unesco

WORLD RESOURCES INSTITUTE

UICN

Florestas do Patrimônio Mundial

Sumidouros de carbono sob pressão

Publicado em português em 2022 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, França, pelo World Resources Institute (WRI), 10 G Street NE, Suite 800, 20002, Washington DC, Estados Unidos da América, pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Suíça, e pela Representação da UNESCO no Brasil.

© UNESCO, WRI e UICN 2022

ISBN: 978-65-86603-21-7

Esta publicação está disponível em acesso livre ao abrigo da licença Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/). Ao utilizar o conteúdo da presente publicação, os usuários aceitam os termos de uso do Repositório UNESCO de acesso livre (www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-port).

Título original: *World Heritage forests: carbon sinks under pressure*. Publicado em 2021 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), pelo World Resources Institute (WRI, Estados Unidos) e pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN, Suíça).

As indicações de nomes e a apresentação do material ao longo desta publicação não implicam a manifestação de qualquer opinião por parte da UNESCO, WRI e UICN a respeito da condição jurídica de qualquer país, território, cidade, região ou de suas autoridades, tampouco da delimitação de suas fronteiras ou limites.

As ideias e opiniões expressas nesta publicação são as dos autores e não refletem obrigatoriamente as da UNESCO, do WRI e da UICN, nem comprometem as Organizações.

Imagens e figuras marcadas com um asterisco (*) não se enquadram na licença CC-BY-SA e não podem ser usadas ou reproduzidas sem a permissão prévia do detentor dos direitos autorais.

Citação sugerida: UNESCO, WRI e UICN, 2022. *Florestas do Patrimônio Mundial: sumidouros de carbono sob pressão*. Paris: UNESCO; Washington, DC: WRI; Gland: UICN, 2022.

Créditos da versão original:

Autores: Tales Carvalho Resende (UNESCO), David Gibbs (WRI), Nancy Harris (WRI) e Elena Osipova (UICN)

Revisores: Andreas Brink, Robbert Casier, Olivia Crowe, Guy Debonnet, Fanny Douvere, Tom Evans, Jason Funk, Oscar Guevara, Serena Heckler, Susanna Kari, Cyril Kormos, Jim Perry, Peter Shadie, Michelle Sims e Martha-Marie Vogel

Agradecimentos: Gina Doubleday, Dorine Dubois, Rosie Ettenheim, Andrea Lupi, Nolwazi Mjwara, Ernesto Ottone Ramirez, Mechtild Rössler e Gregory Taff

Design gráfico: Scienseed SL

Créditos da versão em português:

Coordenação técnica da Representação da UNESCO no Brasil:
Marlova Jovchelovitch Noleto, diretora e representante
Fábio Soares Eon, coordenador do Setor de Ciências Naturais

Revisão técnica: Glauco Kimura, Setor de Ciências Naturais da Representação da UNESCO no Brasil

Tradução: Tikinet Edição, Ltda.

Revisão editorial e diagramação: Unidade de Publicações da Representação da UNESCO no Brasil

Esclarecimento: a UNESCO mantém, no cerne de suas prioridades, a promoção da igualdade de gênero, em todas as suas atividades e ações. Devido à especificidade da língua portuguesa, adotam-se, nesta publicação, os termos no gênero masculino, para facilitar a leitura, considerando as inúmeras menções ao longo do texto. Assim, embora alguns termos sejam escritos no masculino, eles referem-se igualmente ao gênero feminino.

Florestas do Patrimônio Mundial

Sumidouros de carbono sob pressão

Resumo

Quantificação dos benefícios climáticos das florestas do Patrimônio Mundial

As florestas são alguns dos habitats mais ricos em biodiversidade da Terra e desempenham um papel crucial na regulação do clima, capturando dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera.

As florestas em sítios do Patrimônio Mundial da UNESCO cobrem 69 milhões de hectares (quase o dobro do tamanho da Alemanha) e coletivamente formam grandes sumidouros de carbono, responsáveis pela absorção líquida de cerca de 190 milhões de toneladas de CO_2 da atmosfera a cada ano, o equivalente a quase metade das emissões anuais do Reino Unido provenientes de combustíveis fósseis.

190 milhões

de toneladas de dióxido de carbono absorvido da atmosfera a cada ano

No entanto, apesar de seu reconhecimento global e *status* de proteção em âmbito nacional, dez florestas do Patrimônio Mundial foram fontes líquidas de carbono entre 2001 e 2020 devido a estressores antrópicos, incluindo o manejo do solo e a mudança climática do planeta. O uso de recursos e distúrbios mais intensos e cada vez mais frequentes, como incêndios florestais, provavelmente enfraquecerão os sumidouros de carbono das florestas do Patrimônio Mundial nos próximos anos.

Garantir uma proteção forte e sustentada das florestas do Patrimônio Mundial e das paisagens circundantes é crucial para maximizar seu valor como soluções para a mitigação da mudança climática, adaptação a ela e conservação da biodiversidade.

unesco

"Uma vez que as guerras se iniciam nas mentes dos homens, é na mente dos homens que devem ser construídas as defesas da paz".

Sumário

Destaques 2

Resumo executivo 3

1 Sítios do Patrimônio Mundial e seu papel na regulação do clima 5

1.1 Sítios do Patrimônio Mundial: proteção dos lugares naturais mais icônicos do planeta 5

1.2 Florestas no ciclo global do carbono 6

1.3 As florestas do Patrimônio Mundial são grandes sumidouros de carbono 8

1.4 As florestas do Patrimônio Mundial são importantes depósitos de carbono 12

2 Sumidouros e depósitos de carbono sob ameaça 15

2.1 Incêndios florestais sem precedentes alimentados pela mudança climática causam aumento de emissões 18

2.2 Aumento da pressão sobre o uso da terra por atividades humanas enfraquece os sumidouros de carbono florestais 20

3 Diretrizes de ação para proteger os sumidouros de carbono do Patrimônio Mundial 23

3.1 Respostas rápidas e eficazes podem ajudar a prevenir a devastação de eventos relacionados ao clima 23

3.2 Mecanismos de suporte que maximizam a integridade e a conectividade das florestas 25

3.3 Integrar sítios do Patrimônio Mundial às agendas do clima, da biodiversidade e do desenvolvimento sustentável 25

Conclusão 26

Referências 27

Políticas, estratégias e diretrizes relevantes da UNESCO sobre Patrimônio Mundial e ação climática 31

Destaques

- Os 257 sítios naturais e mistos (naturais e culturais) do Patrimônio Mundial da UNESCO contêm 69 milhões de hectares de florestas (quase o dobro do tamanho da Alemanha), mas seus benefícios climáticos não foram quantificados antes devido à falta de dados disponíveis.

- Este relatório combina mapas publicados recentemente de fluxos de carbono florestal em âmbito global entre 2001 e 2020 com dados de monitoramento em âmbito local para estimar os impactos e as consequências climáticas das ameaças às florestas do Patrimônio Mundial da UNESCO.

- As florestas do Patrimônio Mundial foram coletivamente grandes sumidouros de carbono entre 2001 e 2020, com absorção líquida de aproximadamente 190 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera a cada ano, o equivalente a quase metade das emissões anuais de CO_2 do Reino Unido provenientes de combustíveis fósseis.

- O sequestro de CO_2 a longo prazo pelas florestas do Patrimônio Mundial resultou no armazenamento total de carbono de aproximadamente 13 bilhões de toneladas, o que excede o carbono nas reservas comprovadas de petróleo do Kuwait.

- Apesar de seu reconhecimento global e *status* de proteção em âmbito nacional, as florestas de dez sítios representaram fontes líquidas de carbono durante o período de 2001-2020 devido a diferentes estressores e distúrbios. Nos próximos anos, o aumento das emissões de estressores antropogênicos, incluindo pressões pelo uso da terra e pela mudança climática, provavelmente ocorrerá em um número cada vez maior de sítios em todo o mundo. Esses distúrbios podem enfraquecer a capacidade das florestas de absorver carbono da atmosfera.

- A proteção consistente e sustentada das florestas do Patrimônio Mundial e das paisagens circundantes pode contribuir para soluções eficazes para a mitigação da mudança climática do planeta, adaptação a elas e conservação da biodiversidade.

Resumo executivo

Embora as florestas desempenhem um papel importante no ciclo global do carbono, a avaliação dos benefícios climáticos de sítios específicos em diversas regiões costuma ser dificultada pela falta de dados. Cerca de um quarto dos mais de mil sítios da Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO foram inscritos especificamente por seus valores naturais e muitos contêm grandes áreas de floresta.[1] Cobrindo 69 milhões de hectares[2] (quase o dobro do tamanho da Alemanha), as florestas do Patrimônio Mundial fornecem diversos bens e serviços, beneficiando a natureza e as pessoas. Apesar de haver uma compreensão geral dos benefícios climáticos fornecidos por essas áreas florestadas, o grau em que elas servem como fontes ou sumidouros de CO_2 atmosférico não havia sido quantificado até agora.

Combinar mapas globais com monitoramento em âmbito local conta a história do carbono. Este relatório avalia pela primeira vez as emissões de gases de efeito estufa (GEE) florestais, sequestro (remoções de CO_2) e armazenamento de carbono (C) em todos os 257 sítios naturais e mistos (naturais e culturais) do Patrimônio Mundial da UNESCO inscritos até 2021, usando mapas globais de fluxos de carbono florestal entre 2001 e 2020 publicados recentemente (Figura ES-1).[3] Com base nessa análise, vários sítios mostraram picos nas emissões e/ou tiveram emissões excedendo as remoções, e foram investigados. Esses e outros sítios foram analisados com informações em âmbito local compiladas pelo processo de monitoramento da Convenção do Patrimônio Mundial[4] e do World Heritage Outlook da UICN de 2020[5], o que ajudou a identificar as pressões específicas que provavelmente influenciaram o balanço local de carbono dos sítios nos últimos 20 anos.

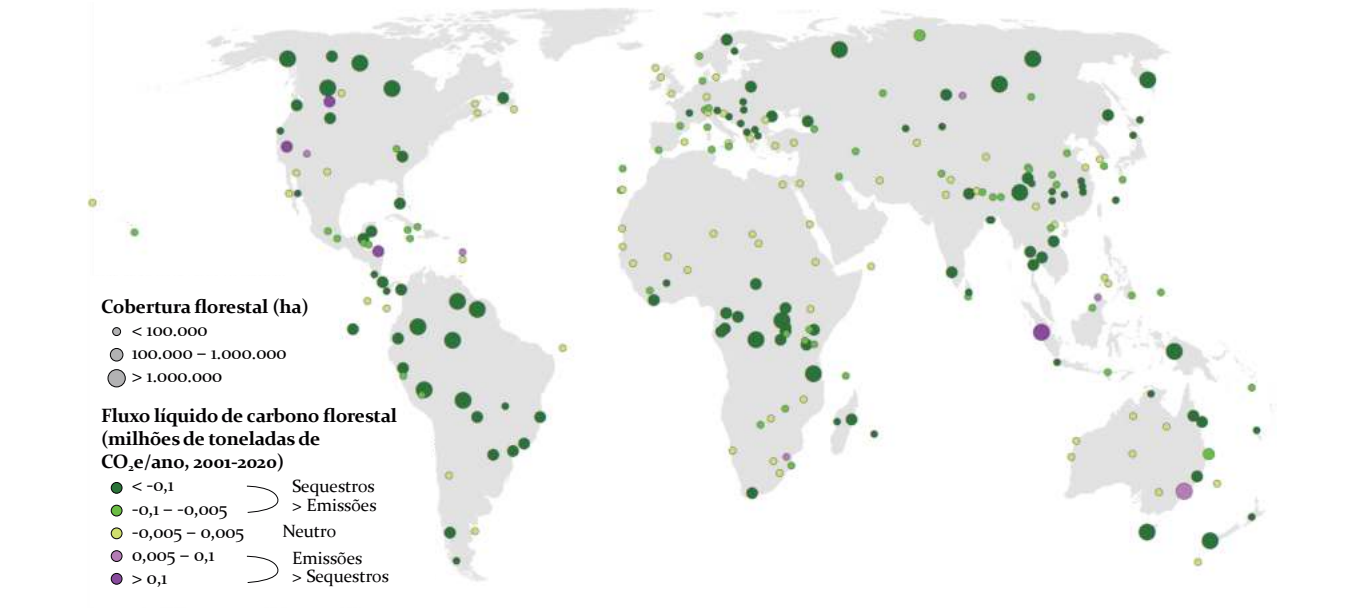
Em média, as florestas em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO absorveram aproximadamente 190 milhões de toneladas de CO_2 da atmosfera anualmente desde 2000. Esta remoção líquida de CO_2 pelas florestas é equivalente a cerca de metade das emissões anuais de CO_2 do Reino Unido provenientes de combustíveis fósseis em 2019.[6] O sequestro ao longo de séculos ou milênios pelas florestas do Patrimônio Mundial resultou no armazenamento total de aproximadamente 13 bilhões de toneladas de carbono, o que excede o carbono nas reservas comprovadas de petróleo do Kuwait.[7] Os sítios com os maiores sumidouros e estoques líquidos de carbono localizam-se geralmente em regiões tropicais e temperadas.

As florestas do Patrimônio Mundial fornecem benefícios climáticos essenciais apenas se protegidas de ameaças. Apesar de seu *status* de proteção e reconhecimento global, as florestas em dez sítios do Patrimônio Mundial foram fontes líquidas de carbono durante o período de 2001-2020. No futuro, a remoção contínua de CO_2 atmosférico pelas florestas nesses sítios não é garantida se as ameaças à sua conservação persistirem. As emissões devido à perda de floresta devido às pressões pelo uso da terra aumentaram em alguns sítios, como o Patrimônio da Floresta Tropical de Sumatra na Indonésia e a Reserva da Biosfera do Río Plátano em Honduras. Outros passaram por distúrbios naturais e antropogênicos relacionados ao clima, como incêndios florestais intensos. Alguns dos incêndios florestais liberaram emissões de gases de efeito estufa superiores a 30 milhões de toneladas de CO_2 em um único ano, maiores do que as emissões anuais nacionais provenientes de combustíveis fósseis de mais da metade dos países do mundo.[8] Tanto as pressões diretas pelo uso da terra quanto a mudança climática colocam em risco os estoques de carbono dos sítios e o seu sequestro contínuo.

[1] Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO disponível em https://whc.unesco.org/en/list/.
[2] Análise de Hansen et al., 2013.
[3] Harris et al., 2021.
[4] Parágrafo 169 das Diretrizes Operacionais para a Implementação da Convenção do Patrimônio Mundial: https://whc.unesco.org/en/guidelines/.
[5] Osipova et al., 2020.
[6] Global Carbon Project, 2021.
[7] US EIA, 2021.
[8] Usando as emissões de 2018 de acordo com dados do CAIT no Climate Watch (www.climatewatchdata.org).

As florestas do Patrimônio Mundial e as paisagens circundantes requerem proteção consistente e contínua para manter seus papéis como sumidouros e estoques estáveis de carbono para as gerações futuras. Três diretrizes para atingir esse objetivo incluem uma resposta rápida e eficaz a eventos relacionados ao clima, como incêndios florestais; manter e fortalecer a conectividade ecológica por meio de uma melhor gestão da paisagem; e integração da proteção contínua dos sítios do Patrimônio Mundial nas agendas internacionais, nacionais e locais de clima, biodiversidade e desenvolvimento sustentável. A implementação bem sucedida dessas diretrizes requer o uso do melhor conhecimento disponível, gerado por meio de dados confiáveis e tomadas de decisão interdisciplinares, bem como a mobilização de apoio público e político para financiamentos e investimentos sustentáveis.

