

Manual de

Soluções Climáticas Naturais

Manual técnico para avaliação de oportunidades
nacionais de mitigação baseada na natureza

Autores e agradecimentos

Autores: Sara M. Leavitt, Susan C. Cook-Patton, Laura Marx, C. Ronnie Drever, Vanessa Carrasco-Denney, Timm Kroeger, Diego Navarrete, Zeng Nan, Nisa Novita, Anjelita Malik, Kate Pelletier, Kelley Hamrick, Beatriz Granziera, Chris Zganjar, Juanita Gonzalez, Peter Ellis, John Verdieck, María F. Ordóñez, Catalina Gongora e Juliana Del Castillo Plata

Colaboradores: Wang Longzhu, Subarno, Deissy Arango, Ryan Gil, Pathanchali Premachandra, Joe Fargione, Stefanie Simpson, Zhang Xiaoquan, Huo Li, Adrienne Egolf, Dan Majka, Tyler J. Lark, Seth A. Spawn-Lee, Miguel Castro e Chandra Agung Septiadi Putra

Revisores: Lynn Scarlett, Allison Lewin, Jennifer Tabola, Fernando Veiga, Jill Blockhus, Dong Ke, Sarah Gammage, Claudia Vasquez Marazzani, Herlina Hartanto, Christopher Webb, James Lloyd, Stephen Wood, Dick Cameron, Rose Graves, Catherine Macdonald, Bronson Griscom, Jesse Gallun, Juan Sebastian Sánchez Hernandez e Will McGoldrick

Editora: Anna Funk

Designers: .Puntoaparte Editores

TRADUÇÃO

Tradutor: Meg Batalha / Fast Lines, Inc.

Revisores: Edenise Garcia e Fernanda Rocha

Agradecimentos: Este guia foi desenvolvido com o suporte financeiro da Iniciativa Norueguesa Internacional para o Clima e Florestas (NICFI) e a Agência Norueguesa de Cooperação para o Desenvolvimento (Norad), embora as visões expressas nesta publicação não reflitam as visões da NICFI ou Norad. O suporte financeiro adicional foi fornecido pelo Fundo Bezos Earth e Ecopetrol. Os autores gostariam de agradecer aos inúmeros parceiros e colaboradores em todo o mundo que se envolveram nas pesquisas que orientaram este documento.

A maior parte deste documento foi elaborada durante a pandemia de COVID-19. Os autores gostariam de expressar sua sincera gratidão pela dedicação de toda a equipe envolvida na publicação deste documento, assim como aos esforços de todos que os apoiaram nesse período tão desafiador. Nossas sinceras condolências a todos que perderam entes queridos durante a pandemia.

Por favor, cite este documento da seguinte forma:

Leavitt, S.M. et al. (2021). Manual de Soluções Climáticas Naturais: Manual técnico para avaliação de oportunidades nacionais de mitigação baseada na natureza. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.

Segunda Edição

Este guia está disponível em chinês mandarim, espanhol, francês, indonésio, inglês, português e suáli.

1. O que são Soluções Climáticas Naturais?.....6

O papel da natureza para alcançar as NDCs.....7	Princípios de NCS.....11
Sobre este manual.....10	Estratégias de NCS.....14

2. Definição do escopo.....20

Identificação de propósito e público.....21	Definição de estratégias.....27
Determinação da escala.....21	Condução de pesquisas de cenário29
Priorização de estratégias.....24	

3. Montagem do conjunto de dados.....32

Estabelecimento da linha de base.....33	Seleção de um horizonte temporal.....42
Como determinar a extensão de estratégias das NCS.....35	Consideração das retroalimentações climáticas.....42
Cálculo do fluxo de gases de efeito estufa.....39	Caracterização dos custos44

4. Realização da avaliação.....45

Estimativa da mitigação46	Contabilização das alterações de custos futuros: aplicação de descontos.....51
Quantificação das incertezas.....46	Próximos passos.....52
Incorporação de custos: curvas de custos de abatimento marginal.....48	

5. Estudos de caso dos países.....55

Canadá.....57	Indonésia.....80
China.....64	Estados Unidos.....88
Colômbia.....71	

Apêndice.....94

Estimativas de custo.....95	Justiça climática.....105
Cobenefícios.....98	Glossário.....109
Compensações de carbono.....102	Recursos adicionais.....112

Manual de

Soluções Climáticas Naturais

Autores e agradecimentos.....2
Siglas e unidades relacionadas às NCS.....5
Referências.....115

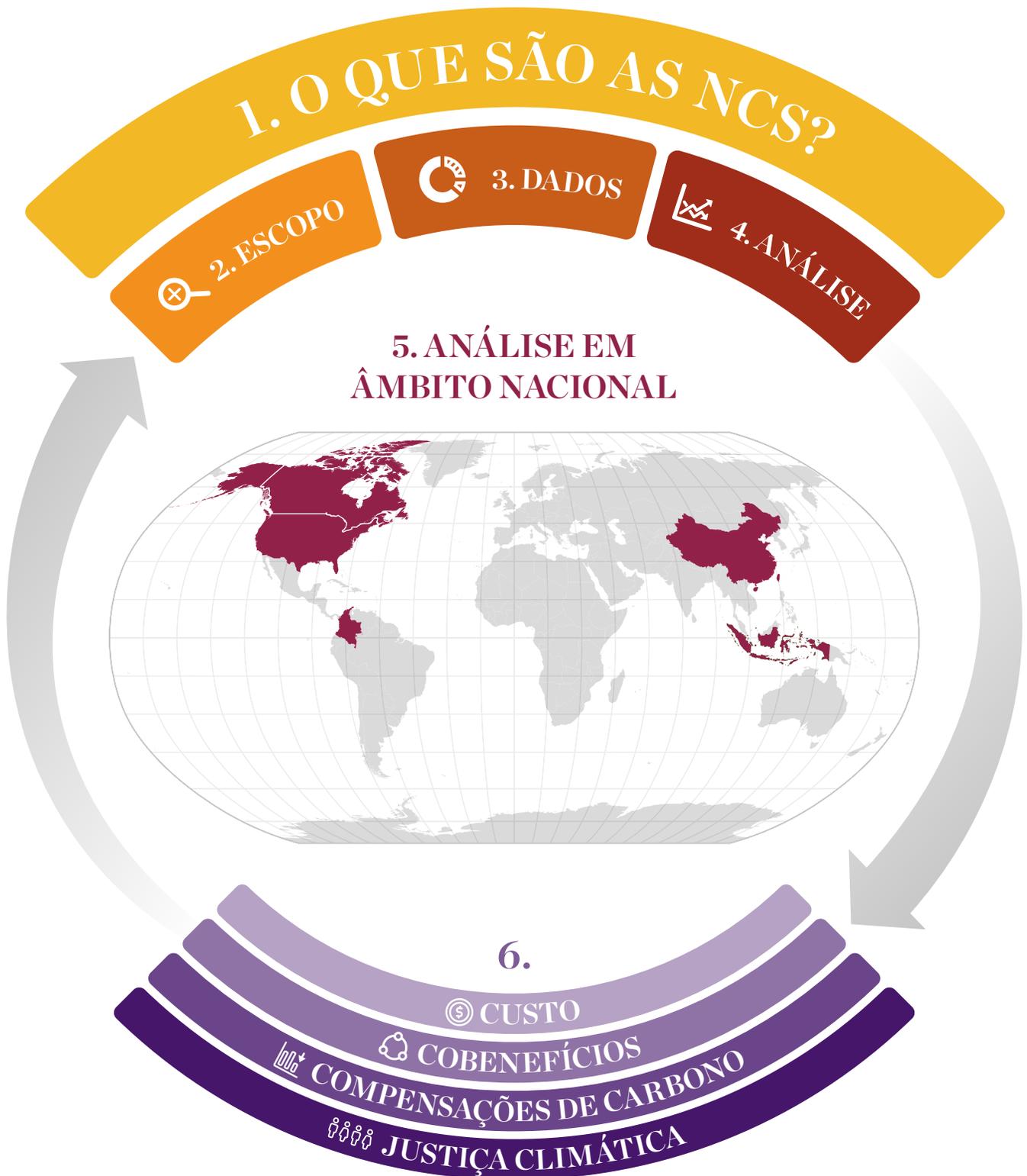


Figura 1: Índice gráfico apresentando o fluxo do processo

Siglas e unidades relacionadas às NCS

SIGLAS COMUNS

AFOLU	Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra
GEE	Gases de efeito estufa
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
LULUCF	Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas
NCS	Soluções Climáticas Naturais*
NDC	Contribuições Nacionalmente Determinadas*
REDD+	Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal*
SbN	Soluções Baseadas na Natureza*
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre a Mudança do Clima

*termos definidos no Glossário

Unidades Comuns com Abreviações e Conversões

	ha = 1 hectare	= 10.000 m ² = área de um quadrado com lados de 100 metros
	Mha = 1 milhão de hectares	
	km² = 1 quilômetro quadrado	= 100 ha = área de um quadrado com lados de 1.000 metros
	t = 1 tonelada métrica (tonelada)	Mg = 1 Megagrama (10 ⁶ g)
	= 1,102 tonelada curta (EUA)	
	= 0,984 tonelada longa (RU)	
	Mt = 1 Megaton	Tg = 1 Teragrama (10 ¹² g)
	= 1 milhão de toneladas	
	Gt = 1 Gigaton	Pg = 1 Petagrama (10 ¹⁵ g)
	= 1 bilhão de toneladas	

GASES DE EFEITO ESTUFA RELEVANTES

C e CO₂ O dióxido de carbono (CO₂) é uma molécula que consiste em um átomo de carbono - um dos elementos mais abundantes na Terra, fundamental para todas as formas de vida - e dois átomos de oxigênio. O CO₂ presente no ar é absorvido pelas plantas e armazenado pela fotossíntese em compostos orgânicos à base de carbono. Na atmosfera, está presente como um GEE abundante e de vida longa, emitido principalmente pela queima de combustíveis fósseis, assim como atividades do setor fundiário que resultam na queima ou decomposição de matéria orgânica.

CO₂e Para uma comparação mais fácil, GEEs, além do CO₂, são traduzidos para seus equivalentes de dióxido de carbono, com base em seu potencial variável de aquecimento global (veja o Glossário). Veja "Conversão de GEEs em CO₂e", na página 39, para saber mais sobre as conversões.

CH₄ Metano, um GEE potente emitido por atividades industriais, gestão de resíduos, gado e sistemas naturais, tais como pântanos.

N₂O Óxido nitroso, um GEE potente emitido principalmente por atividades industriais e práticas agrícolas como o uso de fertilizantes.

