](#). *International Journal of Climatology* 29(11): 1574–1594.
- [22] Marengo, J.A. & J.C. Espinoza. 2015. [Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts](#). *International Journal of Climatology* 36: 1033–1050.
- [23] Gloor, M., R.J.W. Brienen, D. Galbraith, T.R. Feldpausch, J. Schöngart, J.-L. Guyot, J.C. Espinoza, J. Lloyd & O.L. Phillips. 2013. [Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades](#). *Geophysical Research Letters* 40(9): 1729-1733.
- [24] Heerspink, B.P., A.D. Kendall, M.T. Coe & D.W. Hyndman. 2020. [Trends in streamflow, evapotranspiration, and groundwater storage across the Amazon Basin linked to changing precipitation and land cover](#). *Journal of Hydrology: Regional Studies* 32: art. 100755.
- [25] Fearnside, P.M. 2019. [Amazônia e o aquecimento global](#). *Amazônia Real*.
- [26] Sampaio, G., L.S. Borma, M. Cardoso, L.M. Alves, C. von Randow, D.A. Rodriguez, C.A. Nobre & F.F. Alexandre. 2018. [Assessing the Possible Impacts of a 4](#)

[°C or Higher Warming in Amazonia](#). p. 201-218. In: C.A. Nobre, J.A. Marengo & W.R. Soares (eds.), *Climate Change Risks in Brazil*. Springer, Amsterdam, Países Baixos.

[27] Fearnside, P.M. 2019a. [Bolsonaro e o Acordo de Paris](#). *Amazônia Real*.

#### Sobre a matéria



[Philip Martin Fearnside](#)

É doutor pelo Departamento de Ecologia e Biologia Evolucionária da Universidade de Michigan (EUA) e pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), em Manaus (AM), onde vive desde 1978. É membro da Academia Brasileira de Ciências. Recebeu o Prêmio Nobel da Paz pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC), em 2007. Tem mais de 600 publicações científicas e mais de 500 textos de divulgação de sua autoria que podem ser acessados aqui. <https://philip.inpa.gov.br>

<https://amazoniareal.com.br/as-licoes-dos-eventos-climaticos-extremos-de-2021-no-brasil-2-a-seca-no-sudeste/>



# As lições dos eventos climáticos extremos de 2021 no Brasil: 2 – A seca no Sudeste



Por [Philip Martin Fearnside](#) Publicado em: 20/07/2021 às 14:16



---

O ano 2021 é um ano La Niña, e eventos La Niña normalmente levam a secas no Sudeste brasileiro [1]. Eventos La Niña resultam de um esfriamento da água na superfície da parte oriental do Oceano Pacífico. Em uma escala decadal, as décadas mais secas nessa região correspondem às que apresentam uma combinação de água fria no Pacífico, indicado por valores negativos do Índice da Oscilação do Pacífico (POI), e água mais quente no Atlântico Sul, indicado por valores positivos do índice da

Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO) [2]. Isto é o caso em 2021, e o POI assumiu valores ainda mais negativos [3].

O gradativo aumento de desmatamento não é o que explica uma grande variação na chuva no Sudeste brasileiro este ano. No entanto, ao longo do tempo, o avanço do desmatamento vai, sim, levar a mais seca no Sudeste, especialmente se for desmatada a região “Trans-Purus” entre o rio Purus e a fronteira com o Peru [4]. É possível que o desmatamento na Amazônia já esteja tendo algum efeito sobre a média da precipitação no Sudeste, pois modelos climáticos comparando a Amazônia brasileira com a vegetação original versus com a vegetação que estava presente em 2007 indicaram que na chuva na parte sul da região amazônica já estava sendo prejudicada. O fato que a faixa sul da região está localizada no caminho dos ventos do tipo “jato sul-americano de baixa altitude” (SALLJ), conhecidos como “rios voadores”, implica que a região Sudeste, que fica mais adiante no percurso destes ventos, também seria afetada. No entanto, isto se refere à precipitação média, e não à variação que domina na explicação da seca atual.

A frequência de grandes secas no Sudeste está aumentando sensivelmente [2, 5] e apresenta um risco de consequências maiores. A seca no Sudeste de 2014 foi marcante [6]. A “crise hídrica” de 2014 resultou de uma combinação de causas. Houve chuva abaixo do normal desde o ano anterior, a temperatura era anormalmente alta, e um sistema de alta pressão estacionou sobre a área de São Paulo durante 51 dias, criando uma barreira na troposfera, bloqueando a entrada de umidade do Atlântico e inibindo chuva [7].