Figura ES 1: Fluxos florestais líquidos de carbono em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO. Os valores são médias anuais entre 2001 e 2020.



Fonte: análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO.
Notas: CO_2 equivalente (CO_2e) é uma medida usada para agregar as emissões de vários gases de efeito estufa com base em seus potenciais de aquecimento global ao longo de 100 anos, equiparando gases de efeito estufa não CO_2 à quantidade equivalente de CO_2.

69 milhões de hectares
de cobertura florestal
(quase o dobro do tamanho da Alemanha)

190 milhões de toneladas
de dióxido de carbono absorvido (líquido) da atmosfera a cada ano
(equivalente a aproximadamente metade das emissões anuais de CO_2 do Reino Unido provenientes de combustíveis fósseis)

13 bilhões de toneladas
de carbono armazenado em árvores e solo
(mais carbono do que as reservas comprovadas de petróleo do Kuwait)

10 sítios
foram fontes líquidas de carbono entre 2001 e 2020 devido a distúrbios naturais e antrópicos, incluindo mudança climática

Terras Altas Centrais do Sri Lanka (Sri Lanka) © UNESCO

Sítios do Patrimônio Mundial e seu papel na regulação do clima

1.1 Sítios do Patrimônio Mundial: proteção dos lugares naturais mais icônicos do planeta

Adotada em 1972, a Convenção sobre a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural (Convenção do Patrimônio Mundial) reúne 194[9] países em um objetivo comum de proteger e valorizar o patrimônio natural e cultural mais notável do mundo. Sob esta convenção internacional única, mais de mil sítios naturais, culturais e mistos (naturais e culturais) são atualmente reconhecidos por seu Valor Universal Excepcional (*Outstanding Universal Value* – OUV) – "significado cultural e/ou natural que é tão excepcional a ponto de transcender as fronteiras nacionais e ser de importância comum para a presente e as futuras gerações de toda a humanidade"[10] – e inscritos na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO.[11] Cerca de um quarto desses sítios do Patrimônio Mundial estão inscritos na Lista com base em seus valores naturais. Eles estão distribuídos em mais de 110 países e cobrem cerca de 350 milhões de hectares (Mha), aproximadamente a área de superfície da Índia **(Tabela 1)**. De maneira coletiva, eles incluem quase 1% da superfície terrestre da Terra e 0,6% dos oceanos do mundo.

Tabela 1: Número de sítios, área total e área florestal em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO

Região	Número de sítios	Área total (Mha)	Área florestal em 2000 (Mha)
África	44	40	13
Estados Árabes	8	10	0
Ásia e Pacífico	79	114	16
Europa, Canadá e EUA	80	142	22
América Latina e Caribe	46	43	19
Total global	**257**	**349**	**69**

Fonte: Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO.
Notas: Os números sobre os sítios são de outubro de 2021. A UNESCO organiza seus Estados-membros em cinco grupos regionais: África, Estados Árabes, Ásia e Pacífico, Europa e América do Norte, e América Latina e Caribe. Dentro de cada sítio, a área florestal foi estimada como a área com densidade da copa das árvores > 30% em 2000, com base em Hansen et al., 2013. Áreas florestais foram identificadas em 223 sítios.

Os sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO[12] cobrem diversos ecossistemas, como cavernas, desertos, ilhas, lagos, pântanos, geleiras, montanhas, vulcões, áreas costeiras e marinhas, savanas e florestas. Eles incluem paisagens que abrigam belezas naturais singulares, lugares que representam fases importantes da história da Terra, habitats onde ocorrem processos ecológicos e biológicos significativos, assim como *hotspots* de biodiversidade que abrigam espécies únicas e ameaçadas.[13] Além de seu Valor Universal Excepcional e contribuição globalmente significativa para a conservação da biodiversidade, esses sítios também contribuem para o bem-estar das comunidades

[9] Países que aderiram e ratificaram a Convenção do Patrimônio Mundial são conhecidos como "Estados-partes".
[10] Parágrafo 49 das Diretrizes Operacionais para a Implementação da Convenção do Patrimônio Mundial: https://whc.unesco.org/en/guidelines/.
[11] Em outubro de 2021: 897 culturais, 218 naturais e 39 mistos. Entre os 257 sítios naturais e mistos, 50 foram inscritos por seus valores marinhos. Lista de sítios disponível em https://whc.unesco.org/en/list/.
[12] A combinação de sítios naturais e mistos é doravante referida como sítios do Patrimônio Mundial.
[13] "Managing Natural World Heritage": https://whc.unesco.org/en/managing-natural-world-heritage/.

locais e da sociedade humana em geral. Eles apoiam o patrimônio, os meios de subsistência e os estilos de vida tradicionais dos povos indígenas, além de desempenharem um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico regional e nacional, fornecendo inúmeros produtos e serviços a milhões de pessoas. Por exemplo, mais de 90% dos sítios naturais listados criam empregos e fornecem renda para as comunidades locais com turismo e lazer.[14] Os sítios do Patrimônio Mundial também fornecem serviços ecossistêmicos essenciais, já que dois terços dos sítios são fontes essenciais de água doce e cerca de metade ajudam a prevenir desastres como inundações ou deslizamentos de terra.[15]

Muitos sítios naturais protegem ecossistemas florestais únicos, desde as florestas tropicais do Parque Nacional de Salonga[16] na República Democrática do Congo (RDC) às paisagens boreais de Pimachiowin Aki[17] no Canadá **(Figura 1)**. A integridade desses ecossistemas é essencial para manter os processos ecológicos que sustentam seu Valor Universal Excepcional e seu fornecimento de serviços ecossistêmicos, incluindo sequestro e armazenamento de carbono.[18]

Figura 1: As florestas tropicais do Parque Nacional de Salonga, na República Democrática do Congo (à esquerda), e as paisagens boreais de Pimachiowin Aki, no Canadá (à direita)

1.2 Florestas no ciclo global do carbono

O dióxido de carbono (CO_2) está em constante movimento entre a vegetação terrestre, os oceanos e a atmosfera como parte do ciclo global do carbono **(Figura 2)**. Algumas vezes, essa transferência de carbono é referida como o ciclo "rápido" do carbono, uma vez que o carbono percorre esses sistemas com mais rapidez do que o ciclo do carbono "lento", durante o qual o carbono transita entre rochas, solo, oceanos e atmosfera e é enterrado no subsolo ou nas profundezas dos oceanos.[19] O ciclo global do carbono é equilibrado quando a quantidade de carbono liberada para a atmosfera é igual à quantidade absorvida da atmosfera pelos oceanos e pelo solo. Ao queimar combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural, o homem interrompe o ciclo "rápido" do carbono ao adicionar à atmosfera o carbono "antigo" do ciclo "lento", a uma taxa mais rápida do que a vegetação terrestre e os oceanos conseguem absorver e armazenar esse excesso de carbono.[20] Isso leva ao acúmulo de CO_2 na atmosfera, resultando na mudança climática global.

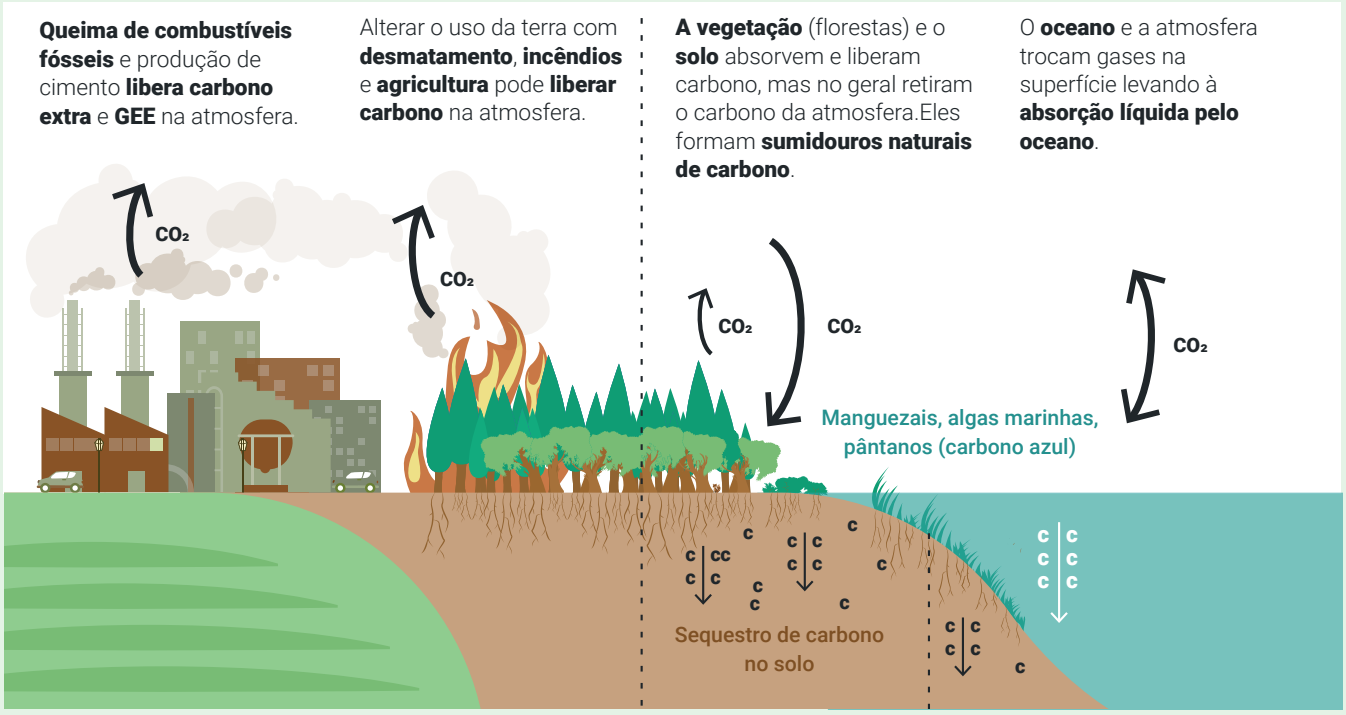
Durante muito tempo, de maneira natural, as florestas absorveram mais carbono da atmosfera do que liberam nela, tornando-se sumidouros de carbono.[21,22] Sob nenhuma ou mínima perturbação humana, isso resulta em ecossistemas florestais com grandes estoques de carbono estáveis, fortalecidos por alta integridade do ecossistema, que podem armazenar esse carbono por milênios.[23] De fato, mais carbono é

[14] Spenceley et al., 2021.
[15] Osipova et al., 2014.
[16] https://whc.unesco.org/en/list/280/.
[17] https://whc.unesco.org/en/list/1415/.
[18] Osipova et al., 2014.
[19] NASA, 2011.
[20] IPCC, 2019.
[21] Duque et al., 2021.
[22] Qie et al., 2017.
[23] Barber et al., 2020.

armazenado nas florestas do mundo (cerca de 861 gigatoneladas de carbono [Gt C] ou 3.160 Gt CO_2[24,25]) do que em depósitos de combustível fóssil exploráveis (cerca de 750 Gt C ou 2.750 Gt CO_2[26]). O carbono nas florestas é armazenado principalmente em árvores (biomassa acima do solo), raízes (biomassa abaixo do solo) e no solo.[27]

A taxa na qual as florestas removem carbono da atmosfera depende de sua idade e produtividade, bem como da composição das espécies de árvores e das condições ambientais.[28] No entanto, a atividade antrópica pode transformar áreas florestadas em fontes líquidas de carbono. Árvores mortas que são queimadas ou deixadas em decomposição liberam uma parte de seu carbono na atmosfera, enquanto os incêndios também produzem outros gases de efeito estufa potentes, como metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Quando as florestas são desmatadas, degradadas ou queimadas, seja como prática de manejo para limpar o solo para um novo uso, ou devido a distúrbios florestais naturais e antrópicos, esses gases são liberados na atmosfera.[29,30] Nos últimos séculos, mudanças no uso da terra, desmatamento, degradação florestal e expansão agrícola têm contribuído (em menor grau que os combustíveis fósseis[31]) para maiores concentrações de CO_2 na atmosfera.[32]

Figura 2: Visão geral simplificada do movimento do carbono através dos componentes vivos (bióticos) do planeta, por vezes chamado de parte "rápida" do ciclo global do carbono



Fonte: UNESCO.

A quantidade de carbono liberada e absorvida ao longo do tempo pelas florestas depende de alguns fatores centrais. Os principais determinantes que afetam as emissões são o tipo e a intensidade dos distúrbios, bem como a quantidade de carbono armazenado na floresta e liberado na atmosfera após o desmatamento.[33] Considerando que as florestas mais velhas e maduras geralmente armazenam mais carbono por unidade de área do que as florestas mais jovens ou em recuperação, as emissões são maiores quando essas florestas são completa e permanentemente desmatadas **(Figura 3)**.[34,35]

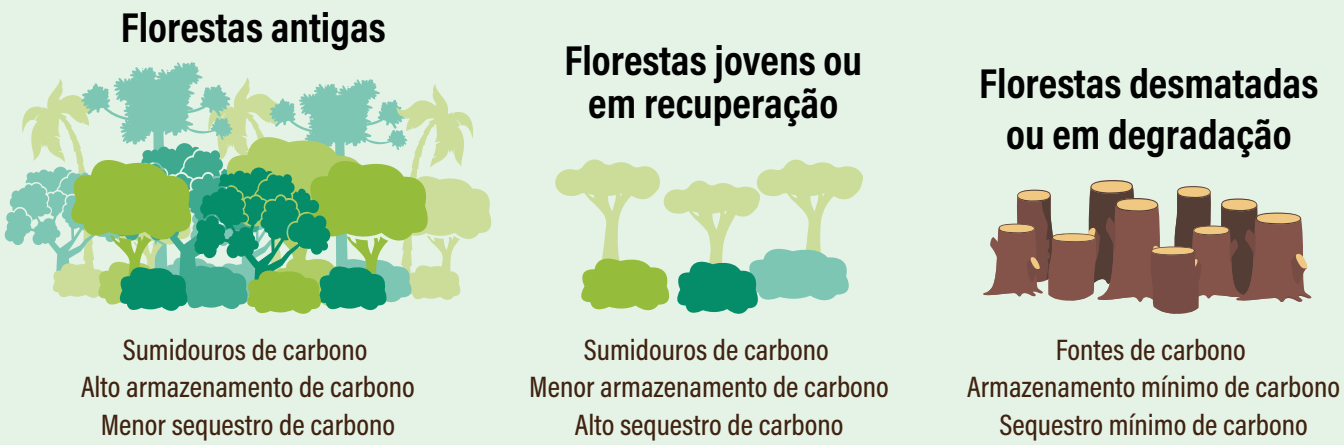
No entanto, distúrbios e emissões associadas ocorrem ao longo de um *continuum*. Perturbações de baixa intensidade, como incêndios no sub-bosque, geralmente liberam apenas uma pequena quantidade

[24] 1 gigatonelada de carbono (Gt C) liberado na atmosfera corresponde a 3,67 gigatoneladas de CO_2 (Gt CO_2).
[25] Pan et al., 2013.
[26] Heede; Oreskes, 2016.
[27] Pan et al., 2013.
[28] Cook-Patton et al., 2020.
[29] IPCC, 2019.
[30] Janowiak et al., 2017.
[31] Blanco et al., 2014.
[32] IPCC, 2019.
[33] Baccini et al., 2012.
[34] IPCC, 2006.
[35] Alexandrov, 2007.

do carbono armazenado e podem ser benéficos para o funcionamento do ecossistema.[36] Distúrbios de alta intensidade, como a remoção completa de árvores para expansão de terras agrícolas, podem liberar todo o carbono armazenado nas árvores, bem como parte do carbono armazenado no solo.[37]

Enquanto o desmatamento e outros distúrbios florestais importantes levam a uma taxa relativamente rápida de emissões, as florestas removem o carbono da atmosfera de forma mais gradual à medida que crescem. Em geral, as florestas mais jovens ao se recuperarem de distúrbios anteriores, capturam carbono de forma mais rápida do que as florestas maduras. As florestas em latitudes mais baixas (tropical ou subtropical) e as florestas úmidas tendem a capturar carbono de maneira mais rápida do que em latitudes mais altas (temperadas ou boreais) e florestas secas.[38] As perturbações seguidas de recuperação florestal resultam em um pulso de emissões seguido por nova captura de carbono.[39] No entanto, em florestas desmatadas de forma permanente ou degradadas por pressões ainda atuantes, o carbono armazenado é emitido e não há a captura futura de carbono, uma vez que a "bomba" de captura de carbono florestal é efetivamente desligada **(Figura 3)**.