NO_x Óxidos de nitrogênio, um termo genérico que inclui GEEs indiretos à base de nitrogênio, dióxido de nitrogênio (NO₂) e óxido nítrico (NO), emitidos principalmente a partir da queima de combustíveis fósseis e biomassa.

NH₃ Amônia, emitida principalmente a partir de práticas agrícolas, tais como criação de animais e o uso de fertilizantes, é um poluente importante, porém de vida curta, que afeta os ciclos de nitrogênio.

1. O que são Soluções Climáticas Naturais?



Vista panorâmica de Kalimantan Oriental, Indonésia. © Nick Hall/TNC

O papel da natureza para alcançar as NDCs

As metas do Acordo de Paris, determinadas em 2015, buscam o compromisso da comunidade internacional para manter o aquecimento global bem abaixo de 2°C e envidar esforços para limitar o aquecimento a 1,5°C^[1].

Para alcançar essas metas, os países precisam agir imediatamente para reduzir amplamente as emis-

sões de gases de efeito estufa (GEEs) e aumentar o sequestro e armazenamento de carbono. Para que isso seja possível, a sociedade deverá se atentar para como está tratando o planeta e ajustar as decisões do uso da terra para garantir que estejam sendo aproveitadas as oportunidades de mitigação no setor de LULUCF. A tomada de ações na escala exigida para evitar uma catástrofe é algo desafiador, porém é tanto possível quanto necessária para a sobrevivência de muitas espécies e comunidades em todo o mundo.

Um estudo de 2017, feito pela The Nature Conservancy, constatou que o setor de LULUCF tem o potencial de proporcionar até um terço da mitigação custo-efetiva necessária, até 2030, para manter o aquecimento global abaixo de 2°C, enquanto oferece suporte à biodiversidade e contribui para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS)^[2]. Os autores denominaram essas estratégias de mitigação de Soluções Climáticas Naturais, ou NCS, da sigla em inglês. **As NCS protegem, geren-**

Página anterior: Uma visita às florestas de manguezais na Ilha de Lembongan, Indonésia. As florestas de mangue apoiam os postos de trabalho no setor de pesca e ajudam na segurança alimentar. © Kevin Arnold/TNC

ciam e renovam sistemas naturais e operantes de forma a evitar emissões de GEE e/ou aumentar o sequestro de carbono em florestas, áreas úmidas, pastagens e terras agrícolas^[2].

Quase 200 países que são participantes do Acordo de Paris ratificaram compromissos climáticos conhecidos como Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC). As NDC são atualizadas periodicamente e têm como objetivo elevar o nível de ambição em cada ciclo para reduzir gradualmente a lacuna entre as emissões

usuais e as reduções de emissões necessárias para a manutenção de um clima estável. As estratégias ou estratégias de NCS representam ações adicionais – ou seja, estão além das condições de linha de base – que países podem adotar para cumprir e exceder seus compromissos climáticos. **As NCS não substituem o processo de descarbonização do setor energético; pelo contrário, elas são uma forma de complementação aos esforços de descarbonização para ajudar os países a cumprirem e excederem suas metas de redução de emissões.**

1.

NCS em NDC

Metas e planos climáticos nacionais melhoraram notavelmente desde a adoção do Acordo de Paris. Quando o primeiro ciclo de NDC foi submetido em 2015, muitos países incluíram termos relacionados ao LULUCF, porém apenas 70 (cerca de um terço) países incluíram metas quantificadas^[3]. Essa lacuna indicou uma oportunidade significativa para aumentar a quantidade e qualidade de ações de NCS e metas de NDC. Até dezembro de 2020, 75 países tinham submetido NDC novas ou atualizadas^[4]. Entre esses países, 48 deles forneceram metas de mitigação quantitativas para LULUCF. Exemplos de metas quantitativas para LULUCF incluem:

- Nível de emissões de GEEs e remoções absolutas para 2030.
- Redução relativa da porcentagem de emissão de GEEs a partir dos níveis usuais (BAU – *business as usual*) para 2030.
- Porcentagem da área total do território do país coberta por florestas para 2030.

Embora a representação de NCS em NDC esteja aumentando, poucos países possuem planos implementados para aproveitar o potencial econômico integral de NCS para entregarem suas NDC. A maioria dos países, todavia, não conseguirá alcançar suas metas climáticas sem ações específicas no setor de LULUCF.

Ademais, futuras NDC precisarão ser muito mais ambiciosas. O Relatório de Síntese da UNFCCC^[4] apresenta um nível de redução de emissões projetadas de apenas 1% em comparação aos níveis de 2010. O IPCC, em contraste, indica que a redução de emissão em cerca de 45% é necessária para se alcançar a meta de 1,5°C^[5]. Enquanto isso, em julho de 2021, 131 países que respondem por 73% das emissões globais de GEE já adotaram ou estão considerando metas líquidas zero^[6]. Embora as metas continuem a melhorar, o aquecimento, sob as políticas atuais, ainda está projetado para exceder com folga o patamar de 1,5°C.

Agora é a hora de agir! O potencial para NCS serem bem-sucedidas pode ser reduzido após 2030 e ainda mais drasticamente após 2050^[2]. São dois os motivos para tanto: efeitos de retroalimentação (*feedback*) das mudanças climáticas, gradualmente, reduzirão a resiliência dos ecossistemas, em muitos casos diminuindo suas capacidades de sequestrar e armazenar carbono. Enquanto isso, o impacto relativo das NCS deve reduzir-se caso as emissões BAU de hoje continuem a aumentar (veja a Figura 2).

A comunidade global tem estabelecido metas de mitigação para as mudanças climáticas há décadas – é chegada a hora de começar a alcançá-las. Este manual oferece instruções, passo a passo, àqueles que buscam avaliar o potencial da natureza para mitigar as mudanças climáticas em seus países ou outra jurisdição.

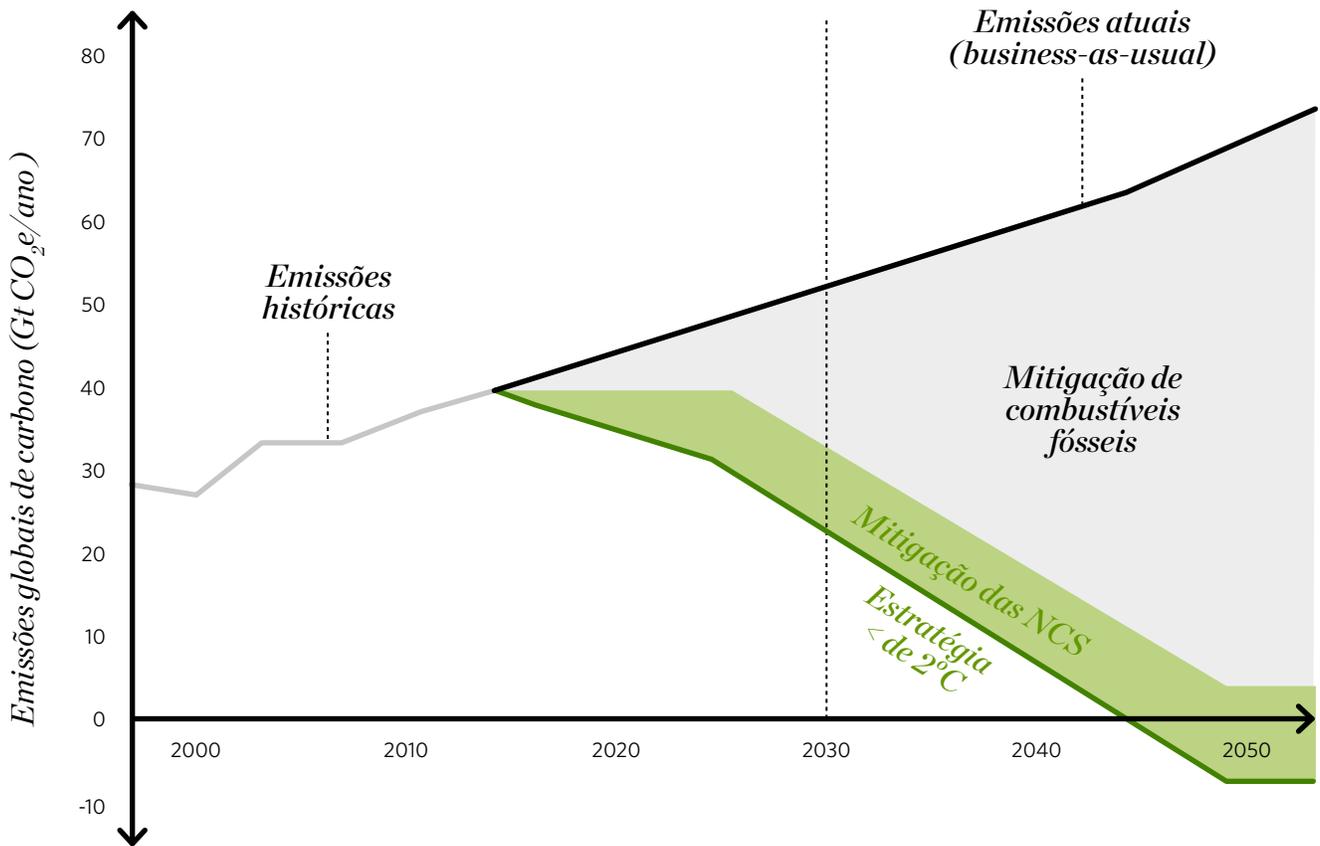


Figura 2: Contribuição das soluções naturais às mudanças climáticas para estabilizar o aquecimento abaixo de 2°C^[2]

Sobre este manual

Uma avaliação de NCS ajudará a identificar quais ações de manejo de terras têm o maior potencial de mitigação em qualquer escala e em qualquer paisagem. A The Nature Conservancy e seus parceiros têm conduzido uma variedade de avaliações de NCS em todo o mundo nos últimos 5 anos. E, nesse sentido, este guia foi desenvolvido para compartilhar lições aprendidas por cientistas e praticantes de conservação que realizaram essas análises. Este manual aprofundou-se na literatura científica, assim como nas experiências coletivas, para reunir o maior número possível de melhores práticas, de forma a oferecer suporte a um variado público, seja este composto por técnicos ou tomadores de decisão, dessa forma visando à definição de escopo e realização de uma avaliação de NCS.

