

Programa de Parceria para Serviços e Pesquisa do Tempo e Clima

A seca e o sequestro de carbono da floresta amazônica

Alexander Askew¹, Andy Wiltshire^{1,2}, Eddy Robertson¹, Richard Betts^{1,2}, Andrew Hartley¹, Lucy Rowland^{2,3}, Mateus Cardoso Silva^{2,3}

¹Met Office Hadley Centre, Exeter, Reino Unido; ²Global Systems Institute, Universidade de Exeter, Exeter, Reino Unido; ³Departamento de Geografia, Faculdade de Meio Ambiente, Ciências e Economia, Universidade de Exeter, Exeter, Reino Unido

Resumo

A capacidade da floresta amazônica de atuar como um sumidouro e reservatório de carbono terrestre é uma parte fundamental do ciclo global do carbono, e sua conservação é importante para alcançar as metas climáticas. O aumento da atividade de secas ameaça esse ecossistema e as comunidades ecológicas e humanas que dele dependem. Este informativo resume as pesquisas mais recentes na porção brasileira da Amazônia, destacando o trabalho da Parceria para Serviços e Pesquisa Climática (CSSP, na sigla em inglês) Brasil.

- A atividade de secas está aumentando em todo o mundo e projeta-se que continue a aumentar no futuro com o avanço das mudanças climáticas. As secas podem reduzir a produtividade das plantas e sua capacidade de absorver e armazenar carbono.
- A floresta amazônica armazena uma enorme quantidade de carbono, mas tornou-se uma fonte líquida de carbono durante extremos climáticos recentes, como as secas. As mudanças climáticas podem continuar essa tendência ou levar a Amazônia a uma grande mudança no ecossistema, reduzindo sua capacidade de absorver e estocar carbono.
- Aumentos futuros na atividade de secas podem apresentar impactos cada vez mais severos nas comunidades ecológicas e humanas da Amazônia, afetando transporte, agricultura e meios de subsistência.
- Os avanços recentes na redução do desmatamento podem ajudar a fortalecer a resiliência da Amazônia e ao seu papel como sumidouro de carbono, reduzindo a atividade de secas e apoiando os esforços de adaptação e mitigação climática.

Sumidouros e reservatórios de carbono terrestre, como solos e florestas, absorvem e retêm uma grande quantidade de carbono, formando uma parte essencial do ciclo do carbono e do sistema climático mais amplo. Eles também são importantes para alcançar as metas climáticas, já que alguns países incluem a absorção natural de carbono dentro de suas fronteiras em seus cálculos climáticos. A floresta amazônica possui um sumidouro de carbono tão grande a ponto de desempenhar um papel fundamental no clima global, armazenando enormes quantidades de carbono e regulando a temperatura e a umidade regionais. No entanto, esse sumidouro é vulnerável a eventos climáticos extremos, incluindo secas severas, que podem levar à liberação de carbono dos reservatórios ou à redução da absorção de carbono, eventos que estão aumentando devido às mudanças climáticas induzidas pelo ser humano. Este informativo detalha como as mudanças climáticas estão alterando o regime de seca e seus efeitos sobre o sequestro de carbono da floresta amazônica, e a importância disso para as comunidades locais e para a política climática.

Impactos das mudanças climáticas no sumidouro de carbono da floresta amazônica

A floresta amazônica é a maior floresta contínua do mundo, absorvendo e armazenando uma enorme quantidade de carbono nos tecidos vegetais e nos solos. Esse reservatório é da ordem de centenas de bilhões de toneladas métricas de carbono¹, o que significa que a Amazônia, sozinha, é um componente significativo do ciclo global do carbono. Isso também significa que a saúde da floresta e seu funcionamento como um sumidouro líquido de carbono são cruciais para desacelerar o aumento das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera.

Pesquisas recentes² demonstraram que a capacidade da Amazônia de absorver e reter carbono está sendo afetada pelas mudanças climáticas. Observou-se que a Amazônia se tornou uma fonte líquida de carbono durante os eventos de seca recentes de 2010 e 2015/16, provavelmente devido à mortalidade de grandes árvores que são particularmente vulneráveis às secas e contribuem de forma desproporcional para o estoque de carbono da floresta. Distúrbios induzidos pelo ser humano, como o desmatamento e a degradação florestal por incêndios, podem amplificar ainda mais a mortalidade florestal durante anos de seca, transformando o sistema amazônico de sumidouro em fonte de carbono.