Figura 3: **Armazenamento, emissões e remoções de carbono em diferentes perfis de floresta e uso da terra**



Fonte: World Resources Institute (WRI).

1.3 As florestas do Patrimônio Mundial são grandes sumidouros de carbono

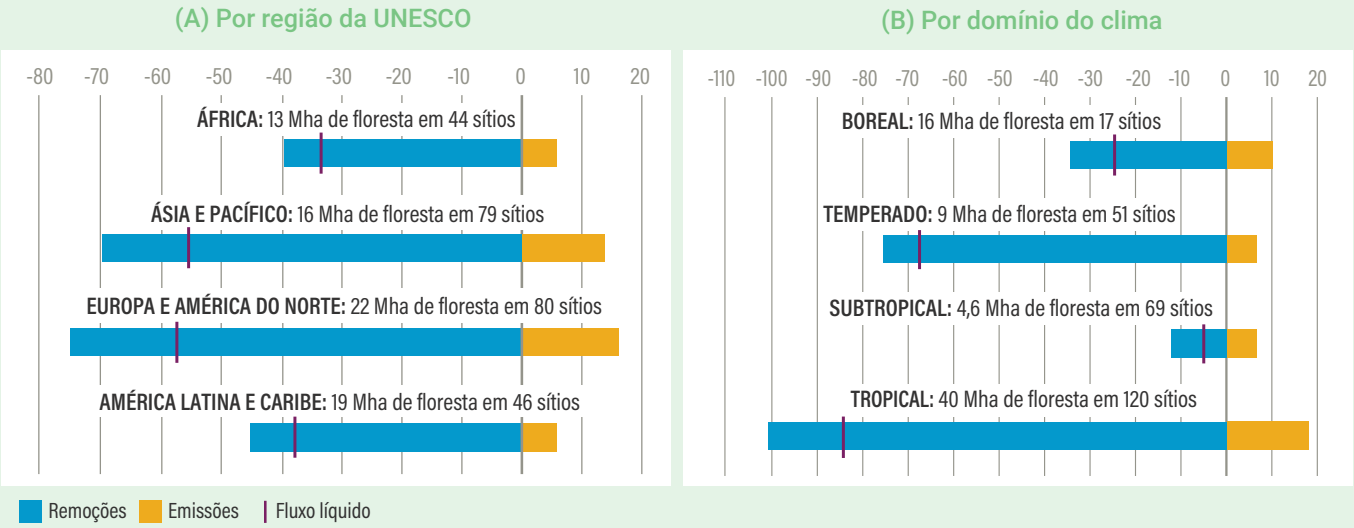
Embora a compreensão científica do papel das florestas no ciclo global do carbono tenha melhorado graças aos esforços de síntese de dados e ao monitoramento em grande escala[40,41,42], a avaliação dos benefícios climáticos das florestas em uma escala local tem sido dificultada pela falta de dados de monitoramento disponíveis, particularmente nos muitos países que não possuem inventários florestais abrangentes e regulares.[43] Pesquisas recentes combinaram medições de solo com observações de sensoriamento remoto, permitindo que os fluxos de carbono floresta–atmosfera sejam avaliados em maior resolução espacial em áreas geográficas maiores.[44,45] Quantificar os estoques de carbono e os fluxos floresta–atmosfera (o carbono armazenado nas florestas e o CO_2 liberado ou absorvido na atmosfera, respectivamente) é essencial para avaliar a contribuição dos sítios do Patrimônio Mundial para regular o clima e para compreender seu papel potencial na mitigação da mudança climática.

36 Goetz et al. 2012.
37 Zhou et al., 2013.
38 IPCC, 2006.
39 Williams et al., 2012.
40 https://www.globalcarbonproject.org/.
41 Malhi et al., 2021.
42 FAO, 2020.
43 Nesha et al., 2021.
44 Baccini et al., 2017.
45 Xu et al., 2021.

Este relatório apresenta os resultados derivados de uma nova análise dos fluxos de carbono que ocorrem nas florestas dos sítios do Patrimônio Mundial **(Quadro 1)**. Os dados indicam que, nos últimos 20 anos, os 69 milhões de hectares de florestas[46] (quase o dobro do tamanho da Alemanha) dentro desses sítios, de maneira coletiva, serviram como sumidouros de carbono de cerca de 190 milhões de toneladas de CO_2 equivalente por ano (Mt CO_2e/ano).[47] Esta estimativa anual de sumidouro de carbono equivale a cerca de metade das emissões anuais de CO_2 do Reino Unido provenientes de combustíveis fósseis em 2019[48] e reflete o equilíbrio entre 230 Mt CO_2/ano de remoções de carbono da floresta e 42 MtCO_2e/ano de emissões de gases antrópicos e distúrbios naturais da floresta.

No total, as florestas do Patrimônio Mundial foram sumidouros líquidos em todas as regiões geográficas e domínios climáticos. Apesar de terem áreas florestais totais relativamente semelhantes, a Europa e América do Norte, a Ásia e Pacífico foram sumidouros líquidos de carbono mais fortes do que a América Latina e Caribe e a África **(Figura 4A)**. Quando os fluxos líquidos de carbono são resumidos por domínio climático em vez de região geográfica, os sítios tropicais e temperados têm sido os maiores sumidouros líquidos, com os sítios subtropicais mais próximos do neutro **(Figura 4B)**.

Figura 4: Fluxos de gases de efeito estufa (média 2001-2020, Mt CO_2e/ano) em florestas dos sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO agregados pela (A) região da UNESCO; e (B) domínio do clima



Fonte: Análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) resumidos para sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO.
Notas: A UNESCO organiza seus Estados-membros em cinco grupos regionais: África, Estados Árabes, Ásia e Pacífico, Europa e América do Norte, e América Latina e Caribe. A região dos Estados Árabes não está incluída neste gráfico porque seus fluxos florestais são significativamente menores do que os de outras regiões. Ela está incluída em todas as outras análises.

Entre 2001 e 2020, dos 257 sítios naturais e mistos, 166 foram sumidouros líquidos e 10 foram fontes líquidas, com os 81 restantes sendo quase neutros, com fluxos anuais estimados muito pequenos[49] (Figura 5A). Os 10 sítios que foram fontes líquidas estão distribuídos por todas as regiões geográficas e domínios climáticos. Grande parte do sumidouro líquido esteve concentrado em apenas alguns sítios, sendo os cinco maiores: Região Selvagem da Tasmânia (Austrália), Te Wahipounamu (Nova Zelândia),

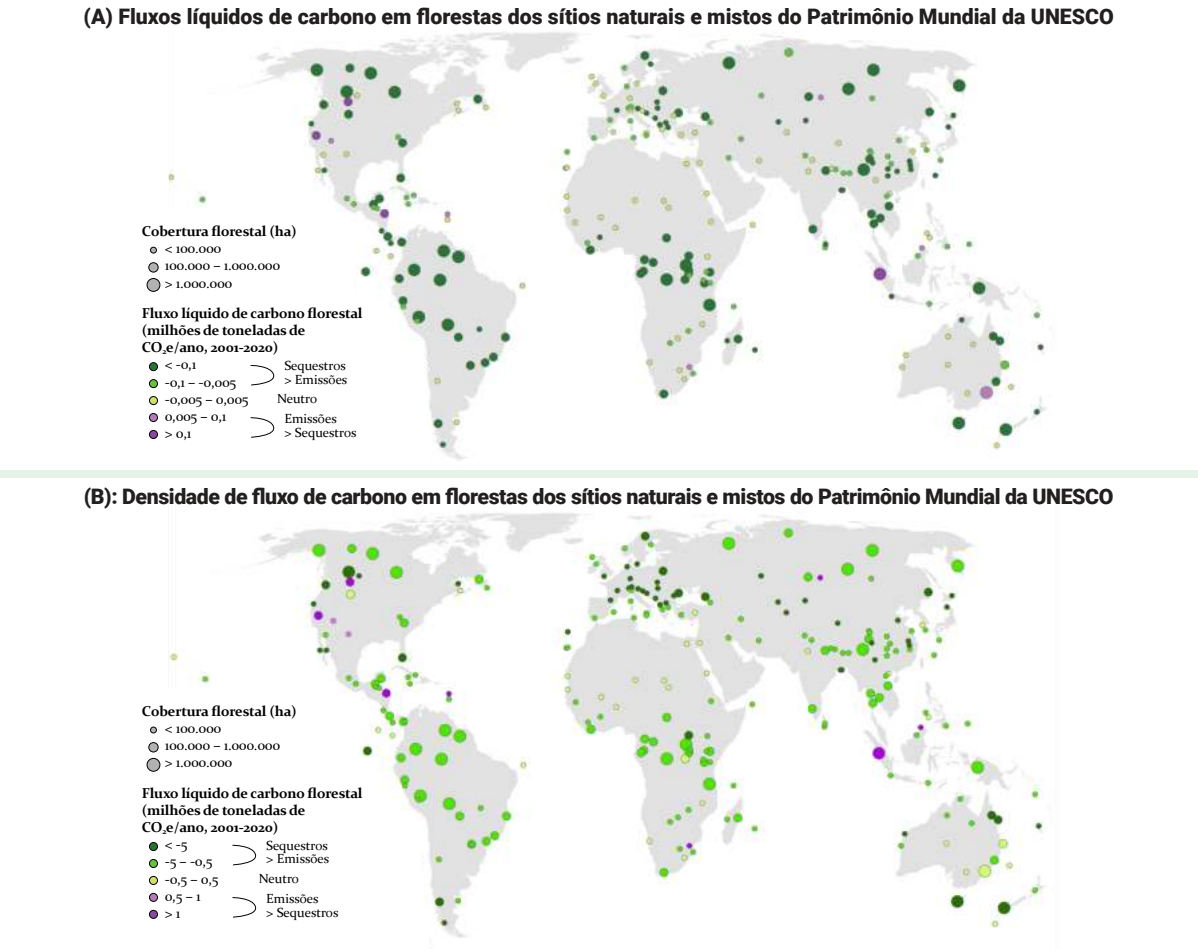
[46] A área florestal é do ano 2000, segundo Hansen et al. (2013). Este valor inclui 2,9 Mha em componentes terrestres de sítios marinhos do Patrimônio Mundial.

[47] CO_2 equivalente (CO_2e) é uma medida usada para comparar as emissões de vários gases de efeito estufa com base em seus potenciais de aquecimento global ao longo de 100 anos, equiparando gases de efeito estufa não CO_2 à quantidade equivalente de CO_2. Este relatório refere-se a gases de efeito estufa para emissões (uma vez que as estimativas incluem emissões de CO_2, CH_4 e N_2O) e CO_2 para remoções de carbono. Para simplificar, as expressões "sumidouro líquido de carbono", "fonte líquida de carbono" e "fluxo líquido de carbono" são usadas como abreviatura para refletir a diferença entre as emissões de gases de efeito estufa relacionadas à floresta e remoções de CO_2, apesar do fato de valores líquidos serem apresentados em unidades de CO_2e.

[48] Global Carbon Project, 2021.

[49] Sítios neutros tiveram fluxos líquidos entre -5 e 5 toneladas de CO_2e/ano. Seus fluxos são incluídos em todas as outras análises.

Figura 5: (A) Fluxos líquidos de carbono e (B) densidades de fluxo (fluxo líquido de carbono por hectare de floresta) em florestas dos sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO. Os valores são médias anuais entre 2001 e 2020



Fonte: Análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO.
Notas: A classificação de alguns sítios como sumidouros (sequestro > emissões) e fontes (emissões > sequestro) neutros é diferente entre os dois mapas por causa dos cortes entre as categorias. A cobertura florestal é a cobertura de árvores em 2000, segundo Hansen et al. (2013).

Complexo de Conservação da Amazônia Central (Brasil), Parque Nacional de Salonga (RDC) e Parques das Montanhas Rochosas Canadenses (Canadá) **(Tabela 2)**. Coletivamente, esses cinco sítios foram responsáveis por cerca de um terço do sequestro total de carbono líquido da floresta na rede do Patrimônio Mundial, enquanto dez sítios responderam por metade do sequestro total.

Os cinco sítios com os maiores sumidouros líquidos totais não foram necessariamente os maiores sumidouros por unidade de área **(Tabela 2)**, o que significa que esses sítios podem não ser os mais importantes em termos de captura contínua de carbono por hectare de floresta. Os sítios que não são grandes sumidouros líquidos podem desempenhar um papel considerável na regulação climática regional e local se tiverem altas taxas de sequestro de carbono por hectare. De fato, 55 sítios tiveram taxas anuais de sequestro de carbono de mais de 5 toneladas de CO_2e/ha/ano, ou seja, um hectare de floresta absorveu mais carbono a cada ano do que emitiu um veículo típico de passageiros[50] **(Figura 5B)**. Em média, a taxa de carbono sequestrado por hectare de floresta dentro da rede do Patrimônio Mundial foi 50% maior do que a média global das florestas, e semelhante à taxa média das florestas em áreas protegidas[51,52]. A taxa líquida média de sequestro de carbono nas porções florestais de sítios que são primariamente marinhos é consideravelmente mais alta (-5,9 toneladas de CO_2e/ha/ano), pois esses sítios contêm manguezais altamente produtivos.[53]

[50] US Environmental Protection Agency (US EPA), 2018.
[51] -2,7 toneladas de CO_2e/ha/ano (rede do Patrimônio Mundial), -1,8 toneladas de CO_2e/ha/ano (florestas), -2,7 toneladas de CO_2e/ha/ano (florestas protegidas).
[52] Fluxos líquidos globais e de área protegida calculados de Harris et al., 2021. As áreas protegidas são as categorias Ia/b e II da Base de Dados Mundial de Áreas Protegidas.
[53] UNESCO, 2021.