Ao mesmo tempo, um deslocamento da Zona de Interconvergência do Atlântico do Sul (SACZ) impediu a chegada de vapor d’água da Amazônia pelos “rios voadores”, este deslocamento sendo o mesmo que contribuiu para a enchente recorde do rio Madeira naquele ano [7]. O sistema de ventos que desviou os “rios voadores” foi ligado a uma teleconexão (uma ligação causal à distância) com a célula da circulação Walker no Pacífico, que, por sua vez, foi alterado por uma fonte calor anormal perto de Austrália [8]. A água na superfície do Atlântico perto a costa do Sudeste brasileiro era quente, e esta condição é associada às secas na região [8]. A tendência de ter água mais quente nesta parte do Atlântico Sul é, em parte, devido ao vazamento de Agulhas, que está ligado ao aquecimento global [9, 10].

O volume de água nos reservatórios abastecendo a grande São Paulo chegou a apenas 5% de sua capacidade total [11]. Com o “volume morto” dos reservatórios sendo bombeado, e quase esgotado, a cidade de São Paulo chegou a poucos dias de faltar água até para beber. Medidas mitigatórias foram implantadas nos anos subsequentes, mas mesmo assim foi alertado que “A suposição de que os problemas de água serão finalmente resolvidos com a construção de mais infraestrutura pode falhar devido às crescentes necessidades humanas e às mudanças climáticas” [12].

As causas da seca de 2014 provavelmente resultaram de mudanças climáticas antropogênicas [7], mas não eram diretamente ligadas ao desmatamento na Amazônia. O problema é que se for acrescentado a esta variação o efeito de

mais desmatamento na Amazônia, o somatório poderia ser catastrófico não só para os grandes centros urbanos do País, mas também para o agronegócio [13-15]. A bacia do rio Paraná/La Plata depende da Amazônia por 70% da sua água [16]. O desmatamento segue de forma paulatina, aumentando um pouco a perda dos serviços ambientais da floresta cada ano. A floresta recicla uma enorme quantidade de água todo ano, maior do que a vazão do rio Amazonas, e se a região for transformada em pasto isto não vai mais acontecer. A água que hoje é reciclada é transportada adiante por ventos conhecidos como “rios voadores”, assim fornecendo o vapor d’água para gerar chuvas, inclusive em São Paulo [17-21]. Se não for reciclada, a água que entra na Amazônia após evaporar do Oceano Atlântico vai cair apenas uma vez como chuva e depois voltar para o Oceano via o rio Amazonas.

A dependência das regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste de água da Amazônia, por si só, faz com que seja fortemente no interesse nacional parar todo o desmatamento na Amazônia. Não é suficiente parar apenas o desmatamento “ilegal”, que é o objetivo anunciado do governo [22]. Isto é possível, pois praticamente todo o desmatamento é para pasto e soja, a parte para culturas de subsistência da população local sendo mínima [23].

---

*A imagem que ilustra este artigo mostra a seca na Represa do Jaguari na cidade de Vargem, interior de São Paulo (Foto: Luiz Augusto Daidone/ Prefeitura de Vargem)*

---

#### *Notas*

- [1] Grimm, A.M. & Tedeschi, R.G. 2009. [ENSO and extreme rainfall events in South America](#). *Journal of Climate* 22(7): 1589-1609.
- [2] Grimm, A.M., A.S. Almeida, C.A.A. Beneti & E.A. Leite. 2020. [The combined effect of climate oscillations in producing extremes: the 2020 drought in southern Brazil](#). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 25: art. e48.
- [3] Climate Action Company. 2021. [Cool phase of the Pacific Decadal Oscillation strengthens](#). Climate Action Company, 16 de abril de 2021.
- [4] Fearnside, P.M., L. Ferrante, A.M. Yanai & M.A. Isaac Júnior. 2020. [Região Trans-Purus, a última floresta intacta](#). Amazônia Real.
- [5] Silva, V.O. 2018. [Eventos de Seca na Região Sudeste do Brasil: Ocorrências Temporais e Comportamento Futuro](#). Dissertação de mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 148 p.
- [6] Cunha, A.P.M.A., M. Zeri, K.D. Leal, L. Costa, L.A. Cuartas, J.A. Marengo, J. Tomasella, R.M. Vieira, A.A. Barbosa, C. Cunningham, J.V.C. Garcia, E.