Neste guia, **esboçam-se parâmetros básicos para se iniciar uma avaliação de NCS, sinalizar os principais pontos de decisão e explicar os fatores a serem considerados durante a tomada de decisões** para as situações únicas que partes interessadas venham a encontrar. Este guia está estruturado para corresponder à ordem de etapas que geralmente é seguida para a condução de uma avaliação de NCS – desde identificar o propósito e público, passando por priorizar e definir estratégias localmente relevantes, identificar a extensão de oportunidade e fluxos relevantes de GEE para cada estratégia, estimar potencial de mitigação e custos – levando em consideração que muitas dessas etapas são iterativas, exigindo um refinamento após a conclusão da última etapa. Aqui são compartilhadas diretrizes

e melhores práticas para navegar entre estas complexidades e avaliar com precisão o potencial de mitigação de clima baseada na natureza de cada país ou jurisdição. Não importa se você está começando do zero ou já está adiantado em seus trabalhos, este manual foi desenvolvido para que você possa acessar qualquer uma de suas seções e começar como seu ponto de partida. O objetivo é fornecer, a cada leitor, as ferramentas necessárias para poder tomar as decisões mais apropriadas para seus casos.

Neste guia, também, são compartilhados breves **estudos de caso** do Canadá, da China, da Colômbia, da Indonésia e dos Estados Unidos (EUA) para demonstrar como as equipes têm adaptado a estrutura global de NCS às suas necessidades, incluindo os aprendizados obtidos no processo. Os **apêndices** fornecem uma variedade de recursos adicionais e permitem o aprofundamento em alguns dos fatores necessários para realizar oportunidades de NCS. Neste manual, é exposta uma reflexão sobre como considerar impactos sobre pessoas e biodiversidade e como garantir que ações de NCS venham a beneficiar, em lugar de prejudicar, as comunidades locais.

Este manual é um complemento ao [Guia para Incluir a Natureza nas Contribuições Nacionalmente Determinadas](#), que fornece um sumário conciso dos recursos técnicos disponíveis para os países, conforme estes considerem como podem incorporar NCS em suas NDC, e está disponível em inglês, espanhol, francês e português.

A intenção é que este manual seja simples de usar e indique uma estratégia fácil para avaliar as oportunidades de NCS em qualquer escala.

O ano de 2030 está aproximando-se a passos largos, e todos as estratégias viáveis para abordar as mudanças climáticas incluem as NCS. É hora de passar das palavras aos números e focar nas ações. É algo essencial e possível. Vamos passar à ação.

Princípios de NCS

Contabilidade de GEE. Em sua essência, o conceito de NCS é uma estrutura de contabilidade que é cuidadosamente estruturada para avaliar, de forma compreensiva, o potencial de mitigação baseada na natureza, ao mesmo tempo que evita a contagem dupla.

Não causar danos. Esta estrutura adota uma abordagem de “não causar danos”, com ênfase especial em salvaguardas para proteger a biodiversidade e manter a produção de alimentos e fibras para as pessoas. NCS incluem apenas atividades com efeitos neutros ou positivos sobre a biodiversidade e estão em consonância com o princípio da “natureza positiva” respaldado por muitos líderes do setor público, do setor privado e da sociedade civil^[7].

Economicamente viável. Precificação de carbono, custos de implementação, custos de mitigação alternativa ou opções de adaptação e outros fatores afetarão a escala do potencial de mitigação disponível de NCS. Algumas estratégias são relativamente caras

em sua implementação, enquanto a implementação de outras pode resultar em redução de custos. Em muitos casos, as NCS oferecem possibilidades de mitigação de mudanças climáticas que são economicamente viáveis (veja “Caracterização dos custos,” na página 44, e Apêndice: Estimativas de custo).

Cobenefícios. Além disso, atividades de NCS, frequentemente, oferecem cobenefícios valiosos que podem motivar sua implementação, tais como a melhoria da qualidade do ar, melhoria da regulação e qualidade da água, enriquecimento do solo, suporte à conservação da biodiversidade e melhoria da resiliência do ecossistema e habilidade de adaptar-se a futuras mudanças climáticas (veja Apêndice: Cobenefícios).

NCS não substituem reduções em emissões de combustíveis fósseis. Entretanto, em alguns casos, elas podem ser usadas para “compensar” emissões inevitáveis (veja Apêndice: Compensações de carbono).

Justiça climática. Com o fim de não causar dano, cuidados especiais sempre deverão ser tomados para compreender o contexto e as consequências da implementação de NCS em diferentes grupos. Planejadores de projetos deverão considerar cuidadosamente quem se beneficiará de atividades de proteção, manejo ou restauração, assim como quem estará presente nas discussões de decisão durante todo o processo. Idealmente, as NCS podem ajudar a começar a corrigir injustiças ambientais históricas e reduzir desigualdades. Porém, caso não estejam devidamente estruturadas, elas podem agravar ainda mais as divergências de equidade já existentes. (veja Apêndice: Justiça climática).

Soluções Climáticas Naturais ou Soluções Baseadas na Natureza?

Soluções climáticas naturais são um subconjunto das Soluções Baseadas na Natureza (SbN). As SbNs abordam desafios da sociedade e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ao mesmo tempo que fornecem benefícios de bem-estar às pessoas e benefícios à biodiversidade. Elas incluem

muitos serviços prestados pela natureza (ex.: mitigação de mudanças climáticas, resiliência e adaptação de ecossistemas, infraestrutura verde e serviços ecossistêmicos)^{[8][9]}. O termo NCS é usado neste manual para referir-se à estrutura específica de contabilidade de GEE para mitigação climática baseada na natureza. Para os países que já trabalham de forma mais ampla em SbN, a adoção de comunicações que usem o termo SbN pode preparar o caminho para a compreensão e aceitação de NCS como ações climáticas essenciais.



Nascer do sol no pântano de água salgada em Conservancy's Lubberland Creek Preserve, em Newmarket, New Hampshire, Estados Unidos. © Jerry e Marcy Monkman/EcoPhotography

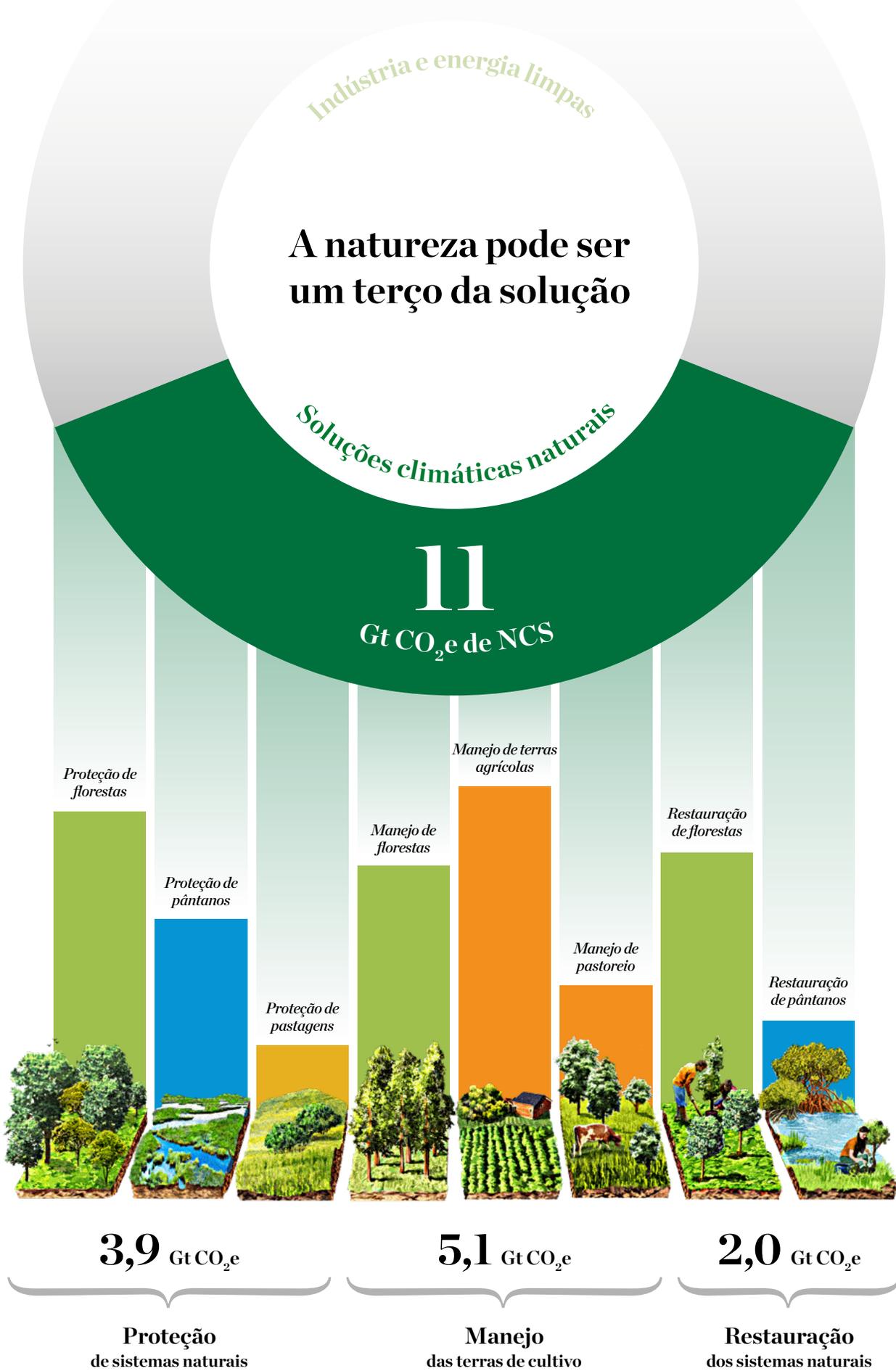


Figura 3: Os níveis econômicos da implementação das NCS podem proporcionar um terço da solução para atingir as metas do Acordo de Paris



Uma visita aos manguezais na ilha de Lembongan, Indonésia. Os manguezais apoiam os postos de trabalho no setor da pesca e ajudam na segurança alimentar e podem fortalecer a resiliência das comunidades costeiras às tempestades e à elevação do nível do mar. © Kevin Arnold/TNC

Estratégias de NCS

Soluções climáticas naturais se dividem em três categorias principais: **proteção** de sistemas naturais, melhoria das práticas de **manejo** do solo e **restauração** da cobertura de vegetação nativa.

Essas categorias, por sua vez, podem ser divididas em “estratégias” que aumentam o sequestro e armazenamento de carbono e/ou evitam emissões de GEE em **florestas, zonas úmidas, pastagens e terras agrícolas**. *Veja também a Tabela S2 de Griscom et al. (2017), Supplemental Methods de Fargione et al. (2018) e Quadro 1 de Drever et al. (2021) para obter definições detalhadas.*

ESTRATÉGIAS DE FLORESTAS

1.