Tabela 2: Os cinco principais sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO classificados pelo tamanho do sumidouro líquido de carbono (total e por hectare)

Classificação	Sumidouro líquido de carbono (milhões de toneladas de CO_2e/ano)	Sumidouro líquido de carbono por unidade de área (toneladas de CO_2e/ha/ano)
1	**Região Selvagem da Tasmânia** (Austrália) (21)	**Parque Nacional Los Glaciares** (Argentina) (16)
2	**Te Wahipounamu** (Nova Zelândia) (13)	**Região Selvagem da Tasmânia** (Austrália) (14)
3	**Complexo de Conservação da Amazônia Central** (Brasil) (10)	**Laurissilva da Madeira** (Portugal) (13)
4	**Parque Nacional de Salonga** (RDC) (9.3)	**Parque Nacional dos Lagos Plitvice** (Croácia) (12)
5	**Parques das Montanhas Rochosas Canadenses** (Canadá) (8,3)	**Florestas de Faias Antigas e Primitivas dos Cárpatos e outras regiões da Europa** (18 países) (11)

Fonte: Análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO.
Notas: A tabela inclui apenas sítios que não são primariamente marinhos, pois a inclusão desses (principalmente sítios marinhos com florestas de mangue altamente produtivas) resultaria nos cinco principais sítios por sequestro líquido de carbono por unidade de área.

Quadro 1: Metodologia usada para avaliar os fluxos e estoques florestais de carbono em sítios do Patrimônio Mundial

Este relatório apresenta resultados[54] produzidos pela combinação de informações satelitais com dados das Diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (em inglês: Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa[55], a fim de estimar as emissões de gases de efeito estufa florestal, sequestro de carbono e os fluxos líquidos com resolução de 30 m, entre 2001 e 2020, em âmbito mundial. As emissões incluem todos os reservatórios de carbono (carbono da biomassa acima e abaixo do solo, madeira morta e carbono do solo) e três principais gases de efeito estufa (CO_2, CH_4, N_2O). As estimativas de emissões são baseadas em mapas de perda de cobertura de árvores, mapas de densidade de carbono e informações contextuais, como causas de perda de cobertura de árvores e extensão de incêndios. As emissões das turfeiras foram baseadas em áreas possivelmente drenadas e/ou queimadas. As estimativas de remoções de carbono florestal incluem o acúmulo de biomassa acima e abaixo do solo e são baseadas em mapas de referência de extensão de cobertura de árvores e fatores de remoção espacializados derivados de uma variedade de fontes. O fluxo líquido é estimado como a diferença entre emissões e remoções. As emissões são calculadas anualmente, mas as remoções e o fluxo líquido são calculados como médias anuais devido a limitações de dados geoespaciais sobre tendências temporais em sumidouros florestais.

Os estoques de carbono na biomassa acima do solo, em 2000, foram derivados de uma combinação de medições de inventário terrestre, detecção e alcance de luz aérea e espacial (Lidar), além de imagens ópticas de satélite, que podem subestimar o armazenamento de carbono em altas densidades.[56] Os valores de biomassa abaixo do solo, madeira morta e carbono da serapilheira foram derivados dos valores de carbono acima do solo. O carbono do solo foi estimado com base na versão 2 do banco de dados SoilGrids.[57]

Esta é a primeira vez que os fluxos de carbono florestal foram estimados em todos os sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO. *Shapefiles* dos limites dos sítios foram recuperados e adaptados do Banco de Dados Mundial de Áreas Protegidas.[58] Emissões, remoções e estimativas de fluxo líquido foram analisadas durante o período de estudo dentro de áreas terrestres dos limites do sítio para produzir as estatísticas apresentadas neste relatório. As estimativas de estoque de carbono são advindas da mesma fonte de dados.

Os dados de estoque e fluxo de carbono utilizados neste relatório foram produzidos como a primeira iteração de uma estrutura de integração de dados flexível que permite atualizações em diferentes camadas de dados de entrada. Na medida em que a observação da Terra por satélites avança e os dados geoespaciais relacionados às florestas melhoram, a exatidão e a precisão das estimativas também melhoram. Três limitações dos dados incluem: a subestimação das emissões devido à omissão de numerosos distúrbios de pequena escala e impactos da fragmentação florestal não capturados pelo sensor do satélite Landsat, que podem resultar em emissões significativas em âmbito mundial e em certas regiões[59]; estimativas de remoção de carbono que não levam em conta o ganho de cobertura de árvores após o ano de 2012, que são baseadas em informações espaciais limitadas; e uma falta de valores de incerteza em torno das estimativas devido à falta de dados disponíveis para calculá-los em âmbito local.

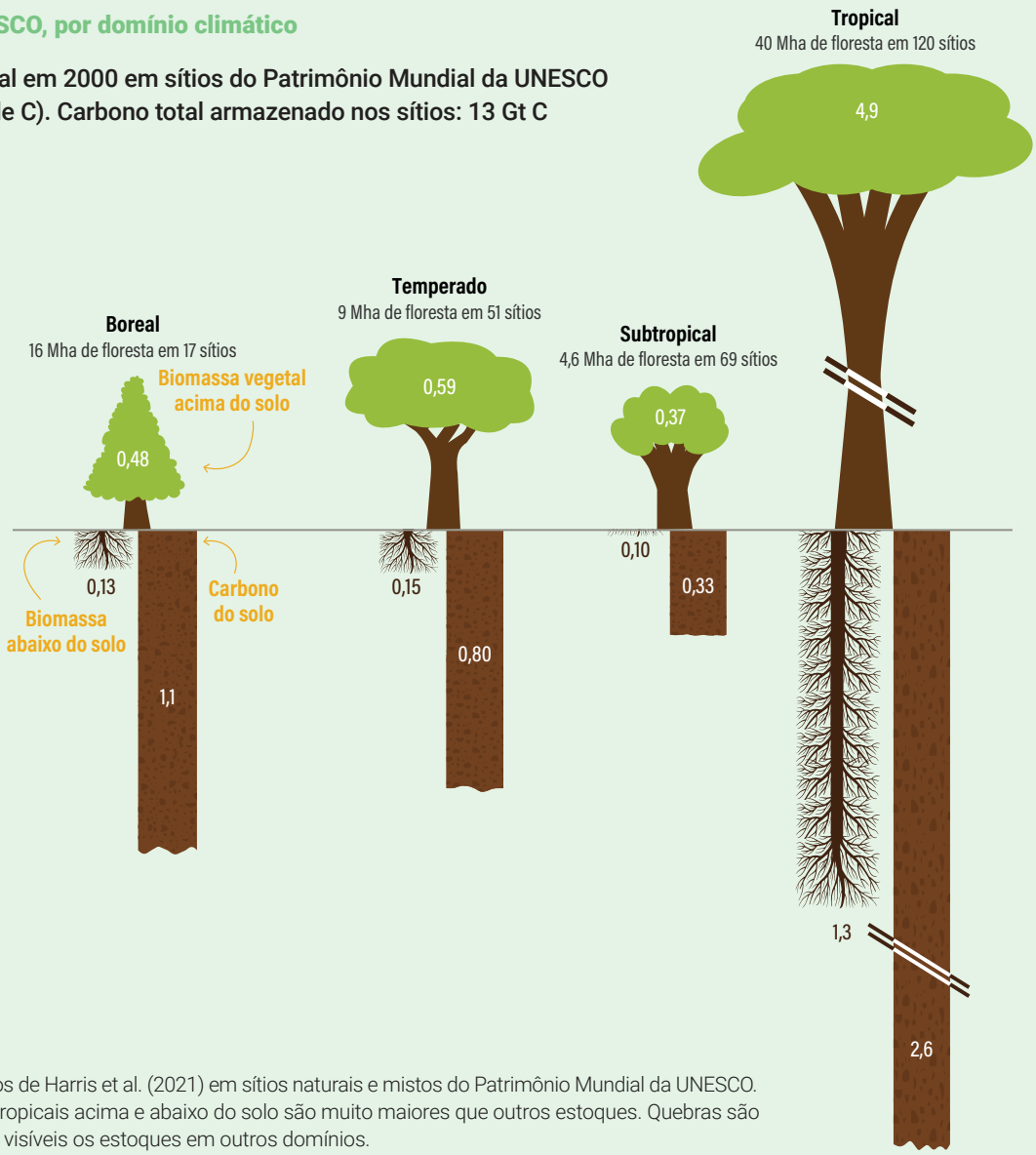
54 Harris et al., 2021.
55 IPCC, 2006.
56 Issa et al., 2020.
57 Hengl et al., 2017.
58 UNEP-WCMC; IUCN, 2021.
59 Pearson et al., 2017.

1.4 As florestas do Patrimônio Mundial são importantes depósitos de carbono

As florestas do Patrimônio Mundial são ecossistemas com alta integridade que garantem o armazenamento estável de carbono em longo prazo. Embora outros métodos tenham sido usados anteriormente para estimar a quantidade de carbono armazenado nos ecossistemas florestais do Patrimônio Mundial[60], a rede de sítios se expandiu desde as avaliações anteriores. Além de avaliar os fluxos de carbono (Seção 1.3), este relatório também apresenta uma nova análise da biomassa florestal e do carbono armazenado no solo em toda a rede de sítios do Patrimônio Mundial **(Quadro 1)**.

Figura 6: Estoque total de carbono em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO, por domínio climático

Estoque de carbono florestal em 2000 em sítios do Patrimônio Mundial da UNESCO (bilhões de toneladas [Gt] de C). Carbono total armazenado nos sítios: 13 Gt C



Fonte: Análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO.
Notas: Os estoques de carbono tropicais acima e abaixo do solo são muito maiores que outros estoques. Quebras são mostradas na figura para manter visíveis os estoques em outros domínios.

[60] Pandey (2012) relatou 10,5 Gt C (6,3 Gt C em biomassa e 4,1 Gt C nos solos) em 106 sítios. Osipova et al. (2014) relataram 5,7 Gt C de biomassa de carbono florestal em 130 sítios das regiões pan-tropicais.

As florestas em sítios do Patrimônio Mundial contêm cerca de 13 bilhões de toneladas de carbono (Gt C) em sua biomassa acima do solo (6,3 Gt C), biomassa de raízes (1,7 Gt C) e solo (4,8 Gt C). O carbono armazenado nas florestas do Patrimônio Mundial excede o carbono contido nas reservas comprovadas de petróleo do Kuwait.[61] Se totalmente liberado na atmosfera como CO_2, isso representaria quase 1,3 vez o total anual de emissões globais de CO_2 provenientes de combustíveis fósseis.[62] As florestas em sítios tropicais contêm quase 70% do estoque total de carbono da rede do Patrimônio Mundial, enquanto possuem cerca de 60% da cobertura florestal **(Figura 6)**. Em todos os sítios, o carbono armazenado na biomassa das árvores é dois terços maior do que o armazenado no solo, embora sítios em florestas boreais armazenem seu carbono predominantemente no solo.

Tal como acontece com os fluxos de carbono, o armazenamento de carbono está concentrado em apenas alguns sítios. Cinco grandes sítios tropicais armazenam de maneira coletiva quase 30% do carbono da floresta de toda a rede do Patrimônio Mundial **(Tabela 3)**, enquanto os 12 sítios com os maiores estoques de carbono armazenam de maneira coletiva mais da metade do carbono. Todos esses 12 sítios, exceto três, localizam-se nos trópicos, enfatizando ainda mais a alta proporção de carbono florestal armazenado em sítios tropicais do Patrimônio Mundial.

A densidade média de carbono da biomassa (acima do solo e abaixo do solo) nas florestas do Patrimônio Mundial é de 116 toneladas C/ha, semelhante à quantidade de carbono contido em 100 barris de petróleo[63] e 24 toneladas C/ha maior do que a densidade média de carbono florestal em âmbito mundial.[64] Sítios totalmente terrestres com as maiores densidades de carbono estão localizados em regiões temperadas e tropicais **(Tabela 3)**. A densidade média de carbono do solo nas florestas do Patrimônio Mundial é de 69 toneladas de C/ha, e os sítios totalmente terrestres com as maiores densidades de carbono no solo são Parque Nacional de Lorentz (Indonésia), Te Wahipounamu – Sudoeste (Nova Zelândia), Região Selvagem da Tasmânia (Austrália), Parque Nacional de Tongariro (Nova Zelândia) e Parque Nacional das Montanhas Rwenzori (Uganda) **(Tabela 3)**. Alguns sítios marinhos e costeiros também armazenam carbono (conhecido como carbono azul) em densidades muito altas, localizados em prados de algas marinhas, pântanos de maré e manguezais **(Quadro 2)**.

Quadro 2: Sítios marinhos do Patrimônio Mundial da UNESCO: ativos de carbono azul

Além das florestas, os ecossistemas costeiros e marinhos também desempenham um papel importante no sequestro de carbono, pois capturam quantidades significativas de carbono azul, que é o carbono orgânico – composto, principalmente, de folhas de plantas em decomposição, madeira, raízes e animais – que é capturado e armazenado por ecossistemas costeiros e marinhos. Ecossistemas de carbono azul incluem prados de algas marinhas, pântanos de maré e manguezais. Formando uma estreita faixa que circunda as costas do mundo, os ecossistemas de carbono azul são altamente produtivos e desempenham papéis ecológicos importantes no ciclo de nutrientes e carbono, como servir de viveiros e *habitat* para uma ampla gama de espécies marinhas e terrestres, proteger a costa e manter os meios de subsistência e bem-estar das comunidades locais. Apesar de representarem menos de 1% da área global do oceano, os 50 sítios da Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO inscritos por seus valores marinhos únicos e áreas circundantes para as quais havia dados disponíveis, compreendem pelo menos 15% dos ativos de carbono azul global. Esses estoques de carbono são estimados em cerca de 1,4 Gt C, e os cinco sítios com os maiores estoques de carbono azul são: Grande Barreira de Corais (Austrália) (502 Mt C), Parque Nacional Everglades (Estados Unidos) (400 Mt C), Parque Nacional Banc d'Arguin (Mauritânia) (110 Mt C), Sundarbans (Bangladesh) (110 Mt C) e Parque Nacional de Sundarbans (Índia) (60 Mt C).[65]

[61] 13 Gt C em florestas do Patrimônio Mundial vs. 12 Gt C contidos em 102 bilhões de barris das reservas de petróleo bruto do Kuwait. A estimativa da reserva de petróleo bruto do Kuwait é da US EPA, 2021 e a estimativa de carbono por barril de petróleo (0,118 t C/barril) é da US EPA, 2021.

[62] 36,4 Gt CO_2e de combustíveis fósseis de acordo com o Global Carbon Project (2021) vs. 47 Gt CO_2 (13 Gt C) armazenados em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO.

[63] A 0,118 tonelada C/barril, da US EPA, 2021.

[64] Harris et al., 2021.

[65] UNESCO, 2021.