- Broedel, R. Alvalá & G. Ribeiro-Neto 2019. [Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019](#). *Atmosphere* 10: art. 642.
- [7] Nobre, C., J. Marengo, M. Seluchi, L. Cuartas & L. Alves. 2016. [Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015](#). *Journal of Water Resource and Protection* 8: 252-262.
- [8] Coelho, C.A.S., C.P. de Oliveira, T. Ambrizzi, M.S. Reboita, C.B. Carpenedo, J.L.P.S. Campos, A.C.N. Tomaziello, L.A.P.M.S. Custódio, L.M.M. Dutra, R.P. da Rocha & A. Rehbein. 2016. [The 2014 southeast Brazil austral summer drought: Regional scale mechanisms and teleconnections](#). *Climate Dynamics* 46: 3737–3752.
- [9] Biastoch, A. & C.W. Boning 2013. [Anthropogenic impact on Agulhas leakage](#). *Geophysical Research Letters* 40: 1138–1143.
- [10] Biastoch, A., C.W. Boning, F.U. Schwarzkopf & J. Lutjeharms. 2009. [Increase in Agulhas leakage due to poleward shift of Southern Hemisphere westerlies](#). *Nature* 462: 495–498.
- [11] Fernandes, V.R., A.P.M. Cunha, P. do Amaral, A.C. Luz, K.R. D. Leal, L.C.O. Costa, E. Broedel, R.C.S. Alvalá, M.E. Seluchi & J. Marengo. 2021. [Secas e os impactos na região Sul do Brasil](#). *Revista Brasileira de Climatologia* 28: 561-584.
- [12] Deusdará-Leal, K.R., A.C. Luz, R. Zhang, G.S. Mohor, L.V.C. Carvalho, C.A. Nobre, E.M. Mendiondo, E. Broedel, M.E. Seluchi & R.C.S. Alvalá. 2020. [Implications of the new operational rules for Cantareira Water System: Re-reading the 2014-2016 water crisis](#). *Journal of Water Resource and Protection* 12(4): 261-274.
- [13] Costa, M.H. & G.F. Pires. 2010. [Effects of Amazon and central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation](#). *International Journal of Climatology* 30: 1970–1979.
- [14] Costa, M.H., L.C. Fleck, A.S. Cohn, G.M. Abrahão, P.M. Brando, M.T. Coe, R. Fu, D. Lawrence, G.F. Pires, R. Pousa & B.S. Soares-Filho. 2019. [Climate risks to Amazon agriculture suggest a rationale to conserve local ecosystems](#). *Frontiers in Ecology and Environment* 17: 584–590.
- [15] Fearnside, P.M. 2020. [Changing climate in Brazil's "breadbasket"](#). *Frontiers in Ecology and the Environment* 18: 486-488.
- [16] van der Ent, R.J., H.H.G. Savenije, B. Schaeffli & S.C. Steele-Dunne. 2010. [Origin and fate of atmospheric moisture over continents](#). *Water Resources Research* 46: art. W09525.
- [17] Arraut, J.M., C.A. Nobre, H.M. Barbosa, G. Obregon & J.A. Marengo. 2012. [Aerial rivers and lakes: Looking at large-scale moisture transport and its](#)

[relation to Amazonia and to subtropical rainfall in South America. \*Journal of Climate\* 25\(2\): 543-556.](#)

[18] Fearnside, P.M. 2004. [A água de São Paulo e a floresta amazônica. \*Ciência Hoje\* 34\(203\): 63-65.](#)

[19] Fearnside, P.M. 2015. [Rios voadores e a água de São Paulo. \*Amazônia Real.\*](#)

[20] Zemp, D.C., C.F. Schleussner, H.M.J. Barbosa, R. J. van der Ent, J.F. Donges, J Heinke, G. Sampaio & A. Rammig. 2014. [On the importance of cascading moisture recycling in South America. \*Atmospheric Chemistry and Physics\* 14: 13337–13359.](#)

[21] Zemp, D.C., C. Schleussner, H.M.J. Barbosa, M. Hirota, V. Montade, G. Sampaio, A. Staal, L. Wang-Erlandsson & A. Rammig. 2017. [Self-amplified Amazon forest loss due to vegetation-atmosphere feedbacks. \*Nature Communications\* 8: art. 14681.](#)

[22] Fearnside, P.M. 2021. [Desmatamento ilegal zero, mais uma distorção do Bolsonaro. \*Amazônia Real\*, 26 de abril de 2021.](#)

[23] Fearnside, P.M. 2021. [O Desmatamento da Amazônia brasileira. \*Amazônia Real.\*](#)

#### Sobre a matéria



[Philip Martin Fearnside](#)

É doutor pelo Departamento de Ecologia e Biologia Evolucionária da Universidade de Michigan (EUA) e pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), em Manaus (AM), onde vive desde 1978. É membro da Academia Brasileira de Ciências. Recebeu o Prêmio Nobel da Paz pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC), em 2007. Tem mais de 600 publicações científicas e mais de 500 textos de divulgação de sua autoria que podem ser acessados aqui. <https://philip.inpa.gov.br>