Florestas podem incluir qualquer área dominada por árvores, inclusive, florestas tropicais, florestas secas, florestas boreais, bosques e plantações de árvores. Tanto os fluxos de CO₂ de solo biomassa como reservatórios de carbono são considerados^[10]. Veja “Quando uma floresta é uma floresta?” na página 36.

Conversão florestal evitada. Emissões evitadas ao impedir a conversão humana de florestas em terras de usos não florestais, tais como terras agrícolas, urbanas ou industriais (vale notar que alterações temporárias em camadas de vegetação em vista da colheita devem ser consideradas na estratégia de *manejo de florestas naturais*).

Silvicultura inteligente para o clima. Emissões evitadas e/ou níveis maiores de sequestro em florestas comerciais. Potenciais atividades de manejo podem incluir práticas de exploração madeireira de impacto reduzido, colheita adiada (uma redução intencional na intensidade de colheita em florestas, incluindo a interrupção de exploração madeireira em algumas parcelas), regeneração florestal melhorada em talhões pós-colheita e outras ações.

Manejo de plantações florestais. Níveis maiores de sequestro em talhões florestais mediante estratégias como a extensão do período de rotação (tempo entre ciclos de colheita) em plantações de manejo intensivo e de idade similar. Algumas avaliações de NCS também têm considerado o carbono armazenado em produtos de madeira.

Manejo de incêndios florestais. Emissões evitadas em florestas e savanas propensas a incêndios, por meio de práticas de manejo como queima controlada para reduzir o risco de incêndios espontâneos ou para mudar os períodos de queimadas a fim de reduzir emissões de GEE. Em florestas mais úmidas, nas quais incêndios são menos frequentes, é possível implementar práticas para seu controle ao longo das bordas das florestas para evitar aqueles causados por humanos.

Colheita de lenha evitada. Emissões evitadas graças à redução de colheita de madeira usada como lenha em fogões, fornos e para aquecimento, principalmente pelo uso de fogões mais eficientes.

Cobertura de dossel urbano. Níveis maiores de sequestro pelo aumento do dossel de árvores em áreas urbanas, pela manutenção do armazenamento de carbono ao evitar que árvores sejam perdidas e pela substituição de árvores mortas.

Reflorestamento. Níveis maiores de sequestro pela restauração da cobertura florestal, ou seja, a transição de usos de terras não florestais para terras florestais em locais onde florestas existiram historicamente.

ESTRATÉGIAS DE ZONAS ÚMIDAS

Zonas úmidas incluem sistemas de água doce, como turfeiras e brejos e pântanos, assim como sistemas marinhos ou de “carbono azul”, como manguezais e restingas. Fluxos de GEE do solo e da biomassa (incluindo CO₂, CH₄ e N₂O) e reservatórios de carbono são considerados^[11]; para evitar a contagem dupla, geralmente, dá-se a categorização de manguezais, turfeiras florestadas e outros pântanos florestados como estratégias de zonas úmidas.

Impactos evitados de zonas úmidas costeiras. Emissões evitadas ao impedir a degradação e/ou perda de zonas úmidas de água salgada (incluindo manguezais, pântanos salgados e leitos de algas marinhas) causada pela drenagem, dragagem, eutrofização e outras interferências antropogênicas.

Impactos evitados de zonas úmidas de água doce. Emissões evitadas ao impedir a degradação e/ou perda de zonas úmidas de água doce (principalmente turfeiras) causada por incêndios, drenagem, dragagem, eutrofização devido a fertilizantes ou outras interferências antropogênicas.

Restauração de zonas úmidas costeiras. Emissões evitadas pela restauração de zonas úmidas de água salgada degradadas (incluindo manguezais, pântanos salgados e leitos de algas marinhas) a partir de atividades como o alagamento de áreas que foram drenadas ou o aumento de salinidade com o restabelecimento da conectividade hidrológica, assim como um aumento dos níveis de sequestro mediante a restauração da vegetação.

Restauração de zonas úmidas de água doce. Emissões evitadas de solos hídricos degradados pela restauração da função hidrológica de zonas úmidas de água doce (principalmente turfeiras)^[12] drenadas ou convertidas e aumento dos níveis de sequestro pela restauração da vegetação.

ESTRATÉGIAS DE ZONAS CAMPESTRES

Zonas campestres incluem pradarias, estepes, terras de vegetação rasteira, tundras, savanas e outros habitats naturais com pouca ou nenhuma cobertura de árvores. Fluxos de CO₂ são considerados e o solo é o principal reservatório de carbono.

Conversão evitada de zonas campestres. Emissões evitadas ao impedir a conversão de zonas campestres ou terras de vegetação rasteira nativas ou manejadas em terras de cultivo.

Restauração de zonas campestres. Aumento de sequestro por meio da restauração de terras de cultivo, principalmente em áreas com limitações de produção agrícola, de campos ou terras de vegetação rasteira em locais onde estes sistemas ocorriam historicamente.



Bluebell Ranch em Dakota do Sul está localizado na paisagem da Prairie Coteau, que é uma das maiores pradarias remanescentes nos Estados Unidos. © Richard Hamilton/TNC

ESTRATÉGIAS AGRÍCOLAS

As terras agrícolas incluem quaisquer terras de manejo extensivo para culturas ou gado, incluindo campos agrícolas, pastos e outras áreas de pastagem. Fluxos de GEE incluem CO₂, CH₄ e N₂O. O solo é o principal reservatório de carbono.

Árvores em terras agrícolas. Aumento de armazenamento de carbono a partir da adição ou proteção de árvores em terras de cultivo ou pasto. Isso pode incluir o sistema silvipastoril (árvores em pastagem), consorciação de árvores/cultura em faixas (árvores em fileiras com culturas anuais intercaladas), *buffers* ripários, cinturões verdes/quebra-ventos, e/ou regeneração natural manejada por produtores rurais (mudanças de manejo para permitir que árvores cresçam novamente em algumas áreas).

Manejo de arroz. Emissões evitadas com práticas melhoradas no cultivo de arroz, cultivo de arroz irrigado por inundação, incluindo drenagem no meio da temporada, alternância de ciclos secos e úmidos e/ou remoção de resíduos.

Manejo de nutrientes. Emissões evitadas na fabricação de fertilizantes devido à redução da aplicação excessiva de fertilizantes de nitrogênio, com a adoção de melhores práticas “4C” (“4R” em inglês) (fonte correta, taxa correta, momento correto e local correto)^[13].

Biochar (carvão vegetal para correção do solo). Níveis maiores de sequestro em solos agrícolas pela conversão de resíduos da cultura em carvão e aplicação deste carvão como correção do solo em campos agrícolas. Esta estratégia não inclui resíduos florestais para evitar possíveis incentivos indevidos que possam reduzir inadvertidamente o carbono armazenado nas florestas.

Culturas de cobertura. Níveis maiores de sequestro em solos agrícolas com safras adicionais quando a cultura principal não é cultivada. Quando culturas leguminosas são usadas, a queda nas emissões da fabricação de fertilizantes resultante da redução do uso de fertilizante inorgânico também está inclusa.

Aragem reduzida. Níveis maiores de sequestro em terras agrícolas pela adoção de práticas de aragem reduzida ou práticas de plantio direto em terras de cultivo.

Culturas leguminosas. Emissões evitadas pelo uso reduzido de fertilizantes de nitrogênio com alternância de cultivo de grãos e leguminosas.

Leguminosas em pastos. Níveis maiores de sequestro em solos como resultado do plantio de leguminosas em pastos plantados, restritos a áreas onde isso resultaria em um sequestro líquido. Esta prática também inclui, onde for relevante, emissões evitadas da aplicação de fertilizantes em pastos.

Otimização de pastoreio. Níveis maiores de sequestro no solo a partir do aumento do pastoreio em locais que estão com poucos animais; e reduzindo o pastoreio em locais com muitos animais.

Manejo de ração e animais em pastoreio. Emissões evitadas pela redução de fermentação entérica em intestinos de animais ruminantes, por meio de 1) técnicas de cruzamento e saúde animal, ou 2) uso de rações mais densas em termos de energia, tais como grãos de cereais e pastagens melhoradas.

Manejo de esterco. Emissões evitadas mediante o melhor manejo de esterco, principalmente em instalações de manuseio de produtos laticínios e operações de suínos.



Campos de milho nos arredores de Arapahoe, Carolina do Norte, Estados Unidos, ao entardecer. © Will Conkwright/TNC

2. Definição do escopo



Ao iniciar sua avaliação de como as NCS podem mitigar mudanças climáticas em seu país ou sua jurisdição, você deverá considerar o escopo em primeiro lugar. Esta seção fornece sugestões de como determinar o público, a escala e o conteúdo da sua avaliação. A definição e o refinamento do escopo devem levar seus esforços mais longe do que você imagina, portanto, certifique-se de garantir tempo adequado para esta etapa!

2.

Identificação de propósito e público

A primeira etapa para qualquer análise potencial da mitigação de NCS é identificar o propósito central, tal como a definição de nova meta nacional de mitigação ou definição de estratégias de implementação para alcançar uma meta existente. Você também deverá identificar o público-alvo de sua avaliação, incluindo as pessoas que possam influenciar como serão as ações provenientes de suas constatações.

Algumas boas perguntas a serem consideradas incluem:

- *As NDCs de seu país, ou outro objetivo de mitigação de mudanças climáticas em âmbito nacional ou regional, incluem terras naturais e terras agrícolas e pastos? Caso a resposta seja afirmativa, o objetivo possui uma meta numérica e um nível suficiente de detalhes para possibilitar as ações?*
- *Há estruturas existentes para avaliação do potencial de NCS em seu país, tais como relatórios de inventário nacional?*

- *Qual, caso existente, ministério ou agência governamental está encarregado da determinação de políticas climáticas e regulação de ações climáticas?*
- *Quais ministérios e agências influenciam a gestão da agricultura e recursos naturais?*
- *Há organizações da sociedade civil ou financiadores corporativos ou da sociedade civil que defenderão certas políticas?*

As respostas a essas perguntas ajudarão a identificar o propósito e o público, bem como influenciarão o escopo e as prioridades para estruturação da sua avaliação.

Determinação da escala

Uma vez que o propósito principal e o público-alvo estão identificados, você pode começar a decidir a profundidade (por exemplo, usando dados globais, nacionais ou locais) e extensão (por exemplo, tipo e número de estratégias) que a avaliação deve adotar. É possível ter algumas iterações de tomada de decisão conforme cada uma dessas dimensões é refinada durante as etapas seguintes da Parte 2.

QUAL PROFUNDIDADE?