Tabela 3: Os cinco principais sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO classificados por métricas de armazenamento de carbono

Classificação	Carbono total armazenado (milhões de toneladas C)	Densidade de armazenamento de carbono de biomassa (toneladas C/ha)	Densidade de armazenamento de carbono de biomassa (toneladas C/ha)
1	**Complexo de Conservação da Amazônia Central** (Brasil) (1.020)	**Parques Nacionais e Estaduais de Redwood** (EUA) (302)	**Parque Nacional de Lorentz** (Indonésia) (130)
2	**Parque Nacional Salonga** (RDC) (840)	**Parque Nacional Olímpico** (EUA) (280)	**Te Wahipounamu – Sudoeste** (Nova Zelândia) (130)
3	**Patrimônio da Floresta Tropical de Sumatra** (Indonésia) (720)	**Parque Nacional de Yosemite** (USA) (250)	**Região Selvagem da Tasmânia** (Austrália) (120)
4	**Parque Nacional Lorentz** (Indonésia) (670)	**Reserva de Vida Selvagem de Okapis** (RDC) (220)	**Parque Nacional Tongariro** (Nova Zelândia) (120)
5	**Parque Nacional Chiribiquete** (Colômbia) (570)	**Sangha Trinacional** (Cameroun, República Centro-Africana, República do Congo) (220)	**Parque Nacional das Montanhas Rwenzori** (Uganda) (110)

Fonte: Análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO.
Notas: As listas incluem apenas sítios que não são primariamente marinhos, pois a inclusão de sítios ricos em manguezais altamente produtivos dominaria as métricas de densidade de armazenamento de carbono. O carbono azul em sítios do Patrimônio Mundial foi abordado com mais detalhes em UNESCO (2021). O armazenamento total de carbono e a densidade de armazenamento de carbono da biomassa podem estar subestimados devido às limitações dos satélites para estimar densidades de carbono muito altas.[66]

[66] Issa et al., 2020.

Imagem: Parque Nacional de Ivindo (Gabão) © Lee White*

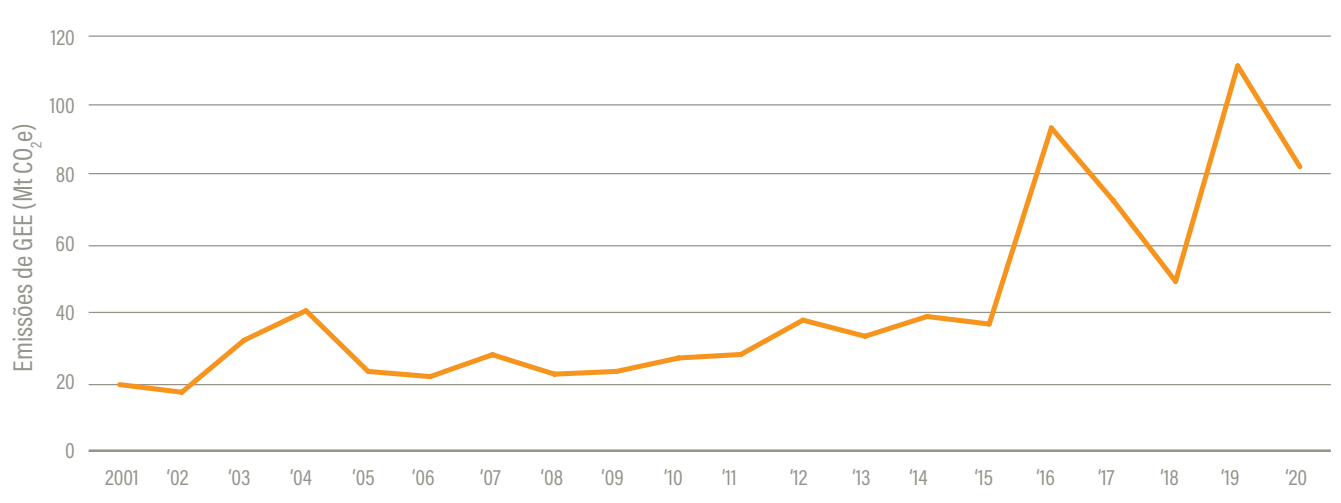
2

Sumidouros e depósitos de carbono sob ameaça

Como algumas das áreas mais bem protegidas do mundo, é alarmante que os sítios do Patrimônio Mundial tenham perdido 3,5 milhões de hectares de floresta (perda bruta maior do que o tamanho da Bélgica) desde 2000.[67] As emissões aumentaram nos últimos 20 anos **(Figura 7)**, e dez sítios foram estimados como fontes líquidas de carbono entre 2001 e 2020 **(Tabela 4)**. No entanto, esses não são os únicos sítios com emissões preocupantes. Outros sítios, apesar de continuarem como sumidouros de carbono, têm mostrado picos ou trajetórias claras de aumento nas emissões que ameaçam a capacidade de sumidouro no futuro e a estabilidade do estoque de carbono existente. Dado que as florestas do Patrimônio Mundial são, em geral, consideradas sumidouros de carbono com emissões relativamente baixas e armazenamento estável de carbono devido ao seu *status* de proteção, é importante entender por que alguns sítios emitiram mais carbono do que capturaram e outros tiveram picos ou trajetórias ascendentes claras em suas emissões anuais.

Para entender melhor essa dinâmica, os impactos das principais ameaças aos sumidouros e aos depósitos de carbono em sítios do Patrimônio Mundial foram avaliados com o uso de informações do processo de monitoramento reativo da Convenção do Patrimônio Mundial[68] e do World Heritage Outlook da UICN de 2020[69] **(Quadro 3)**. Essas duas fontes de informação revelam que as duas ameaças mais comuns aos sítios do Patrimônio Mundial são a mudança climática e as condições meteorológicas severas associadas (incêndios, tempestades, inundações, secas, temperaturas extremas e mudança/alteração de *habitat*) e as pressões relacionadas ao uso da terra e associadas a várias atividades humanas, como extração ilegal de madeira, colheita de madeira e invasão agrícola devido à pecuária/pastagem e colheitas. Cada um desses tipos de ameaça é relatado em cerca de 60% dos sítios do Patrimônio Mundial. Os impactos de outras ameaças, como a presença de espécies invasoras, turismo, manejo e fatores institucionais não foram avaliados neste relatório, pois os dados sobre eles vêm de pesquisas de campo ou avaliações institucionais, que não se prestam à análise por uso de dados geoespaciais de fluxo de carbono apresentados aqui. Os impactos dessas duas

Figura 7: **Emissões anuais brutas estimadas de gases de efeito estufa em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO**



Fonte: Análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO.
Notas: Mudanças na metodologia e nas fontes de dados entre 2011 e 2015 podem resultar em estimativas mais altas de emissões nos últimos anos em comparação com os anos anteriores. Coletivamente, essas mudanças podem superestimar o aumento das emissões. Para obter mais informações sobre as mudanças de metodologia, consulte o *link* da nota de rodapé.[70]

[67] De acordo com Hansen et al., 2013.
[68] Sistema de Informação do Estado de Conservação: https://whc.unesco.org/en/soc/.
[69] Osipova et al., 2020.
[70] https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-research/ tree-cover-loss-satellite-data-trend-analysis/

principais ameaças sobre as emissões foram avaliados nos dez sítios que foram fonte líquida de carbono **(Tabela 4)** e em sítios específicos onde essas duas principais ameaças foram identificadas pelo processo de monitoramento reativo da Convenção do Patrimônio Mundial e do World Heritage Outlook da UICN de 2020.

Quadro 3: Monitoramento do estado de conservação de sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO

A Convenção do Patrimônio Mundial visa a proteger os lugares mais valiosos do mundo, reconhecidos por seu Valor Universal Excepcional (*Outstanding Universal Value* – OUV). Para tanto, um mecanismo de monitoramento do estado de conservação dos sítios inscritos na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO foi desenvolvido: o processo de monitoramento reativo.[71] Esse processo consiste em relatar o "estado de conservação de determinados bens do Patrimônio Mundial ameaçados [...]" e permite a identificação de questões de conservação emergentes – tanto dentro quanto fora dos limites imediatos dos sítios – que ameaçam seu OUV. A cada ano, cerca de 60 relatórios sobre os sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO mais ameaçados são preparados e apresentados ao Comitê do Patrimônio Mundial, o órgão regulador da Convenção do Patrimônio Mundial.[72] Esses relatórios permitem ao Comitê do Patrimônio Mundial avaliar as condições dos sítios e, eventualmente, decidir sobre a necessidade de adotar medidas específicas para resolver problemas recorrentes.[73] Desde 1979, mais de 1,5 mil relatórios foram preparados para mais de 180 sítios naturais e mistos sobre seus respectivos estados de conservação, e representam uma das fontes mais abrangentes de documentação para rastrear questões sobre a conservação de qualquer convenção internacional.

Para monitorar os sítios que não estão incluídos no processo de monitoramento reativo da Convenção do Patrimônio Mundial e fornecer uma avaliação abrangente de todos os sítios naturais e mistos de uma só vez, o Órgão Técnico Consultivo da Convenção para os temas de natureza – a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) – desenvolveu o World Heritage Outlook.[74] O processo de monitoramento reativo da Convenção do Patrimônio Mundial e do World Heritage Outlook da UICN aplicam uma lista padrão de ameaças que se baseia na classificação de ameaças dos Padrões Abertos para a Prática de Conservação[75], uma classificação usada de forma extensa no campo da conservação ambiental. A lista inclui mais de dez categorias de ameaças, cada uma delas com subcategorias. As quatro categorias e respectivas subcategorias de ameaças consideradas nesta análise foram:

- mudança climática e condições meteorológicas severas (incluindo subcategorias de tempestades/inundações, temperaturas extremas, secas, mudança/alteração de habitat);
- modificação natural do sistema (incluindo subcategorias de incêndio/supressão de incêndio);
- agricultura (incluindo subcategorias pecuária/pastagem, safras, silvicultura/produção de madeira); e
- uso de recursos biológicos (incluindo subcategorias de extração de madeira/colheita de madeira).

Apesar de incêndios fazerem parte de processos ecológicos naturais em muitas florestas temperadas/tropicais e boreais secas, e muitas vezes serem induzidos por atividades humanas[76], eles são considerados ameaças relacionadas ao clima nesta análise porque incêndios intensos com impactos consideráveis nas emissões são, com frequência, associados a temperaturas extremas e a condições de seca causadas pela mudança climática.[77]

Além disso, as categorias de uso de recursos agrícolas e biológicos foram combinadas sob o termo mais geral "pressões por uso da terra" para refletir o fato de que outros usos da terra, além da agricultura, podem impactar sítios do Patrimônio Mundial.

[71] Parágrafo 169 das Diretrizes Operacionais para a Implementação da Convenção do Patrimônio Mundial: https://whc.unesco.org/en/guidelines/.
[72] Sistema de Informação do Estado de Conservação: https://whc.unesco.org/en/soc/.
[73] Uma dessas medidas pode ser a inscrição de um bem na Lista do Patrimônio Mundial em Perigo.
[74] Osipova et al., 2020.
[75] https://conservationstandards.org/library-item/threats-and-actions-taxonomies/.
[76] McLauchlan et al., 2020.
[77] Pechony and Shindell, 2010.

Tabela 4: Sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO com florestas que foram fontes líquidas de gases de efeito estufa nos últimos 20 anos, classificados por fluxo líquido

Classificação	Sítio (país)	Emissões líquidas (mil toneladas de CO_2e/ano)	Emissões (mil toneladas de CO_2e/ano)	Remoções (mil toneladas de CO_2e/ano)	Ameaças/fatores primários
1	**Patrimônio da Floresta Tropical de Sumatra** (Indonésia)	3.000	4.200	1.200	Extração/colheita de madeira, plantações
2	**Reserva da Biosfera do Río Plátano** (Honduras)	1.200	2.600	1.400	Extração/colheita de madeira, pecuária/pastagem, incêndio/supressão de incêndio
3	**Parque Nacional de Yosemite** (Estados Unidos)	700	990	300	Incêndio/supressão de incêndio
4	**Parque Internacional da Paz Waterton Glacier** (Canadá, Estados Unidos)	280	1.000	750	Mudanças de temperatura, incêndio/supressão de incêndio
5	**Montanhas Barberton Makhonjwa** (África do Sul)	91	350	260	Culturas, silvicultura/produção de madeira, pecuária/pastagem
6	**Parque Kinabalu** (Malásia)	85	99	14	Culturas, terremoto em 2015*
7	**Uvs Nuur Basin** (Rússia, Mongólia)	46	91	45	Criação de gado/pastagem, incêndio/supressão de incêndio
8	**Parque Nacional do Grand Canyon** (Estados Unidos)	36	85	50	Secas
9	**Área das Grandes Montanhas Azuis** (Austrália)	30	3.200	3.100	Mudança/alteração de habitat, secas, temperaturas extremas, tempestades/inundações, incêndio/supressão de incêndio
10	**Parque Nacional Morne Trois Pitons** (Dominica)	9	32	22	Mudança climática e condições meteorológicas severas (temperaturas extremas, tempestades/inundações – incluindo o furacão Maria em 2017)

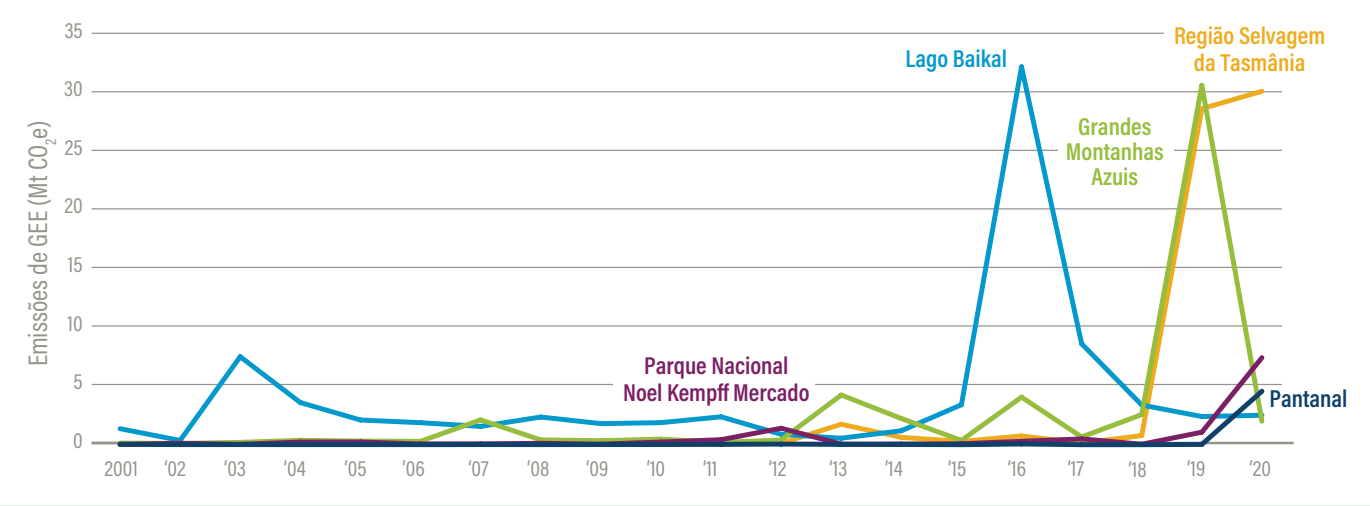
Fonte: Análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO. As ameaças são retiradas diretamente das subcategorias padrão do processo de monitoramento reativo da Convenção do Patrimônio Mundial e do World Heritage Outlook da UICN de 2020.
Notas: Os valores são arredondados para dois dígitos significativos, portanto, as emissões líquidas podem não ser exatamente iguais às emissões menos as remoções.

* O terremoto de 2015 provocou deslizamentos de terra em grande escala que resultaram na perda de mais de 2.000 ha de floresta.