Projeções de modelos dinâmicos globais de vegetação para cenários climáticos futuros, que consideram a crescente coocorrência de secas e ondas de calor, indicam uma redução da cobertura arbórea global e do carbono armazenado na vegetação³. Um cenário futuro de altas emissões pode levar a Amazônia oriental a experimentar períodos secos

mais longos, enquanto a Amazônia ocidental desenvolve uma estação seca mais distinta e a intensidade geral das chuvas e dos extremos de seca aumenta⁴.

Secas como impulsionadoras de grandes mudanças no ecossistema amazônico

As secas estão entre os fatores que podem causar uma mortalidade em larga escala, levando a Amazônia a um ponto de não retorno, transformando o sistema de floresta tropical em um estado mais seco e degradado, com menor biomassa e biodiversidade, além de estruturas ou dosséis mais abertos. Isso pode ocorrer local ou regionalmente, ao longo de décadas a um século nas áreas afetadas, possivelmente reforçado por um feedback positivo entre secas e incêndios florestais⁵. A perda significativa da floresta teria grandes efeitos sobre o sequestro de carbono da Amazônia, reduzindo sua capacidade de absorção e o tamanho do estoque de carbono.

O risco de cruzar esse ponto de não retorno é difícil de quantificar; limiares relacionados ao aumento da temperatura, ao desmatamento e à redução das chuvas já foram propostos como gatilhos para a mortalidade da Amazônia⁵. Um estudo sugere que, até 2050, com as tendências atuais de aquecimento, secagem, secas extremas e desmatamento, de 10% a 47% da floresta amazônica estará exposta a distúrbios combinados que podem desencadear o colapso florestal e agravar as mudanças climáticas regionais⁶. Por outro lado, estudos demonstraram que a floresta foi capaz de se reorganizar após duas décadas de seca experimental, evitando um colapso catastrófico⁷, e que as transições simuladas do ecossistema podem ter apenas impactos moderados no ciclo hidrológico regional⁸. Esses estudos destacam a complexa interação entre a floresta amazônica e o clima. De forma geral, o último Relatório de Avaliação do IPCC concluiu que há baixa confiança de que uma grande transição florestal comece em toda a Amazônia antes de 2100, mas que mudanças contínuas na região, como o desmatamento, podem aumentar essa possibilidade ao longo do tempo⁹. Modelagens da mortalidade da Amazônia em um cenário futuro de emissões moderadas indicaram que isso levaria a um aquecimento global adicional de 0,3°C como resultado da perda da floresta¹⁰.

Implicações para as populações locais e para a política climática

O futuro da floresta amazônica e do seu papel no sequestro de carbono tem grandes implicações, não apenas para as populações locais, mas também para os esforços nacionais e internacionais de enfrentamento das mudanças climáticas.

As secas impactam diretamente a biosfera, bem como os serviços ecossistêmicos. Em escalas locais, os baixos níveis dos rios prejudicam comunidades ribeirinhas e indígenas que dependem deles para alimentação e transporte. Em escalas regionais, a redução das chuvas dificulta a agricultura e a geração de energia hidrelétrica, enquanto o aumento da atividade de incêndios florestais reduz a qualidade do ar, mesmo em áreas metropolitanas distantes da Amazônia, como a região de São Paulo, que abriga mais de 20 milhões de pessoas. Impactos ainda maiores, como a degradação e o colapso da Amazônia, teriam efeitos profundos sobre a biodiversidade atual da região, bem como sobre os meios de subsistência das populações locais¹⁰.

As mudanças nas secas e nos sumidouros de carbono terrestre também podem afetar o progresso em direção às metas de mitigação climática, como as Contribuições Nacionalmente Determinadas, especialmente quando estas incluem a remoção de dióxido de carbono da atmosfera por sumidouros terrestres. À medida que as secas transformam a Amazônia de sumidouro em fonte de carbono, torna-se ainda mais importante evitar emissões adicionais da floresta, por meio de ações como a redução do desmatamento. Isso pode incluir acordos comerciais internacionais bem estruturados e livres de desmatamento¹¹, aplicação eficaz da lei¹², e a demarcação de terras indígenas^{12,13}. Ao mesmo tempo, esforços para fortalecer a restauração florestal e a agricultura regenerativa em áreas já desmatadas podem ser ampliados, com apoio adicional de mercados de carbono^{14,15}.