Em alguns casos, uma análise rápida usando recursos de escala global, tal como o Atlas Mundial de NCS, será suficiente para suas necessidades. Embora sejam um tanto quanto genéricos em termos de resolução, **dados globais podem ser úteis para obter um senso geral da oportunidade** em determinado local, ou para comparar oportunidades mundiais.

Em outros casos, seu propósito e público-alvo poderão necessitar de uma avaliação mais refinada (ex.: em âmbito nacional ou regional) que envolva mais partes interessadas no processo. Por exemplo, seu público aceitará as conclusões caso não tenha sido envolvido na avaliação? O alcance de seu objetivo exigirá o envolvimento de determinadas pessoas ou instituições no início do processo? Em alguns casos, dados globais poderão ser suficientes a partir de

Atlas Mundial de NCS: uma ferramenta para avaliação rápida

Caso estimativas rápidas sejam necessárias para uma avaliação simples de oportunidades em um país, ou para comparação entre países, visite o [Atlas Mundial de NCS^{\[14\]}](#). Este atlas possui relatórios por país para *download* e é atualizado regularmente com estimativas de potencial das NCS baseadas na melhor e mais recente ciência global disponível. Esses números são uma ótima ferramenta para iniciar uma conversa com formuladores de políticas públicas, corporações ou organizações multilaterais que estão interessados em aprender mais sobre o potencial de NCS.

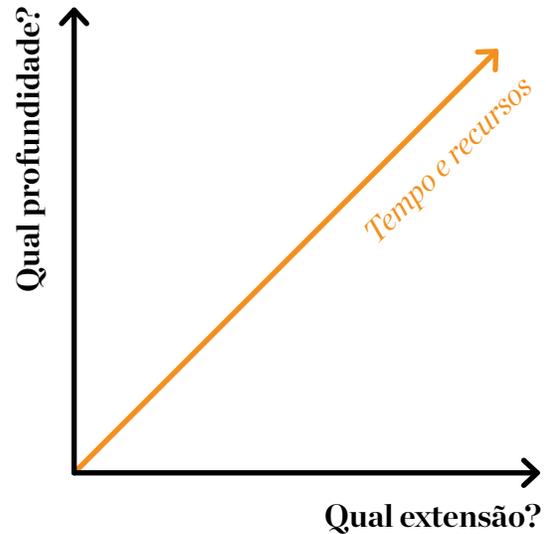


Figura 4: Equilibrar a profundidade e extensão das avaliações para uso eficiente de tempo e recursos

uma perspectiva científica, mas não serão adequados para alcançar seus objetivos.

Para a maioria dos casos de **planejamento da implementação e tomada de decisões, as avaliações precisarão ser feitas em uma esfera regional.**

Quando disponíveis, dados de resolução mais refinados permitirão estimativas mais precisas de onde as oportunidades de NCS estão e quanta mitigação oferecem. Avaliações de escala mais refinada também permitem definições localmente apropriadas e a oportunidade de construir variáveis adicionais de interesse local. Por exemplo, caso um país possua uma política específica relacionada a árvores à beira de estradas (ex.: Missão de Estradas Verdes da Índia), você poderá incluir uma análise de mapas rodoviários nacionais para refinar suas estimativas de oportunidade de NCS.

QUAL EXTENSÃO?

Uma vez que já decidiu a profundidade da sua avaliação, a próxima etapa é determinar se você investigará todas as estratégias de NCS relevantes ou apenas um subconjunto.



Área de pesquisa de turfeiras no Parque Nacional de Tanjung Puting, Central Kalimantan, Indonésia. © Nanang Sujana/CIFOR

2.

A avaliação de cada estratégia exige tempo e recursos, portanto, pode ser vantajoso restringir seu foco: por experiência, acredita-se que a condução de uma avaliação completa de todas as estratégias e publicação de um relatório de acompanhamento leva pelo menos 18 meses e exige a participação de uma grande equipe de pesquisadores. Em geral, a melhor prática é adotar níveis de profundidade e extensão conforme necessário para realizar seu propósito. Por exemplo, você poderá já saber quais estratégias são prioridades de políticas ou possuem o maior potencial de mitigação. Conduzir uma análise rápida de mitigação de algumas estratégias que usam dados prontamente disponíveis também poderá proporcionar mais tempo e recursos para a condução subsequente de análises econômicas, sociais e de políticas que ofereçam informações para a implementação.

Por sua vez, quando os recursos assim permitirem, uma avaliação completa de NCS pode compensar seu investimento substancial e gerar resultados surpreendentes. Por exemplo, no Canadá, antes da condução de uma avaliação completa, foi previsto que o setor florestal geraria o maior potencial de mitigação. Entretanto descobriu-se que, até 2030, a *conversão evitada de zonas*

campestres representava a maior oportunidade de mitigação entre as estratégias; e que o setor agrícola, em geral, apresentava mais oportunidades do que o setor florestal^[15]. Isso se deve à lenta taxa de crescimento de árvores, e o efeito do aquecimento da cobertura de árvores no Canadá (ex.: albedo, veja o *Glossário*), o que significa que o setor florestal precisará de mais tempo para alcançar seu potencial de mitigação. Sem uma avaliação completa de NCS para o Canadá, não se teria descoberto esse resultado inesperado. Uma avaliação completa também pode ajudar a formar uma comunidade de práticas de NCS baseadas em ciência, estimulando especialistas de diferentes campos que poderiam não ter a chance de convergir em outras circunstâncias. Além de construir uma rede de relacionamentos entre partes interessadas, essa comunidade de prática pode propiciar um ambiente de confiança para a exploração de trocas entre setores.

É possível que não esteja claro, no início do processo, como deve ser o foco de sua avaliação. Pode ser útil iniciar de forma mais abrangente com sua pesquisa de escopo e passar a reduzir as possibilidades para estratégias específicas, conforme a análise avance e mais informações se tornem disponíveis.

Priorização de estratégias

Caso você escolha focalizar sua avaliação em um subconjunto de estratégias, mas ainda esteja incerto sobre quais estratégias provavelmente terão a maior prioridade para seu público-alvo, há uma série de fatores a serem considerados:

POTENCIAL DE MITIGAÇÃO

É importante identificar quais estratégias provavelmente terão o maior potencial de mitigação em sua localidade. Observe que poderá não ser muito viável alcançar o máximo potencial de mitigação biofísica, portanto, será útil considerar como o potencial de mitigação pode variar em preços de carbono de USD 10, USD 50 ou USD 100 por tonelada métrica de CO₂e (veja “Caracterização dos custos”). Por exemplo, em uma escala global, o *reflorestamento* tem, de longe, o mais alto potencial de mitigação biofísica máxima, caso os custos não sejam considerados, porém com preços de carbono de até USD 100 por tonelada métrica, seu potencial é equivalente ao potencial da *conversão florestal evitada*. Compreender como o potencial de diferentes estratégias varia em termos de custo pode influenciar a ênfase relativa que é atribuída a cada um – embora esse potencial não esteja claro até que os custos sejam considerados, em um estágio mais avançado do processo.

RELEVÂNCIA LOCAL

Compreender o contexto local é um ponto-chave para a seleção ou inclusão de estratégias apropriadas. Por exemplo, o *manejo de arroz* pode ter um potencial alto ou inexistente, dependendo de quanto arroz um país produz. Políticas nacionais também

podem ter um papel neste ponto. Por exemplo, dados globais mostram um alto potencial de mitigação para *conversão florestal evitada* na China; entretanto, a conversão florestal permanente deve ser baixa devido à política de Linha Vermelha de Conservação Ecológica, que busca proteger mais de um quarto do território continental da China.

COBENEFÍCIOS

Enquanto as avaliações das NCS estão centradas em mitigação de mudanças climáticas, as atividades consideradas, frequentemente, podem ter outros benefícios (veja *Apêndice: Cobenefícios*). Você pode querer priorizar estratégias que oferecem cobenefícios que são de interesse do seu público-alvo e de outras partes interessadas.

IMPACTOS NA COMUNIDADE

Algumas estratégias podem ter uma probabilidade maior do que outras de ajudar ou prejudicar comunidades locais. Por exemplo, algumas estratégias podem gerar benefícios econômicos como redução de custos para produtores rurais que implementem práticas de manejo de fertilizantes ou oportunidades de pesca sustentável a partir da restauração de manguezais. Você pode querer priorizar estratégias baseando-se em potenciais benefícios para as comunidades locais. Esteja ciente de que a obtenção e distribuição equitativa de benefícios precisa contar com uma construção cuidadosa da análise e subsequente implementação.

DISPONIBILIDADE DE INFORMAÇÕES

É possível que existam estratégias que têm um alto potencial de mitigação, mas faltam informações suficientes para prosseguir. Neste ponto, você terá de considerar se é melhor prosseguir com outras estratégias para as quais os dados estão disponíveis

Proteção

3,9
Gt CO₂e

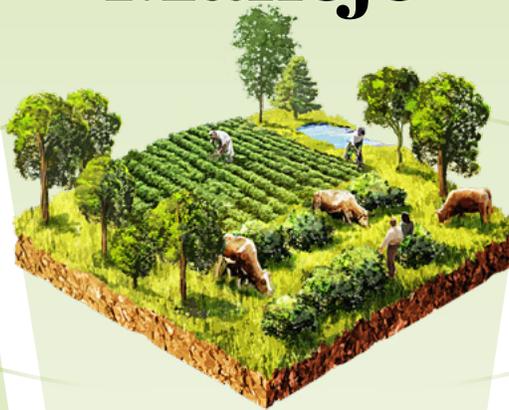


A proteção dos sistemas naturais é a forma mais eficiente de mitigação das NCS. Se não protegermos as paisagens intactas, os danos superarão o trabalho de manejo e restauração.

Do mais ao menos preferido

Manejo

5,1
Gt CO₂e



Melhores práticas de silvicultura, agricultura e pastoreio podem reduzir significativamente as emissões sem alterar o uso da terra.

Restauração

2,0
Gt CO₂e



A restauração de florestas, pântanos e pastagens pode ser lenta e custosa, mas também pode proporcionar benefícios vitais.

Figura 5: A hierarquia de mitigação aplicada às NCS enfatiza a proteção dos sistemas intactos

ou se esta é uma importante lacuna de dados que poderá ser resolvida com uma pesquisa primária adicional – e se o preenchimento desta lacuna de dados está no escopo de seu estudo.