2.1 Incêndios florestais sem precedentes alimentados pela mudança climática causam aumento de emissões

Desde meados da década de 2010, incêndios florestais intensos associados a temperaturas extremas e condições de seca[78,79] têm sido a causa de altas emissões em alguns sítios. Os exemplos mais proeminentes são os incêndios florestais no Lago Baikal da Rússia em 2016[80], Região Selvagem da Tasmânia[81] e Área das Grandes Montanhas Azuis da Austrália em 2019 e 2020.[82] Cada um desses incêndios florestais gerou emissões de gases de efeito estufa acima de 30 Mt CO_2e em um único ano, superiores às emissões nacionais anuais provenientes de combustíveis fósseis de mais da metade dos países do mundo **(Figura 8)**.[83] Outros incêndios recentes queimaram ecossistemas de floresta tropical onde o fogo é historicamente raro, como no Parque Nacional Noel Kempff Mercado da Bolívia, na Bacia Amazônica.

Figura 8: Emissões anuais brutas estimadas de gases de efeito estufa entre os sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO

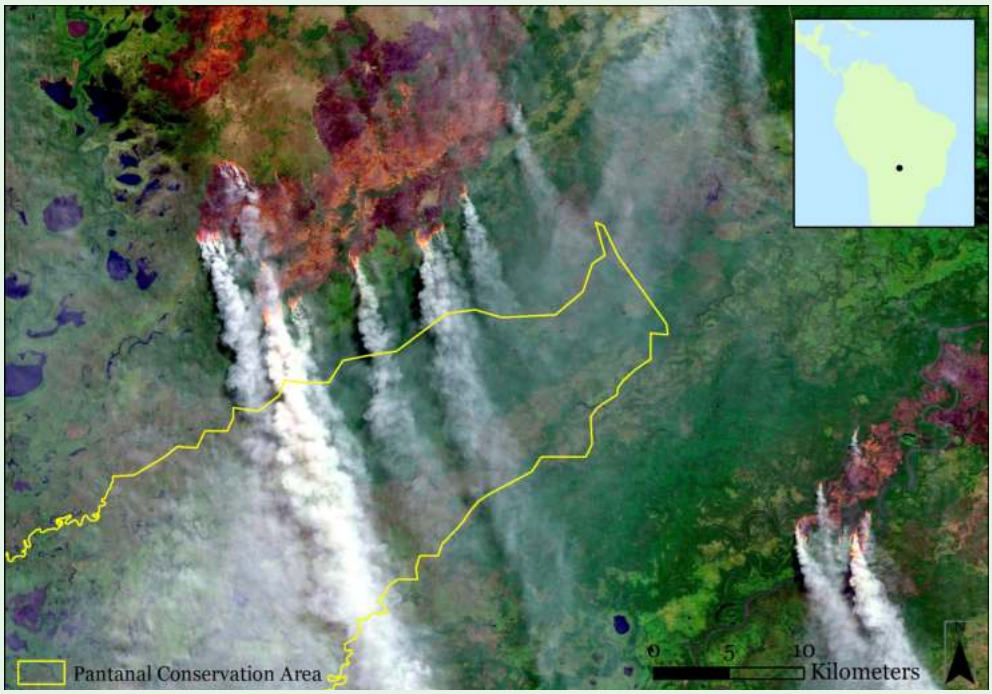


Fonte: Análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO. A seleção de sítios com atividade de incêndio é baseada no processo de monitoramento da Convenção de Patrimônio Mundial e do World Heritage Outlook da UICN de 2020.

Em alguns casos, os incêndios florestais são iniciados fora dos limites do sítio do Patrimônio Mundial, onde o gerenciamento eficaz do fogo é menos efetivo.[84] Consequentemente, é provável que as emissões de incêndios em sítios do Patrimônio Mundial (conforme estimado neste relatório) representam apenas uma pequena parte das emissões totais de incêndios da paisagem florestal mais ampla que foi queimada. Por exemplo, as emissões decorrentes dos incêndios de 2020 que afetaram a Área de Conservação do Pantanal, sítio do Patrimônio Mundial no Brasil, representam menos de 5% das emissões do bioma mais amplo localizado na Reserva da Biosfera do Pantanal[85] **(Figura 9, Quadro 4)**.

[78] Safronov, 2020.
[79] Van Oldernborgh et al., 2021.
[80] Sistema de Informação do Estado de Conservação: https://whc.unesco.org/en/soc/3618.
[81] Sistema de Informação do Estado de Conservação: https://whc.unesco.org/en/soc/4128.
[82] Sistema de Informação do Estado de Conservação: https://whc.unesco.org/en/soc/4174.
[83] De acordo com dados de emissões de 2018 do CAIT no Climate Watch (www.climatewatchdata.org).
[84] Sistema de Informação do Estado de Conservação: https://whc.unesco.org/en/soc/4263.
[85] O Pantanal é a maior área úmida tropical do mundo e se estende principalmente pelos estados brasileiros de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, e nos territórios nacionais da Bolívia e do Paraguai. Em 2000, parte dessa ecorregião, a Área de Conservação do Pantanal, responsável por 1,3% do Pantanal brasileiro, foi inscrita na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO. Nesse mesmo ano, 26,4 milhões de hectares foram declarados Reserva da Biosfera da UNESCO.

Figura 9: Imagem de satélite mostrando incêndios florestais próximos à Área de Conservação do Pantanal, sítio do Patrimônio Mundial no Brasil, em 14 de agosto de 2020. No início de outubro de 2020, incêndios florestais haviam invadido uma pequena parte do sítio



Fonte: Copernicus. Imagens adquiridas pelos satélites Copernicus Sentinel-2, em 14 de agosto de 2020.

Como a mudança climática causa condições mais quentes e secas que levam os incêndios florestais a se tornarem mais intensos e as secas mais severas[86], a capacidade de algumas florestas de se recuperar totalmente de tais eventos pode se tornar cada vez mais difícil, e potencialmente exacerbada por práticas de gestão de solo passadas ou presentes. A recuperação pode ser difícil, mesmo em áreas onde incêndios florestais recorrentes constituem uma parte integrante da dinâmica do ecossistema, porque os impactos da mudança climática induzidos pelo homem interrompem essa dinâmica. Incêndios mais intensos podem levar a picos de emissões de curto prazo e redução da capacidade de sequestro a longo prazo, reduzindo assim o armazenamento geral de carbono em sítios que não têm histórico de incêndios. Alguns sítios, como a Área das Granes Montanhas Azuis (Austrália), o Parque Nacional de Yosemite (Estados Unidos) e Parque Internacional da Paz Waterton Glacier (Canadá/Estados Unidos) experimentaram tamanha intensificação, frequência e alongamento das temporadas de fogo desde 2000 que se tornaram fontes líquidas de carbono **(Tabela 4, Figura 10)**.[87]

Outros eventos relacionados ao clima, como tempestades, também podem levar a uma perda considerável de cobertura arbórea, como aconteceu no Parque Nacional Morne Trois Pitons (Dominica) após o furacão Maria, em 2017. Embora essas florestas – estejam adaptadas a furacões e se recuperem lentamente com o tempo, a maior frequência e a severidade das tempestades podem reduzir a capacidade de elas armazenarem a mesma quantidade de carbono de forma permanente, assim como faziam quando os distúrbios eram menos frequentes e graves.

[86] Seidl et al., 2017.
[87] Van Oldenborgh et al., 2021.

Figura 10: **Vistas aéreas amplas do Grose Valley, no sítio do Patrimônio Mundial das Grandes Montanhas Azuis na Austrália, antes (acima) e depois (abaixo) dos grandes incêndios florestais. As áreas marrons indicam marcas de incêndio**

2.2 Aumento da pressão sobre o uso da terra por atividades humanas enfraquece os sumidouros de carbono florestais

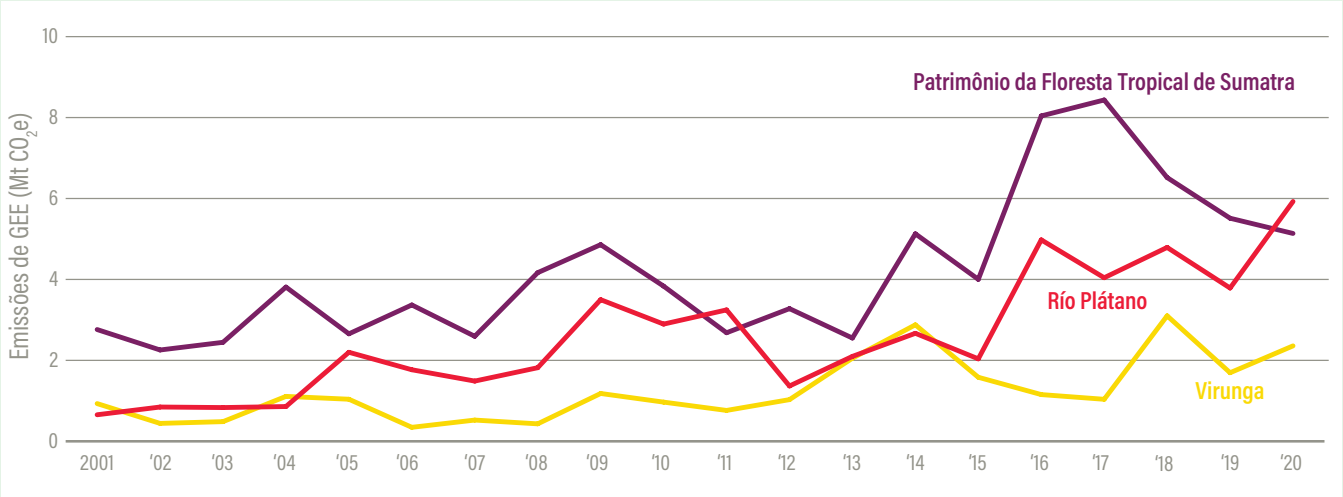
Apesar de seu *status* reconhecido internacionalmente e protegido no âmbito nacional, as pressões de uso da terra associadas a atividades humanas específicas (por exemplo, extração ilegal de madeira, colheita de madeira e invasão agrícola devido à pecuária/pastagem e plantações) foram relatadas em cerca de 60% de todos os sítios do Patrimônio Mundial[88] **(exemplos mostrados na Figura 11)**. Na maioria dos casos, a extração de recursos está associada a atividades ilegais e está se tornando uma das ameaças mais prevalentes nas regiões da África, da Ásia e Pacífico, e da América Latina e Caribe.[89]

Figura 11: **Pressões humanas no Parque Nacional de Virunga, sítio do Patrimônio Mundial na República Democrática do Congo: desmatamento ilegal dentro do parque (à esquerda) e terras agrícolas nos limites do parque (à direita)**

[88] Com base em dados do Sistema de Informação do Estado de Conservação e no World Heritage Outlook de 2020 da UICN.
[89] Osipova et al., 2020.

Sítios como a Reserva da Biosfera do Río Plátano (Honduras), o Parque Nacional de Virunga (RDC) e o Patrimônio da Floresta tropical de Sumatra (Indonésia) perderam cerca de 20%, 10% e 5%, respectivamente, de sua cobertura vegetal desde 2001.[90] A extração de biomassa florestal nesses locais levou ao aumento das emissões desde 2001, enfraquecendo os sumidouros de carbono da floresta que seriam mais fortes na ausência desses distúrbios causados pelo homem **(Figura 12)**. As emissões de gases de efeito estufa em sítios, tais como o Patrimônio da Floresta Tropical de Sumatra (Indonésia) e a Reserva da Biosfera do Río Plátano (Honduras), foram tão consideráveis que, nos últimos 20 anos, as emissões excederam as remoções e eles atuaram como fontes líquidas de carbono, com média de emissões líquidas de 3,0 Mt CO_2e/ano e 1,2 Mt CO_2e/ano, respectivamente. Parcelas substanciais dessas emissões podem estar relacionadas à expansão da produção de commodities agrícolas.[91]

Figura 12: Emissões anuais brutas estimadas de gases de efeito estufa em sítios selecionados do Patrimônio Mundial da UNESCO, sujeitos a pressões de uso da terra



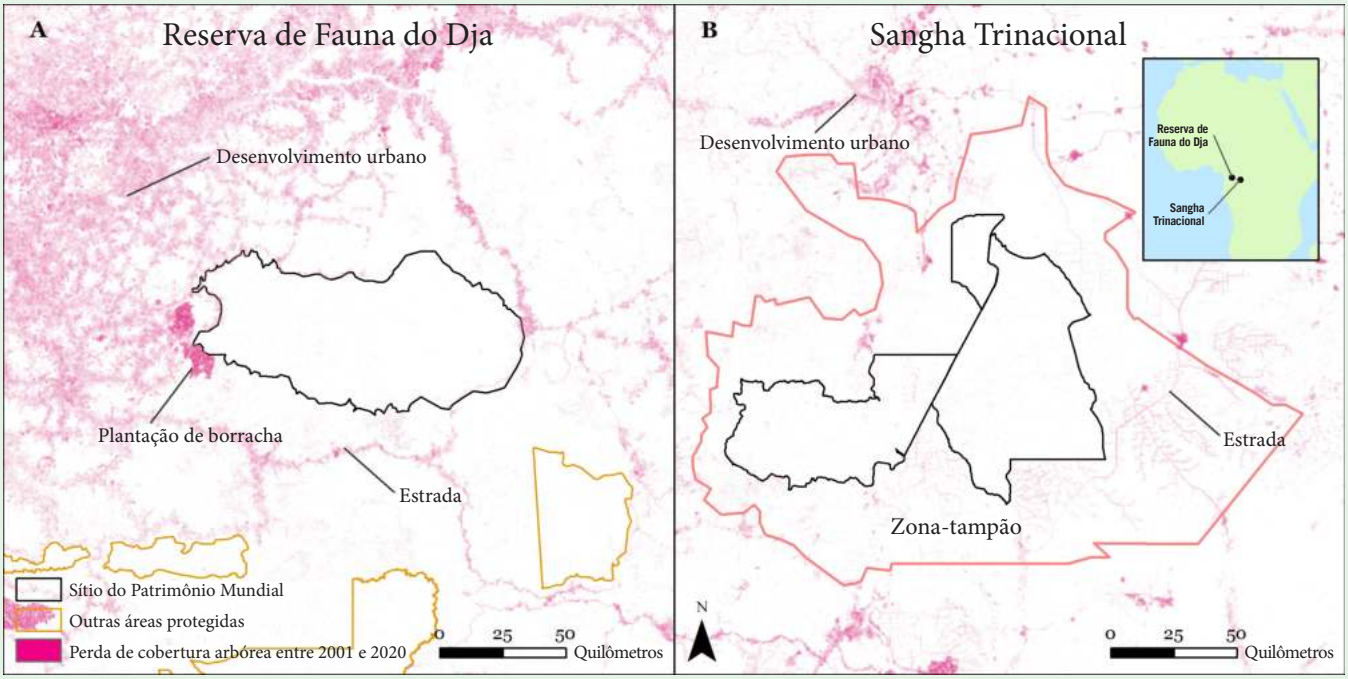
Fonte: Análise (Quadro 1) de dados de Harris et al. (2021) em sítios naturais e mistos do Patrimônio Mundial da UNESCO. A seleção de sítios com pressões de uso da terra é baseada no World Heritage Outlook da UICN de 2020.