Dada a ligação entre a atividade de secas e o desmatamento, que pode reduzir a precipitação em cerca de 0,25 mm para cada ponto percentual de floresta perdida¹⁶, reduzir o desmatamento e a degradação florestal pode ajudar a desacelerar as tendências futuras de secas e proteger os estoques de carbono da Amazônia. A política agrícola pode desempenhar um papel importante nisso, incentivando práticas agrícolas mais sustentáveis e o reaproveitamento de pastagens degradadas, reduzindo a necessidade de novos desmatamentos. Os esforços recentes para reduzir o desmatamento no Brasil e ampliar a restauração da floresta podem fortalecer a resiliência da Amazônia e de suas comunidades, apoiando tanto a adaptação quanto a mitigação climática.

Nossa compreensão dessas questões está sendo aprimorada pela Parceria Brasil-Reino Unido para Serviços e Pesquisa Climática (CSSP Brasil), uma iniciativa colaborativa entre instituições britânicas e brasileiras. O trabalho realizado por este projeto, que fundamenta grande parte deste informativo, está ajudando a melhorar nosso entendimento sobre os impactos das secas no crucial sequestro de carbono da floresta amazônica e a orientar políticas para protegê-lo.

Referências

- ¹ Gloor, M. et al. (2012) *Biogeosciences*, **9**, 5407-5430, doi:[10.5194/bg-9-5407-2012](https://doi.org/10.5194/bg-9-5407-2012)
- ² Rosan, T. et al. (2024) *Commun. Earth Environ.*, **5**, 46, doi:[10.1038/s43247-024-01205-0](https://doi.org/10.1038/s43247-024-01205-0)
- ³ Tschumi, E. et al. (2023) *J. Geophys. Res. Biogeo.*, **128**, e2022JG007332, doi:[10.1029/2022JG007332](https://doi.org/10.1029/2022JG007332)
- ⁴ Kahana, R. et al. (2024) *Front. Clim.*, **6**, 1419704, doi:[10.3389/fclim.2024.1419704](https://doi.org/10.3389/fclim.2024.1419704)
- ⁵ Wang, S. et al. (2023) *Rev. Geophys.*, **61**, e2021RG000757, doi:[10.1029/2021RG000757](https://doi.org/10.1029/2021RG000757)
- ⁶ Flores, B. et al. (2024) *Nature*, **626**, 555-564, doi:[10.1038/s41586-023-06970-0](https://doi.org/10.1038/s41586-023-06970-0)
- ⁷ Sanchez-Martinez, P. et al. (2025) *Nat. Ecol. Evol.*, **9**, 970-979, doi:[10.1038/s41559-025-02702-x](https://doi.org/10.1038/s41559-025-02702-x)
- ⁸ Cattelan & Gloor, *Em preparação*
- ⁹ Canadell, J. et al. (2021) Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, p. 673-816, doi:[10.1017/9781009157896.007](https://doi.org/10.1017/9781009157896.007)
- ¹⁰ Betts, R. et al. (2008) *Phil. Trans. R. Soc. B*, **363**, 1873-1880, doi:[10.1098/rstb.2007.0027](https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0027)
- ¹¹ Grigoras, T. (2024) *Int. Environ. Agreements*, **24**, 475-496, doi:[10.1007/s10784-024-09647-9](https://doi.org/10.1007/s10784-024-09647-9)
- ¹² Busch, J. & K. Ferretti-Gallon (2023) *Rev. Environ. Econ. Policy*, **17**, 2, 217-250, doi:[10.1086/725051](https://doi.org/10.1086/725051)
- ¹³ Baragwanath, K. & E. Bayi (2020) *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **117** (34), 20495-20502, doi:[10.1073/pnas.1917874117](https://doi.org/10.1073/pnas.1917874117)
- ¹⁴ Allen, M. et al. (2024) *Commun. Earth Environ.*, **5**, 801, doi:[10.1038/s43247-024-01970-y](https://doi.org/10.1038/s43247-024-01970-y)
- ¹⁵ Cherubin, M. et al. (2024) *Exp. Agric.*, **60**(e28), doi:[10.1017/S0014479724000255](https://doi.org/10.1017/S0014479724000255)
- ¹⁶ Smith, C. et al. (2023) *Nature*, **615**, 270-275, doi:[10.1038/s41586-022-05690-1](https://doi.org/10.1038/s41586-022-05690-1)