HIERARQUIA DE MITIGAÇÃO

É importante reduzir os danos quando possível antes de dar passos para neutralizar qualquer dano inevitável remanescente. Quando aplicado às NCS, este conceito significa considerar sequencialmente opções para: 1) reduzir drasticamente emissões de GEE de setores energéticos, industriais e de transporte, 2) proteger terras naturais intactas, 3) melhorar o manejo de terras agrícolas e pastos e 4) restaurar terras naturais convertidas ou degradadas. Essas ações podem e devem ser implementadas de forma simultânea; a hierarquia de mitigação simplesmente dá ênfase à redução de danos. Também pode ser útil otimizar investimentos para garantir que os mais altos níveis de mitigação sejam alcançados com o tempo e os recursos investidos. Por exemplo, caso seu país esteja passando por altas taxas de conversão florestal, a restauração florestal poderá não ser a melhor área de foco, caso ações não estejam sendo tomadas para reduzir amplamente a perda florestal, visto que a conversão iria debilitar os esforços de restauração.

SETOR

É possível simplificar considerações analíticas e de políticas ao se observar um único setor de forma abrangente, tal como a silvicultura ou a agricultura, ou em pontos de compensação entre dois setores, tais como o impacto da expansão da agricultura em conversão de pastagens. Contudo, seja cauteloso de forma a reconhecer quaisquer interações com setores que você decidir não incluir diretamente na análise.

RELEVÂNCIA SOCIAL OU DE POLÍTICAS

Algumas estratégias poderão ser mais ou menos viáveis em um país, dependendo de fatores sociais ou culturais e estruturas de políticas públicas existentes. Por exemplo, a implementação de *árvores em terras agrícolas* na Colômbia se alinha às tradições sociais e culturais locais. Pode fazer mais sentido escolher estratégias que serão mais fáceis de serem implementadas ou que já são de interesse para os tomadores de decisão. Por sua vez, poderá ser possível defender uma estratégia que apresente um alto potencial de mitigação, mas é vista como menos viável em termos políticos, ou que foi simplesmente ignorada, como o carbono no solo em sistemas de manguezais na Indonésia, ao incluir esta estratégia em sua avaliação.

CAPACIDADE DA EQUIPE

Embora os parceiros sejam críticos para qualquer avaliação de NCS, poderá ser mais eficiente usar a *expertise* interna para realizar as partes da análise que exijam mais tempo e para gerenciar o projeto, portanto, poderá ser útil centrar-se em tópicos nos quais sua equipe já possui experiência. Caso você decida recrutar ou contratar *expertise* externa, pode ser vantajoso buscar pesquisadores que sejam altamente influentes em determinado campo. É essencial incluir pesquisadores locais familiarizados com as atividades consideradas e seus potenciais impactos sociais e ecológicos. Envolver pesquisadores que estão no início de suas carreiras, como estudantes e pesquisadores em pós-doutorado, pode ajudar na construção da capacidade necessária, além de os apoiar em suas próprias pesquisas e objetivos de carreira.

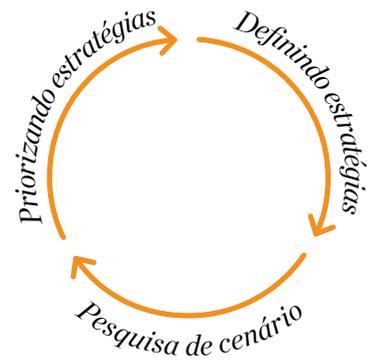


Diego Lizcano Fotografia Paisagem do rio Caguán na Amazônia colombiana. © Diego Lizcano/TNC

Definição de estratégias

Idealmente, você selecionará estratégias de NCS presentes na lista na Parte I (veja páginas 15-19). A coerência de definições das NCS em diferentes estudos pode ajudar a avançar nas NCS como um movimento global e facilitar a transparência e contabilidade em diferentes países. No entanto, em alguns casos, poderá ser necessário adicionar ou ajustar uma estratégia para melhor atender ao contexto local. Caso você adicione ou modifique uma estratégia, certifique-se de que suas mudanças estejam definidas com clareza e atendam aos seguintes critérios.

Figura 6: A escolha do escopo adequado de uma avaliação NCS é um processo iterativo



Uma estratégia de NCS deve:

- *Ser mensurável.*
- *Rastrear oportunidades adicionais de mitigação para além de uma linha de base.*
- *Evitar a dupla contagem com outras estratégias (veja “Como determinar a extensão de estratégias das NCS”, página 35).*
- *Manter a produção de alimentos e fibras.*
- *Evitar consequências negativas para a biodiversidade e pessoas.*

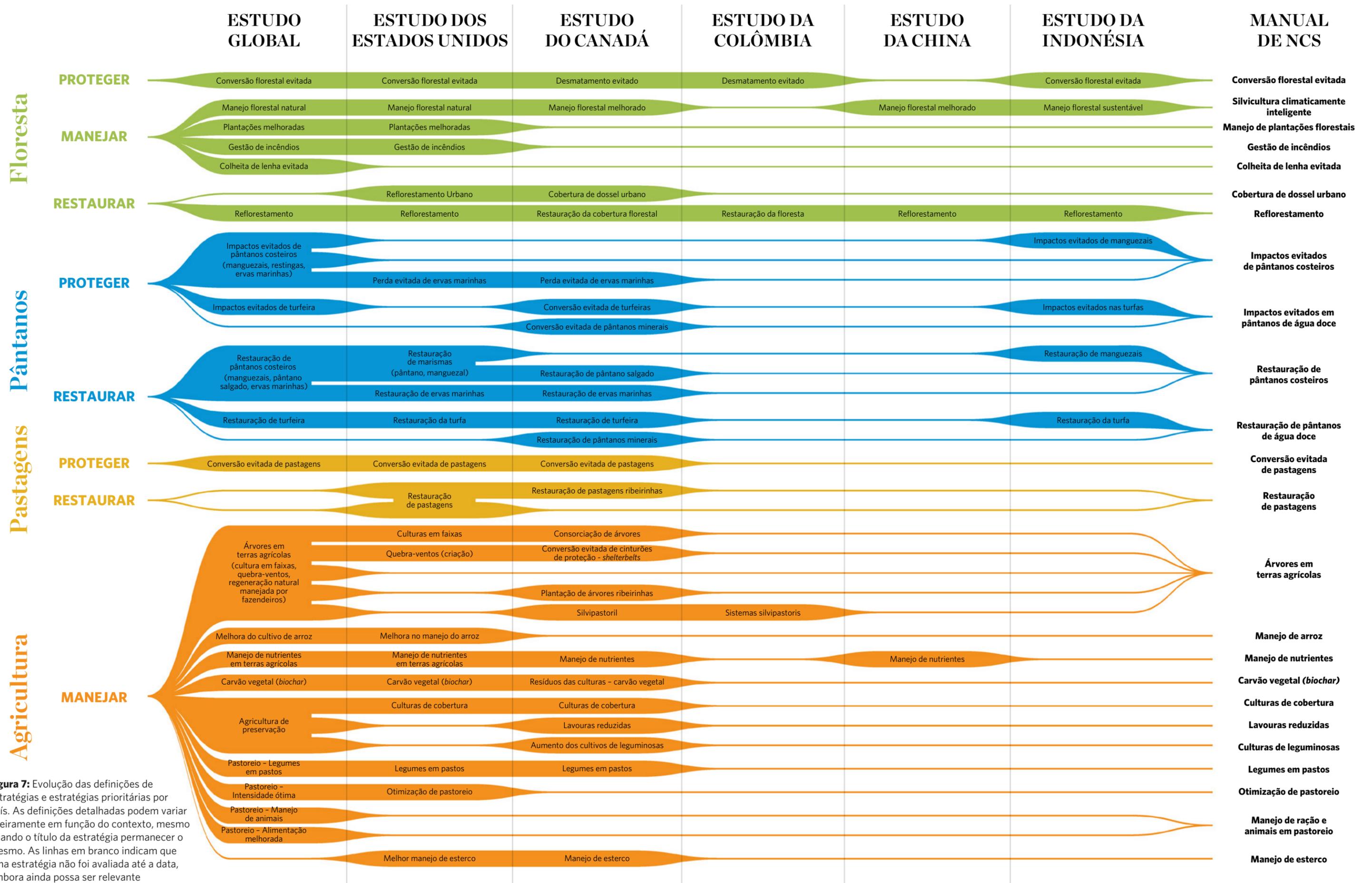


Figura 7: Evolução das definições de estratégias e estratégias prioritárias por país. As definições detalhadas podem variar ligeiramente em função do contexto, mesmo quando o título da estratégia permanecer o mesmo. As linhas em branco indicam que uma estratégia não foi avaliada até a data, embora ainda possa ser relevante

Condução de pesquisas de cenário

REVISÃO DA LITERATURA ESPECIALIZADA

Como ocorre em qualquer atividade de pesquisa, ao iniciar uma revisão da literatura será possível identificar as melhores informações disponíveis e evitar a duplicação das avaliações existentes. Isso pode ajudar a identificar potenciais detentores de direitos e outras partes interessadas que devem ser consultadas. Em complemento à literatura acadêmica publicada, outras fontes de informações podem ser úteis, incluindo: portais *on-line* de visualização de dados; relatórios emitidos por governos, organizações sem fins lucrativos e entidades do setor privado; e inventários nacionais ou regionais de gases de efeito estufa, planos de uso da terra e esquemas de subsídio agrícola. Durante esta revisão, também se poderá identificar um ano-alvo relevante para políticas, em torno do qual poderá ser estruturada a avaliação (veja “Seleção de um horizonte temporal,” página 42).

REVISÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A seguir, recomenda-se a revisão de políticas públicas existentes em sua localidade para examinar as motivações, metas, métricas e fontes de dados que fundamentam essas políticas. Muitos países já têm políticas relevantes em termos de NCS em

vigor, tais como aquelas voltadas para a redução do desmatamento, promoção da restauração de ecossistemas naturais e áreas degradadas, ou estabelecimento de um preço de carbono que apoie ações para sequestrar ou evitar emissões de CO₂^[16]. Esses tipos de políticas tendem a ser o resultado de esforços conjuntos entre legisladores e outras agências governamentais, que podem aumentar a probabilidade de implementação de uma ação de NCS. Caso as informações estejam disponíveis, considere também as políticas regionais e os arranjos tradicionais e habituais no que tange ao uso de terra, especialmente aqueles que afetem grupos indígenas ou comunidades marginalizadas.