Além das pressões de uso da terra que ocorrem dentro de sítios do Patrimônio Mundial, as pressões externas também podem afetar o carbono dentro desses sítios. A perda e a fragmentação persistentes de *habitats* biodiversos e ecologicamente produtivos devido ao uso da terra em áreas adjacentes a alguns sítios do Patrimônio Mundial[92] provavelmente resultam em emissões que não são quantificadas nos dados subjacentes a esta análise. A fragmentação da paisagem pode interromper a conectividade ecológica, incluindo alguns processos ecológicos essenciais e o movimento desimpedido de espécies. A perda de conectividade leva à "fragmentação" da paisagem, ou seja, "ilhas"[93] isoladas que podem sofrer degradação do ecossistema na forma de mortalidade de árvores e resiliência reduzida à mudança climática e aos distúrbios antrópicos.[94] O resultado são emissões persistentes.[95,96] A perda de biodiversidade e a defaunação como resultado da caça furtiva também podem ter intensas implicações para o funcionamento mais amplo do ecossistema e a estabilidade dos estoques de carbono. Por exemplo, o desaparecimento causado pela caça furtiva de elefantes, "engenheiros" que ajudam na preservação da biodiversidade da floresta[97], pode resultar em perdas econômicas estimadas em cerca de US$ 43 bilhões e uma perda de até 7% dos estoques de carbono nas florestas da África Central.[98]

[90] Esse é um dos motivos pelos quais esses sítios foram inscritos na Lista do Patrimônio Mundial em Perigo.
[91] Analisado por Curtis et al., 2018.
[92] Decisões 44 COM 7B.97, 7B.99, 7B.105, 7B.114, 7B.174 e 7B.188 do Comitê do Patrimônio Mundial: https://whc.unesco.org/en/decisions/.
[93] Hilty et al., 2020.
[94] Laurance et al., 2000.
[95] Brinck et al., 2017.
[96] Maxwell et al., 2019.
[97] Maisels et al., 2013.
[98] Berzaghi et al., 2019.

A gestão integrada do solo e as zonas-tampão ou de amortecimento podem fornecer uma camada de proteção adicional para os sítios e envolver as partes interessadas locais no planejamento e nas atividades econômicas. Além disso, zonas de amortecimento bem administradas também podem atuar como sumidouros líquidos de carbono. Por exemplo, a Reserva de Fauna do Dja (Camarões) na Bacia do Congo, na África, é um exemplo de um sítio sem uma zona-tampão que está ameaçado pela conectividade reduzida da paisagem.[99] Desenvolvimento urbano, atividades agrícolas e estradas intervêm entre o sítio do Patrimônio Mundial e as outras áreas protegidas mais próximas **(Figura 13a)**. Embora a área circundante continue sendo um sumidouro líquido de carbono, as emissões florestais são substanciais fora do sítio devido ao desenvolvimento urbano e a plantações de borracha, e pode-se esperar que parte dessa mudança no uso da terra produza emissões dentro do próprio sítio. Por outro lado, o Sangha Trinacional (0,75 Mha da floresta que abrange Camarões, República Centro-Africana e República do Congo) é cercada por uma zona-tampão (1,8 Mha de floresta), onde a exploração madeireira sustentável é praticada, e o sumidouro líquido de carbono da zona-tampão é duas vezes maior do que o próprio sítio do Patrimônio Mundial (4,6 $MtCO_2e$/ano *vs.* 2,1 $MtCO_2e$/ano, respectivamente) **(Figura 13b)**.

Figura 13: **O gerenciamento das zonas-tampão pode reduzir as pressões nos sítios. A perda de cobertura arbórea em torno de (A) Reserva de Fauna do Dja (Camarões), que não tem uma zona-tampão, foi significativamente maior do que em (B), o Sangha Trinacional (Camarões, República Centro-Africana e República do Congo), que tem uma zona-tampão**



[99] Decisões 43 COM 7B.29 e 44 COM 7B.173 do Comitê do Patrimônio Mundial: https://whc.unesco.org/en/decisions/.

© RNN Forêt de la Massane

3

Diretrizes de ação para proteger os sumidouros de carbono do Patrimônio Mundial

Embora as florestas do Patrimônio Mundial tenham sido grandes sumidouros de carbono de forma coletiva, as florestas em dez sítios do Patrimônio Mundial foram identificadas como fontes líquidas de gases de efeito estufa entre 2001 e 2020. Com a mudança climática rápida e acelerada e os crescentes distúrbios e pressões antropogênicas, é provável que o armazenamento, as emissões e o sequestro de carbono florestal sejam afetados em um número cada vez mais elevado de locais em todo o mundo.[100] Para proteger o Valor Universal Excepcional, a integridade e a autenticidade dos sítios do Patrimônio Mundial dos impactos adversos da mudança climática e outras ameaças, várias políticas institucionais, estratégias e diretrizes relevantes para a ação climática foram desenvolvidas (ver lista no final do relatório).

Em linha com essas políticas, estratégias e diretrizes, e considerando as duas principais ameaças ao carbono florestal discutidas na seção anterior, este relatório apresenta três diretrizes que podem ajudar de maneira direta as florestas do Patrimônio Mundial a permanecerem fortes depósitos e sumidouros de carbono para as gerações futuras. Essas diretrizes não são uma lista exaustiva de ações para proteger e enfrentar ameaças em sítios do Patrimônio Mundial. Em vez disso, elas se concentram em ações específicas para preservar o carbono que já está armazenado nas florestas do Patrimônio Mundial e permitem que o carbono adicional continue a ser removido da atmosfera. A primeira e a segunda vias estão conectadas às duas ameaças principais discutidas na seção anterior, enquanto a terceira via conecta as duas primeiras por meio de uma perspectiva política mais ampla. Embora as vias propostas enfoquem um subconjunto de ameaças relacionadas ao clima e ao uso da terra, ainda é indispensável melhorar a gestão efetiva que trate de toda a gama de desafios de gerenciamento e ameaças ambientais.

3.1 Respostas rápidas e eficazes podem ajudar a prevenir a devastação de eventos relacionados ao clima

Desde o início dos anos 2000, as preocupações com os impactos da mudança climática nos sítios do Patrimônio Mundial foram trazidas à atenção do Comitê do Patrimônio Mundial, o órgão regulador da Convenção do Patrimônio Mundial. Os sítios do Patrimônio Mundial são cada vez mais afetados por eventos relacionados ao clima, como incêndios florestais e tempestades, que podem ter consequências devastadoras se não forem tratados de forma rápida e eficaz. Quando esses eventos ocorrem, muitas vezes se perdem dias preciosos na organização de uma intervenção de emergência devido à falta de financiamento e de dados confiáveis, enquanto, durante esse tempo, extensas emissões podem ser liberadas **(Quadro 4)**. Alguns sítios do Patrimônio Mundial já tomaram medidas para gerenciar melhor os riscos relacionados ao clima ao adotarem planos de adaptação à mudança climática (por exemplo, Trópicos Úmidos de Queensland[101], na Austrália, e Parque Nacional/Floresta Natural do Monte Quênia[102], no Quênia), implementarem programas de gestão de incêndio integrados (por exemplo, Áreas Protegidas do Cerrado: Chapada dos Veadeiros e Parques Nacionais das Emas[103], no Brasil) e apoiarem iniciativas de redução de risco de desastres por meio da proteção costeira e regulação de enchentes (por exemplo, o Sundarbans, em Bangladesh, e Parque Nacional de Sundarbans, na Índia). No entanto, permanece baixo o número de sítios do Patrimônio Mundial com políticas, planos ou processos estabelecidos para gerenciar ou reduzir os riscos associados a desastres.[104,105]

[100] Osipova et al., 2020.
[101] https://www.wettropics.gov.au/climate-adaptation-plan-for-the-wet-tropics-20202030.
[102] https://whc.unesco.org/document/133484.
[103] Schmidt et al., 2018.
[104] Osipova et al., 2020.
[105] https://whc.unesco.org/en/review/74.

Quadro 4: Apoio a uma resposta rápida aos incêndios florestais

Para responder de forma rápida às emergências, a UNESCO lançou o Mecanismo de Resposta Rápida (RRF), em 2006, para canalizar doações de emergência para sítios do Patrimônio Mundial (ou um sítio de alto valor de biodiversidade reconhecido internacionalmente) em países em desenvolvimento, onde o acesso rápido a um financiamento não está disponível.[106]
Em 2019 e 2020, o RRF forneceu subsídios de emergência para aumentar os esforços de combate a incêndios no Parque Nacional do Monte Quênia (Quênia) e na Área de Conservação do Pantanal (Brasil), que permitiram controlar os incêndios antes que causassem danos irrevogáveis a esses sítios do Patrimônio Mundial.

Esforços de combate a incêndios no Parque Nacional do Monte Quênia (Quênia), em 2019

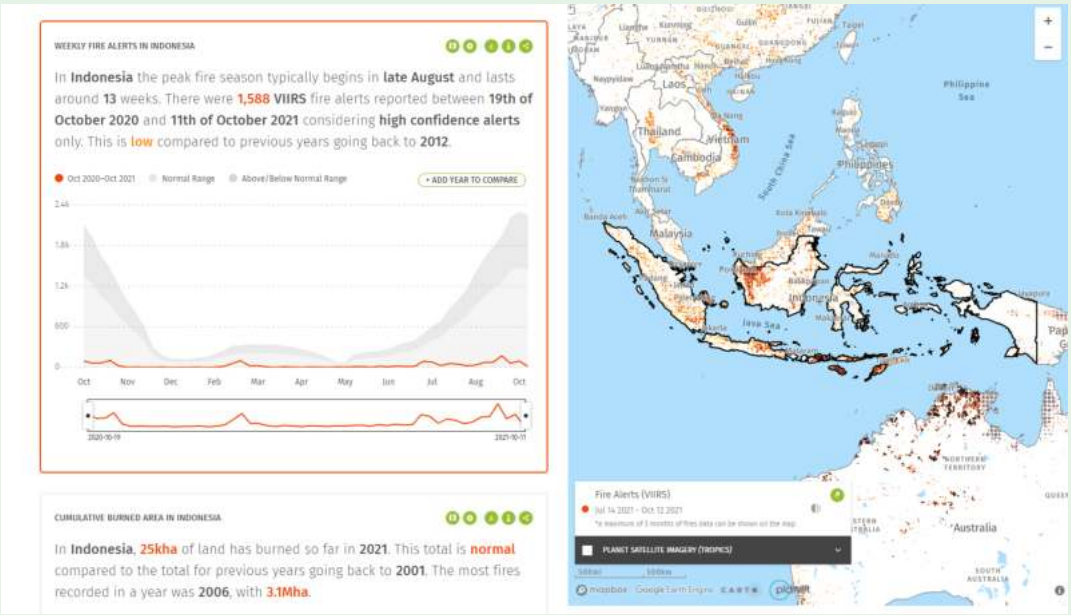
© Mt Kenya Trust

Esforços de combate a incêndios na Área de Conservação do Pantanal (Brasil), em 2020

© Instituto Homem Pantaneiro

A extinção de focos de incêndio antes que se transformem em conflagrações pode evitar a produção de emissões extensas em locais onde não ocorrem historicamente. Usando ferramentas em tempo real como dados de alerta de incêndio do *Global Forest Watch* (GFW)[107], agências governamentais na Indonésia mostraram que é possível reduzir o tempo de resposta ao fogo em 80%, neste caso, de 30 horas ou mais para apenas de duas a quatro horas.[108]

Fonte: Plataforma *online Global Forest Watch* (GFW)



© WRI

[106] Rapid Response Facility (RRF): https://whc.unesco.org/en/rapidresponse/.
[107] Por exemplo, https://gfw.global/3AyMecP.
[108] Putraditama et al., 2014.

3.2 Mecanismos de suporte que maximizam a integridade e a conectividade das florestas

As áreas protegidas são um elemento-chave das estratégias para conservar a natureza e evitar a interrupção dos processos ecológicos e seus benefícios associados às pessoas, incluindo a regulação do clima. No entanto, muitas áreas protegidas, incluindo sítios do Patrimônio Mundial, enfrentam desafios cada vez maiores como pressões de uso da terra que ocorrem principalmente fora de seus limites.[109,110] Isso faz com que as áreas protegidas se tornem ilhas isoladas em paisagens alteradas. No entanto, a dinâmica do ecossistema que constitui o Valor Universal Excepcional de muitos sítios do Patrimônio Mundial, com frequência, depende de paisagens mais amplas e grandes áreas interconectadas.[111] A fragmentação das florestas pode contribuir com cerca de 30% das emissões do desmatamento tropical devido ao aumento da mortalidade de árvores nas bordas de novos fragmentos florestais[112], e efeitos semelhantes também podem ser esperados em sítios do Patrimônio Mundial. Portanto, é necessário manter a conectividade ecológica para garantir que a integridade desses locais seja preservada, incluindo suas funções de armazenamento e sequestro de carbono. A gestão integrada da paisagem e a criação de corredores ecológicos e zonas-tampão são promovidas como iniciativas para enfrentar esses desafios, e a criação de zonas-tampão é especificamente recomendada nas diretrizes para candidatura e gestão de sítios do Patrimônio Mundial.[113] Os sítios do Patrimônio Mundial também oferecem uma oportunidade de reconhecer e envolver os povos indígenas e as comunidades locais como administradores efetivos das florestas.[114,115] Este é o caso do sítio do Patrimônio Mundial de Trópicos Úmidos de Queensland, na Austrália, onde foi estabelecida uma estrutura de gestão cooperativa entre os povos indígenas e o governo local, proporcionando, assim, o reconhecimento público dos direitos das comunidades de possuir e administrar suas terras de forma sustentável.[116]

3.3 Integrar sítios do Patrimônio Mundial às agendas do clima, da biodiversidade e do desenvolvimento sustentável

No contexto atual de mudança climática global e aumento das pressões humanas[117,118], uma ação coordenada é necessária nos âmbitos nacional e internacional. Incluir os sítios do Patrimônio Mundial de forma explícita nas políticas nacionais dos países pode contribuir para iniciativas internacionais simultaneamente, assim como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os planos de ação climática (por exemplo, as contribuições nacionalmente determinadas [*Nationally Determined Contributions*] no acordo de Paris) e as estratégias de biodiversidade no âmbito do Marco de Ação da Biodiversidade Global Pós-2020 (Post-2020 Global Biodiversity Framework), pois têm o potencial inerente para servir como laboratórios vivos e desencadear processos de política. Por exemplo, desde o início dos anos 1980, o programa de pesquisa no Parque Nacional de Lope, no Gabão, tem sustentado muitas das políticas nacionais relacionadas com a conservação e o clima do país. A implementação subsequente de tais políticas levou o Gabão a se tornar o primeiro país da África a receber pagamentos com base em resultados pela redução das emissões do desmatamento e da degradação florestal, em 2021.[119]

---

109 Geldmann et al., 2019.
110 Osipova et al., 2020.
111 Kormos et al., 2015
112 Brinck et al., 2017.
113 Parágrafo 103 das Diretrizes Operacionais para a Implementação da Convenção do Patrimônio Mundial: https://whc.unesco.org/en/guidelines/.
114 Fa et al., 2020.
115 https://whc.unesco.org/en/activities/496/.
116 https://www.wettropics.gov.au/involvement-in-world-heritage.
117 Venter et al., 2016.
118 Ward et al., 2020.
119 https://www.un.org/africarenewal/magazine/july-2021/gabon-becomes-first-african-country-receive-payment-reducing-co2-emissions.