Exemplos de instrumentos de políticas nacionais a serem considerados incluem^[16]:

- *Documentos de NDC e Comunicações Nacionais para a UNFCCC*
- *Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMAs) para a UNFCCC^[17]*
- *Políticas e leis nacionais de mudanças climáticas*
- *Estratégias REDD+^[18]*
- *Compromissos internacionais como o Desafio Bonn e Estratégia e Planos de Ação Nacionais para a Biodiversidade (NBSAPs) para a Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica*
- *Plano de Adaptação Nacional (NAP)*
- *Regulações sobre mercados de carbono*
- *Estratégias de desenvolvimento de baixo carbono*
- *Abordagens de planejamento de uso da terra*
- *Planos de áreas protegidas*

Políticas climáticas nacionais necessárias

Em 2018, 157 países já tinham determinado em suas NDCs metas de redução de emissões em todos os setores da economia, mas apenas 58 países tinham codificado essas metas em leis ou políticas nacionais, e apenas 17 tinham promulgado leis ou políticas nacionais diretamente consistentes com as metas determinadas em suas NDCs^[3]. E essa informação revela, claramente, que há ainda de se melhorar a coerência entre políticas domésticas e as NDCs internacionais. As duas sobrepõem-se de forma significativa em escopo e, quando alinhadas, podem fortalecer umas às outras e aprofundar seus impactos coletivos. Já existem indícios de que as novas metas atualizadas de NDC, submetidas em 2020, incluem dados melhorados relacionados às NCS, bem como são melhores na integração de políticas nacionais e internacionais^[4].

ENCONTROS COM ESPECIALISTAS E PARTES INTERESSADAS

É crucial ter o engajamento de uma variedade de partes interessadas e especialistas nas fases iniciais de estruturação de sua avaliação de NCS^[8]. Manter conversas com esses grupos lhe permitirá identificar suas necessidades e planos estratégicos de mitigação existentes, assim como potenciais obstáculos e oportunidades para a implementação de NCS. Partes

interessadas podem incluir pesquisadores do setor público, privado, acadêmico e de entidades sem fins lucrativos; especialistas em políticas e tomadores de decisão; detentores de direitos como representantes de comunidades indígenas e outras comunidades locais; e ativistas da juventude.

Nos governos, uma variedade de ministérios ou agências pode ser responsável por ações relacionadas a políticas e implementação de NCS, incluindo ministérios de florestas, recursos naturais, meio ambiente, mudanças climáticas, agricultura, pecuária, pesca, economia e/ou finanças; setores de governo responsáveis por negociações climáticas; e governos regionais e locais. Como a coordenação ministerial é necessária para garantir que o potencial das NCS seja alcançado em diferentes setores, é importante garantir o envolvimento de grupos governamentais transversais que possam ser responsáveis pelo plano de implantação das NCS, visando garantir que a avaliação será compreendida pelo público-alvo. Fazer conexões com setores governamentais relevantes também pode proporcionar discussões de acompanhamento sobre os desafios encontrados e o progresso alcançado durante a implementação de NCS^[16].

Outros grupos contarão com diferentes perspectivas. Representantes do setor privado poderão ser os mais interessados em investir em NCS para atender às metas de neutralidade ou sustentabilidade climática ou compensar emissões inevitáveis, enquanto pesquisadores acadêmicos poderão focar mais na identificação das melhores informações disponíveis e modelos para avaliar o potencial de mitigação das NCS e dos cobenefícios. Ativistas comunitários poderão ser os mais interessados em cobenefícios culturais, de saúde ou de sustento, ou na abordagem

de desigualdades históricas. É importante fazer o engajamento com perspectivas diversas e lembrar-se de que decisões tomadas, durante a estruturação da avaliação, podem ter implicações no mundo real e afetar grupos de partes interessadas de modos diferentes. Os processos de formulação de políticas

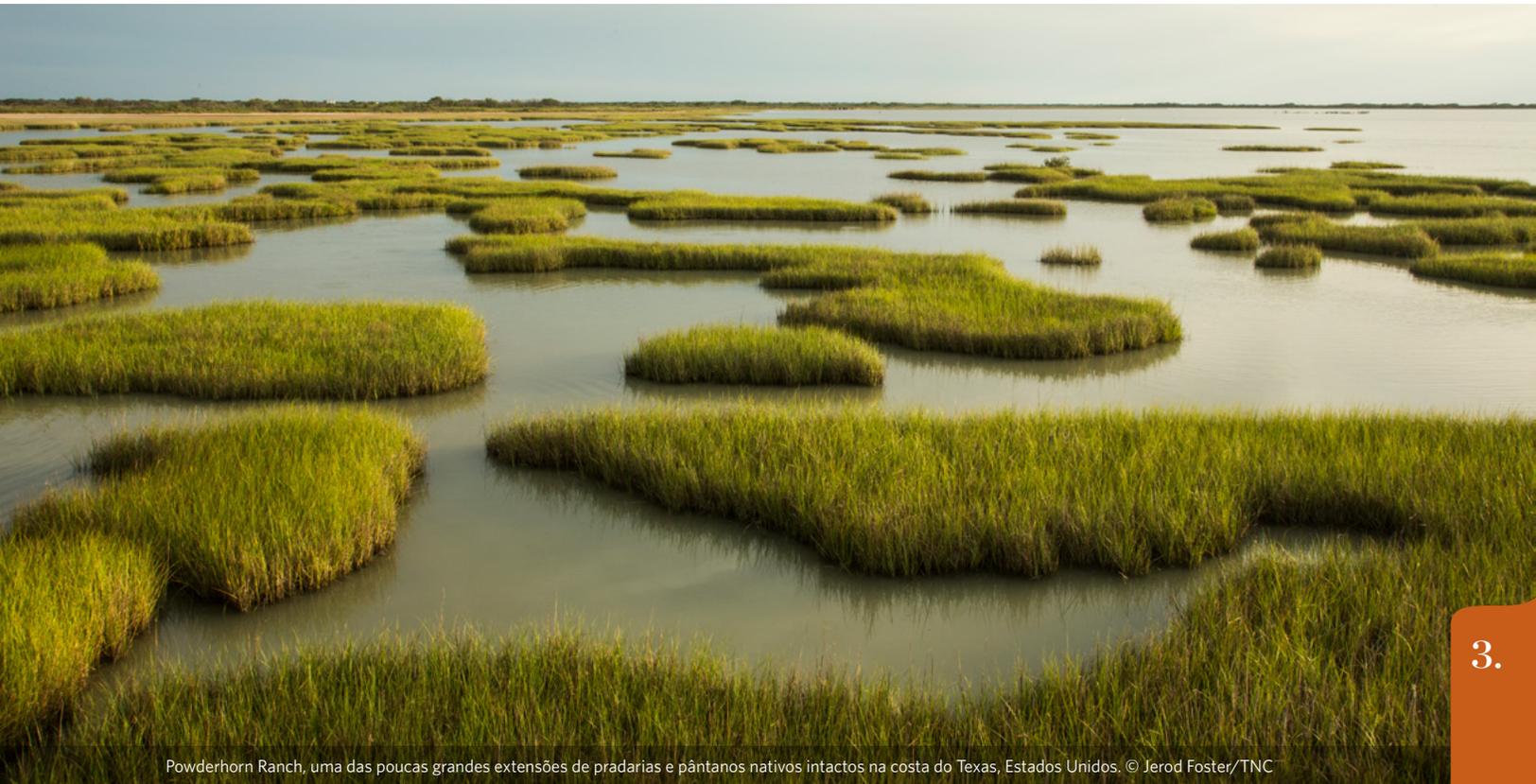
são frequentemente desafiadores em sua tratativa, principalmente para grupos marginalizados. Ao incluir diferentes grupos de partes interessadas no processo analítico é possível garantir que essas perspectivas sejam integradas nas conclusões compartilhadas com tomadores de decisão.

Promover uma oficina de NCS

Constatou-se que, após algum planejamento inicial e pesquisa de cenário, é bastante útil promover oficinas de lançamento de 2 ou 3 dias. Encontrar-se com 20 a 30 representantes-chave poderá ser útil para coletar informações adicionais, discutir os pontos de decisão identificados neste manual e engajar os pesquisadores a envolverem-se na condução da avaliação. Além de oferecer orientações, estes especialistas e outras partes interessadas podem tornar-se promotores da disseminação da avaliação resultante das NCS e da implementação de estratégias de mitigação.

Por exemplo, a equipe na Indonésia estabeleceu uma parceria com a agência de pesquisas do Ministério do Meio Ambiente e Silvicultura para promover uma oficina a fim de socializar o conceito de NCS e identificar as estratégias de maior prioridade para a avaliação nacional. Ao incluir muitas partes interessadas neste processo, a equipe obteve um alto nível de concordância das partes influenciadoras, o que foi ainda mais fortalecido pelo engajamento contínuo após a oficina para garantir o alinhamento continuado.

3. Montagem do conjunto de dados



Powderhorn Ranch, uma das poucas grandes extensões de pradarias e pântanos nativos intactos na costa do Texas, Estados Unidos. © Jerod Foster/TNC

3.

Uma vez que você já tenha identificado estratégias para análise e esteja familiarizado com a pesquisa, com as políticas e com as partes interessadas relevantes e existentes, a próxima etapa é compilar os conjuntos de dados necessários para calcular o potencial de mitigação de cada estratégia das NCS.

Durante a busca por dados, um bom local para iniciar é com [Accelerating Climate Ambition and Impact: Toolkit for Mainstreaming Nature-Based Solutions into Nationally Determined Contributions](#)^[19], publicado pelo Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (veja também *Apêndice: Recursos adicionais*). Independentemente do fato de você usar dados globais, nacionais ou locais, os dados a seguir deverão ser abordados em qualquer avaliação de NCS. Esta fase, provavelmente, será a mais longa e tende a ser um tanto iterativa, pois o escopo da

avaliação poderá necessitar de ajustes conforme novas informações são integradas.

Estabelecimento da linha de base

Para que as NCS contem como mitigação de mudanças climáticas, as ações devem capturar mais carbono, ou reduzir mais emissões de GEE,

em comparação a um cenário de linha de base. Esta linha de base quantifica as emissões e/ou sequestro de carbono caso ações de mitigação *adicionais* não sejam tomadas. Em alguns casos, a complexidade ou escassez de dados deve complicar as tentativas de estimação de uma linha de base de forma precisa, porém, de qualquer maneira, esta é uma importante etapa e deve ser cuidadosamente considerada. Ao estabelecer uma linha de base para seu país ou jurisdição, tenha os seguintes pontos em mente:

Os dados devem ser recentes. Estabelecer uma linha de base exige dados relativamente recentes (da última década ou mais contemporâneos), visto que os mais antigos não refletem mais as condições atuais. Caso você não tenha dados nacionais recentes, é possível considerar o uso de dados globais como alternativa.