Conclusão

Ao combinar dados de sensoriamento remoto com monitoramento no âmbito local, pela primeira vez, este relatório quantificou os benefícios climáticos das florestas do Patrimônio Mundial, avaliou os impactos sobre o carbono de ameaças comuns às florestas do Patrimônio Mundial e identificou sítios que são fontes líquidas de carbono. Portanto, fornece informações para facilitar o diálogo entre os formuladores de políticas e as partes interessadas locais no desenvolvimento de políticas eficazes para proteger o papel das florestas do Patrimônio Mundial como sumidouros e estoques estáveis de carbono para as gerações futuras. A grande visibilidade, alcance global e poder de inspiração dos sítios do Patrimônio Mundial sustentam um forte caso de ação. No entanto, a falta de financiamento sustentável foi identificada como o problema mais prevalente que dificulta a proteção e a gestão eficazes desses locais.[120] A implementação bem-sucedida das diretrizes apresentadas acima, portanto, requer a mobilização das principais partes interessadas (por exemplo, governos, sociedade civil, povos indígenas, comunidades locais e o setor privado) para desenvolver financiamento e investimentos sustentáveis e promover o compartilhamento de conhecimento interdisciplinar para a tomada de decisões.

Os sítios do Patrimônio Mundial e outras áreas protegidas podem servir como laboratórios para monitorar mudanças ambientais. A análise apresentada aqui deve ser expandida para além dos sítios do Patrimônio Mundial e replicada em outras redes de áreas protegidas, como outros sítios designados pela UNESCO (ou seja, Reservas da Biosfera e Geoparques Globais), bem como áreas de alta biodiversidade reconhecidas internacionalmente (por exemplo, Ramsar, Áreas-Chave de Biodiversidade) para aumentar a conscientização em âmbitos global e local sobre a função-chave que áreas protegidas podem desempenhar na mitigação da mudança climática, na adaptação à mudança climática e na conservação da biodiversidade.

Parque Nacional de Ivindo (Gabão) © Lee White*

[120] Osipova et al., 2020.

Referências

ALEXANDROV, G. A. Carbon stock growth in a forest stand: the power of age. *Carbon Balance Management,* n. 2, p. 4, 2007. Disponível em:

https://cbmjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1750-0680-2-4

BACCINI, A. et al. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature Climate Change*, n. 2, p. 182-185, 2012. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/nclimate1354

BACCINI, A. et al. Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Science*, v. 358, n. 6360, p. 230-234, 2017. Disponível em:

https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aam5962

BARBER, C. V. et al. *The Nexus Report*: nature-based solutions to the biodiversity and climate crisis. F20 Foundations, Campaign for Nature, SEE Foundation, 2020. Disponível em:

https://www.foundations-20.org/wp-content/uploads/2020/11/The-Nexus-Report.pdf

BERZHAGI, F. et al. Carbon stocks in central African forests enhanced by elephant disturbance. *Nature Geoscience*, n. 12, p. 725-729, 2019. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/s41561-019-0395-6

BLANCO, G. et al. Drivers, trends and mitigation. In: EDENHOFER, O. et al (Eds.). *Climate change 2014*: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014. Disponível em:

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter5.pdf

BRINCK, K. et al. High resolution analysis of tropical forest fragmentation and its impacts on the global carbon cycle. *Nature Communications,* n. 8, p. 14855, 2017. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/ncomms14855

COOK-PATTON, S.C. et al. Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth. *Nature*, n. 585, p. 545-550, 2020. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/s41586-020-2686-x

CURTIS, P., C.M. et al. Classifying drivers of global forest loss. *Science*, v. 361, n. 6407), p. 1108-1111, 2018. Disponível em:

https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aau3445

DE LAMO, X. et al. *Strengthening synergies*: how action to achieve post-2020 global biodiversity conservation targets can contribute to mitigating climate change. Cambridge, UK: UNEP-WCMC, 2020. Disponível em:

https://www.unep-wcmc.org/system/comfy/cms/files/files/000/001/823/original/Strengthening_Synergies.pdf

DUQUE, A. et al. Mature Andean forests as globally important carbon sinks and future carbon refuges. *Nature Communications*, n. 12, p. 2138, 2021. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/s41467-021-22459-8

FA, J. E. et al. Importance of Indigenous Peoples' lands for the conservation of Intact Forest Landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment,* v. 18, n. 3, p. 135-140, 2020. Disponível em:

https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fee.2148

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *Global Forest Resources Assessment 2020*: main report. Rome: Food and Agriculture Organization, 2020. Disponível em:

https://doi.org/10.4060/ca9825en

GELDMANN, J. et al. A global-level assessment of the effectiveness of protected areas at resisting anthropogenic pressures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 116, n. 46, p. 23209-23215, 2019. Disponível em:

https://www.pnas.org/content/116/46/23209

GLOBAL CARBON PROJECT. *Global Carbon Atlas.* 2021. Acesso em: set. 2021. Disponível em:

http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions

GOETZ, S. J. et al. Observations and assessment of forest carbon dynamics following disturbance in North America. *Journal of Geophysical Research Biogeosciences*, 2012. Disponível em:

https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2011JG001733

HANSEN, M.C. et al. High- Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013. Disponível em:

https://www.science.org/doi/10.1126/science.1244693

HANS-OTTO, P. et al. *Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change*. IPBES, IPCC, 2020. DOI:10.5281/zenodo.4782538

https://doi.org/10.5281/zenodo.5101133

HARRIS, N. L. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. *Nature Climate Change*, n. 11, p. 234-240, 2021. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/s41558-020-00976-6

HEEDE, R.; ORESKES, N. Potential emissions of CO_2 and methane from proved reserves of fossil fuels: An alternative analysis. *Global Environmental Change*, n. 36, p. 12-20, 2016. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378015300637

HENGL, T. et al. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *Plos One*, 2017. Disponível em:

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748

HILTY, J. et al. *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors*. Gland, Switzerland: IUCN, 2020. (Best practice protected area guidelines series, 30). Disponível em:

https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: EGGLESTON, H. S. et al. (Eds.). *National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Japan: IGES, 2006. Disponível em:

https://www.ipcc.ch/report/2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for policymakers. In: SHUKLA, P. R. et al. (Eds.). *Climate Change and Land*: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 2019. Disponível em:

https://www.ipcc.ch/srccl/

ISSA, S. et al. A review of terrestrial carbon assessment methods using geo-spatial technologies with emphasis on arid lands. *Remote Sensing*, n. 12, 2020. Disponível em:

https://www.mdpi.com/2072-4292/12/12/2008/pdf

JANOWIAK, M. et al. *Considering forest and grassland carbon in land management*. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Forest Service, 2017. (General technical report, WO-95). Disponível em:

https://doi.org/10.2737/WO-GTR-95

KORMOS, C. et al. *World Heritage, Wilderness and Large Landscapes and Seascapes*. Gland, Switzerland: IUCN, 2017. Disponível em:

https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.06.en

LAURANCE, W.F. et al. Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature*, n. 404, p. 836, 2000. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/35009032

MALHI, Y. et al. The Global Ecosystems Monitoring network: monitoring ecosystem productivity and carbon cycling across the tropics. *Biological Conservation*, n. 253, p. 108889, 2021. Disponível em:

https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108889

MAISELS, F. et al. Devastating decline of forest elephants in Central Africa. *Plos One*, 2013. Disponível em:

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059469

MAXWELL, S. et al. Degradation and forgone removals increase the carbon impact of intact forest loss by 626%. *Science Advances*, v. 5, n. 10, 2019. Disponível em:

https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aax2546

McLAUCHLAN, K. et al. Fire as a fundamental ecological process: research advances and frontiers. *Journal of Ecology*, v. 108, n. 5, 2020. Disponível em:

https://doi.org/10.1111/1365-2745.13403

NASA. *The Carbon Cycle*. 2011. Acesso em: set. 2021. Disponível em:

https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle

NESHA, M. K. An assessment of data sources, data quality and changes in national forest monitoring capacities in the Global Forest Resources Assessment 2005-2020. *Environmental Research Letters*, v. 16, n. 5, 2021. Disponível em:

https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abd81b/meta

OSIPOVA, E. et al. *The benefits of natural world heritage:* Identifying and assessing ecosystem services and benefits provided by the world's most iconic natural places. Gland: IUCN, 2014. Disponível em:

https://portals.iucn.org/library/node/44901

OSIPOVA, E. et al. *IUCN World Heritage Outlook 3*: a conservation assessment of all natural World Heritage sites. Gland: IUCN, 2020. Disponível em:

https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.16.en

PAN, Y. et al. A Large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, v. 333, n. 6045, p. 988-993, 2013. Disponível em:

https://science.sciencemag.org/content/333/6045/988.abstract

PANDEY, D. *Carbon stock of World Heritage Forest Sites*. Paris: UNESCO World Heritage Centre, 2012. Disponível em:

http://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-43-12.pdf

PEARSON, T. et al. Greenhouse gas emissions from tropical forest degradation: an underestimated source. *Carbon Balance and Management,* n. 12, p. 3, 2017. Disponível em:

https://cbmjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13021-017-0072-2

PECHONY, O.; SHINDELL, D. T. Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 45, p. 18167-19170, 2010. Disponível em:

https://www.pnas.org/content/107/45/19167

PUTRADITAMA, A. et al. *Fires spread across Indonesia as parliament approves haze treaty*. 2014. Acesso em: out. 2021. Disponível em:

https://wri-indonesia.org/en/blog/fires-spread-across-indonesia-parliament-approves-haze-treaty/

QIE, L. et al. Long-term carbon sink in Borneo's forests halted by drought and vulnerable to edge effects. *Nature Communications*, n. 8, p. 1966, 2017. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/s41467-017-01997-0

SAFRONOV, A. N. Effects of climatic warming and wildfires on recent vegetation changes in the Lake Baikal Basin. *Climate*, v. 8, n. 4, p. 57, 2020. Disponível em:

https://www.mdpi.com/2225-1154/8/4/57

SATO, I.; LANGER, P.; STOLLE, F. *Enhancing NDCs*: opportunities in the forest and land-use sector. Working paper. Washington, DC: World Resources Institute and United Nations Development Programme, 2019. Disponível em:

https://www.wri.org/research/ndc-enhancement-opportunities-forest-and-land-use-sector

SCULLION, J. J. et al. *Conserving the last great forests*: a meta-analysis review of the drivers of intact forest loss and the strategies and policies to save them. Frontiers in Forests and Global Change, 2020. Disponível em:

https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2019.00062/full

SCHMIDT, I. et al. Fire management in the Brazilian savanna: first steps and the way forward. *Journal of Applied Ecology*, v. 55, n. 5, p. 2094-2101, 2018. Disponível em:

https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.13118

SEIDL, R. et al. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, n. 7, p. 395-402, 2017. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/nclimate3303

SPENCELEY, A. et al. *Visitors count!*: Guidance for protected areas on the economic analysis of visitation. Paris: UNESCO; Bonn: German Federal Agency for Nature Conservation, 2021. Disponível em:

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378568?posInSet=1&queryId=04dc875b-f9c1-4f60-9776-b77034373026

UNEP-WCMC; IUCN. *Protected Planet*: The World Database on Protected Areas (WDPA). Cambridge, UK, Aug. 2021. Disponível em:

www.protectedplanet.net

UNESCO. *UNESCO Marine World Heritage*: custodians of the globe's blue carbon assets. Paris: UNESCO World Heritage Centre, 2021. Disponível em:

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375565

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (US EIA). *Petroleum and other liquids database*. 2021. Acesso em: out. 2021. Disponível em:

https://www.eia.gov/international/data/world/petroleum-and-other-liquids/more-petroleum-and-other-liquids-data?pd=5&p=0000000000000000000008&u=0&f=A&v=mapbubble&a=-&i=none&vo=value&t=C&g=none&l=249--123&s=315532800000&e=1483228800000

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). *Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle*. 2018. Acesso em: set. 2021. Disponível em:

https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). *Greenhouse Gases Equivalencies Calculator*: calculations and references. 2021. Acesso em: out. 2021. Disponível em:

https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references

VAN OLDENBORGH, G. J. et al. Attribution of the Australian bushfire risk to anthropogenic climate change. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 21, n. 3, p. 941- 960, 2021. Disponível em:

https://nhess.copernicus.org/articles/21/941/2021/nhess-21-941-2021.html

VENTER, O. et al. Sixteen years of change in the global terrestrial footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature Communications*, n. 7, p. 12558, 2016. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/ncomms12558

WARD, M. et al. Just ten percent of the global terrestrial protected area network is structurally connected via intact land. *Nature Communications*, n. 11, p. 4563, 2020. Disponível em:

https://www.nature.com/articles/s41467-020-18457-x

WILLIAMS, C. A. et al. Carbon consequences of forest disturbance and recovery across the conterminous United States. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 26, n. 1, 2012. Disponível em:

https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2010GB003947

XU, L. et al. Changes in global terrestrial live biomass over the 21st century. *Science Advances*, v. 7, n. 27, 2021. Disponível em:

https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abe9829

ZHOU, D. et al. A meta-analysis on the impacts of partial cutting on forest structure and carbon storage." *Biogeosciences 10:* 3691-3703.

https://bg.copernicus.org/preprints/10/C538/2013/bgd-10-C538-2013-supplement.pdf

Políticas, estratégias e diretrizes relevantes da UNESCO sobre Patrimônio Mundial e ação climática

Convenção sobre a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural (Convenção do Patrimônio Mundial):

https://whc.unesco.org/en/conventiontext/

Diretrizes Operacionais para a Implementação da Convenção do Patrimônio Mundial:

https://whc.unesco.org/en/guidelines/

Sistema de Informação do Estado de Conservação:

https://whc.unesco.org/en/soc/

"Policy Document on Climate Action for World Heritage":

https://whc.unesco.org/en/climatechange/

"Climate Change Adaptation for Natural World Heritage Sites – A Practical Guide":

https://whc.unesco.org/en/series/37/

Policy for the Integration of a Sustainable Development Perspective into the Processes of the World Heritage Convention:

https://whc.unesco.org/en/sustainabledevelopment/

Strategy for Risk Reduction at World Heritage Properties:

https://whc.unesco.org/en/disaster-risk-reduction/

"Managing Disaster Risks for World Heritage":

https://whc.unesco.org/en/managing-disaster-risks/

"Managing Natural World Heritage":

https://whc.unesco.org/en/managing-natural-world-heritage/

Florestas do Patrimônio Mundial

Sumidouros de carbono sob pressão

"Florestas do Patrimônio Mundial: sumidouros de carbono sob pressão", um relatório da UNESCO, do World Resources Institute (WRI) e da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) que fornece a primeira avaliação científica global de emissões e sequestro de gases de efeito estufa em florestas encontradas nos sítios do Patrimônio Mundial da UNESCO.

As florestas do Patrimônio Mundial, cuja área combinada de 69 milhões de hectares é quase o dobro do tamanho da Alemanha, são alguns dos *habitats* mais ricos em biodiversidade da Terra e desempenham um papel fundamental na regulação do clima ao absorver dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera. No entanto, essas florestas estão sob crescentes pressões antrópicas, incluindo a mudança climática.

Ao combinar dados de sensoriamento remoto com monitoramento em âmbito local, este relatório quantificou, pela primeira vez, os benefícios climáticos das florestas do Patrimônio Mundial e avaliou os impactos de ameaças comuns às florestas do Patrimônio Mundial e aos sítios que foram identificados como fontes líquidas de carbono. Portanto, fornece informações para facilitar o diálogo entre os formuladores de políticas e as partes interessadas locais para o desenvolvimento de soluções eficazes destinadas a manter o papel contínuo das florestas do Patrimônio Mundial como sumidouros e estoques estáveis de carbono para as gerações futuras.

unesco
World Heritage Convention

WORLD RESOURCES INSTITUTE

UICN

ISBN: 978-65-86603-21-7