Os dados devem incluir múltiplos anos. É importante observar as emissões recentes, ao longo de múltiplos anos, para levar em consideração as variações de ano para ano. Por exemplo, os dados mais recentes disponíveis podem ser de um ano que teve emissões incomumente altas ou baixas em comparação com a média (ex.: devido a uma tempestade tropical, *boom* de desenvolvimento, pandemia global, etc.). Usar dados de múltiplos anos permite calcular uma média anual que suavizará pontos fora da curva. Caso exista uma tendência crescente ou decrescente em anos recentes, você também precisará de uma linha de base que reflita essa tendência. Em muitos casos é apropriado usar um período de cerca de 10 anos de dados.

Mantenha as coisas simples. Às vezes, as pessoas usam modelos sofisticados para tentar prever uma linha de base para o futuro, mas estudos demonstram que modelos preditivos sofisticados podem errar o alvo^[20]. Em geral, foi constatado que os dados históricos geram os melhores resultados de predição de tendências futuras e são mais simples de compre-

ender. Posto isso, é possível melhorar sua predição da linha de base futura com *insights* adicionais sobre os próximos planos de seu país. Por exemplo, você pode levar em consideração grandes projetos de infraestrutura que já estão sendo planejados (ex.: novas instalações de extração de óleo que resultarão na perda de florestas ou turfeiras).

Foco apenas em atividades humanas. Fluxos de GEE que estão fora do controle humano não deverão ser usados como referência em uma avaliação de NCS. Por exemplo, no Canadá, a maior parte da perda de cobertura florestal ocorre em locais remotos em razão de incêndios espontâneos e perturbações causadas por insetos. A menos que os humanos possam fazer algo para reduzir tais perturbações naturais, você não precisará incluí-las na linha de base. Em vez disso, o foco deve permanecer em áreas de floresta convertidas para outros usos da terra ou áreas afetadas de outras formas por intervenções humanas.

Atividades existentes e em andamento contam como parte da linha de base. É importante reconhecer que condições de governança e esforços existentes para proteger, manejar ou restaurar terras naturais devem ser incluídos na linha de base. Por exemplo, caso o plantio de árvores, após uma limpeza de corte raso, seja exigido por lei, e essa lei seja geralmente aplicada, esta ação não seria considerada como mitigação *adicional* dentro da estrutura das NCS. Por sua vez, podem existir situações nas quais esforços históricos não deverão estar incluídos em sua linha de base, caso não existam garantias de que tais esforços continuarão (por exemplo, projetos de desenvolvimento internacionais, investimento de filantropos ou programas governamentais sob um regime político específico). Isso pode ser visto na flutuação de investimentos ao longo do tempo, nos EUA, com o Programa de Reserva de Preservação do Departamento de Agricultura e, no Canadá, com programas de estabelecimento de quebra-ventos.

Como determinar a extensão de estratégias das NCS

Com a linha de base estabelecida, você pode começar a quantificar ações de mitigação das NCS. A primeira etapa para tanto é identificar a **extensão da oportunidade**. Para muitas estratégias, a extensão é a área onde a implementação pode ocorrer, geralmente medida em hectares (ha). Para outras, a extensão pode basear-se em métricas não relacionadas à área (ex.: a estratégia de *manejo de esterco* é medida em cabeças de gado).

Durante a identificação da área relevante, poderá ser **útil desenvolver mapas** para dirigir a implementação para locais apropriados e para engajar formuladores de políticas e partes interessadas locais (não há quem não goste de um mapa!). Entretanto, mapas detalhados exigem tempo, recursos e dados para serem criados. De forma similar, você poderá não saber a potencial extensão de determinado ecossistema, como a de turfeiras que foram drenadas centenas de anos atrás. Se você está impossibilitado de desenvolver mapas, pode usar informações não espaciais para identificar e quantificar áreas de oportunidade, tais como **dados em formato de tabela** sobre como a cobertura florestal se alterou ao longo do tempo.

Se você vai criar mapas ou não, **certifique-se de não contar duas vezes os fluxos de estratégias múltiplas na mesma área**. Por exemplo, uma oportunidade para evitar a conversão de uma turfeira

florestada para terras de cultivo drenadas pode ser incluída na estratégia de *impactos evitados de áreas úmidas de água doce* ou na estratégia de *conversão florestal evitada*, mas não em ambas. A estimativa de mitigação, que consideraria fluxos de carbono de biomassa e vários fluxos de GEE, permanece a mesma – é simplesmente uma questão de onde é contada. Por exemplo, ambas as práticas de *otimização de pastoreio* e *plantio de leguminosas em pastos* podem ser implementadas na mesma área. Tipicamente, **se uma estratégia de área úmida é uma opção para uma área específica, recomenda-se que a contagem seja feita dessa forma**, pois áreas úmidas possuem fluxos adicionais de GEE (ex.: metano) e condições de solo distintas em comparação a outros sistemas. Você também poderá tomar decisões com base em custos. Por exemplo, para uma área de pastagem de baixa produtividade, opções de NCS podem incluir o *reflorestamento* ou *otimização de pastoreio*. Como o *reflorestamento* pode ser mais caro em sua implementação, pode-se escolher alocar a área para *otimização de pastoreio*.

Em geral, o objetivo nesta etapa é identificar a máxima oportunidade biofísica – a maior área ou extensão que está disponível para intervenção de NCS. Para aumentar a relevância de tal política, você pode escolher **reduzir a máxima oportunidade biofísica com base em critérios adicionais** como custos ou viabilidade. Por exemplo, na avaliação de NCS do Canadá, a área de plantio de árvores foi limitada para locais dentro de 1 km de uma estrada, presumindo que seria muito dispendioso, em termos de trabalho e custos, plantar árvores em distâncias maiores de uma estrada^[15]. Dependendo do fato da estratégia de NCS sob consideração relacionar-se à proteção, ao manejo melhorado ou à restauração, você deve usar diferentes métodos para identificar a extensão de oportunidade.

ESTRATÉGIAS DE PROTEÇÃO

Estratégias de proteção evitam a perda ou degradação de ecossistemas. Para quantificar apropriadamente sua extensão, duas fontes-chave de informação são necessárias: **1) Onde os ecossistemas estão localizados? 2) Qual parte desses ecossistemas está ameaçada por perturbações ou conversões para outros usos da terra?** Essa segunda questão é crítica porque um erro comum durante o planejamento de mitigação é priorizar áreas que armazenem grandes quantidades de carbono, porém sem antes questionar se elas estão sob risco devido às atividades humanas. Embora tais áreas sejam importantes quanto à sua proteção em virtude da biodiversidade ou de outros motivos, sem considerar de forma apropriada a *adicionalidade*, a mitigação de mudanças climáticas não pode ser alegada de forma legítima.

Pode ser desafiador identificar locais que estejam sob provável ameaça. Caso não seja claro que a proteção é necessária, recomenda-se observar tendências históricas. Em alguns casos, **dados espaciais** estão disponíveis mediante mecanismos de vigilância em esferas nacional ou global, tais como o [Global Forest Watch](#). Em outros casos, você terá de contar com dados não espaciais. Por exemplo, caso saiba a área média de perturbações em turfeiras ao longo dos últimos 10 anos, você pode usar esta média para prever a potencial área de perturbações evitadas de hoje em diante. Este tipo de cálculo pode dificultar o mapeamento espacial de estratégias de proteção, porém, talvez, seja possível áreas (ex.: regiões, estados ou municípios) com taxas históricas mais altas de perturbações e, portanto, com taxas mais altas de potencial de mitigação.

À medida que as estratégias de proteção passam a incorporar ameaças, sua extensão é geralmente

expressa em termos da *taxa* prevista de perda, em geral em hectares perdidos por ano. Isso contrasta com as estratégias de restauração, que comumente expressam a extensão em termos do potencial da área total (ha) restaurada.

Quando uma floresta é uma floresta?

Certifique-se de definir, com clareza, como você está categorizando tipos de cobertura da terra. Os países apresentam diferentes conceitos para a definição de uma “floresta”. Alguns países consideram como florestas qualquer local maior que um tamanho determinado (ex.: 0,5 ha), que tenha pelo menos certa proporção de cobertura de árvores (ex.: 10% ou 25%)^[21]. Conjuntos de dados de escala global frequentemente usam um limite de cobertura de árvores de 25-30%. Lembre-se de usar um limite que seja relevante para seu propósito, para seu público e os dados que são utilizados. **Qualquer que seja o limite escolhido, utilize o mesmo limite ao longo de sua avaliação.**

Quando uma área úmida é uma área úmida?

Certifique-se de definir, com clareza, suas áreas úmidas; muitos usam o tipo de solo (ex.: histossolos) para delinear áreas úmidas.

3.

ESTRATÉGIAS DE MANEJO

Estratégias de manejo melhoram o manejo das terras agrícolas e pastos de maneira a possibilitar a mitigação de mudanças climáticas enquanto as terras mantêm a produção de *commodities*^{[22][23]}. Assim como com as estratégias de proteção e restauração, a extensão para muitas estratégias de manejo é expressa em termos da área onde as práticas podem ser implementadas – porém outras métricas podem ser usadas. Por exemplo, a estratégia de *manejo de nutrientes* baseia-se em quantidade de fertilizantes aplicados no solo. Embora possa não ser possível desenvolver mapas espaciais detalhados dessas ações, você deverá conseguir estimar a extensão com uma métrica relevante para a estratégia.

Pastagens são políticas

Algumas estratégias de manejo incluem estratégias relacionadas à atividade pecuária. Entretanto, o IPCC e outras agências destacam a imensa mitigação potencial para mudanças climáticas associada à adoção pela sociedade de uma dieta à base de vegetais, o que liberaria pastagens para restauração e reduziria emissões diretas de cabeças de gado, assim como emissões indiretas causadas pelo amplo desmatamento associado com a conversão de florestas em pastagens^{[24][25][26]}. Por este motivo, apontam-se algumas pastagens como elegíveis para restauração, porém isso poderá não ser praticável política e socialmente em sua localidade, portanto, use seu melhor julgamento para abordar como tratar pastagens na análise.

ESTRATÉGIAS DE RESTAURAÇÃO

Estratégias de restauração aumentam a área ou funcionalidade de ecossistemas que foram degradados ou convertidos de seu estado histórico^[2]. As NCS incluem apenas atividades que restauram a cobertura histórica de determinada área. Por exemplo, não foi incluído o plantio de árvores em pastagens nativas. Plantios de árvores em sistemas de pastagens são frequentemente malsucedidos, podem reduzir a biodiversidade e afetar de forma adversa o carbono no solo.

Para quantificar a extensão de oportunidade para essas estratégias, você deverá saber **onde cada cobertura vegetal ocorreria naturalmente na ausência de perturbações humanas**. Caso você não saiba a extensão natural de determinado ecossistema, por exemplo, se algas marinhas já tinham sido perdidas muito antes da realização do mapeamento, você pode considerar o uso de mapas de ecossistema para desenvolver um sistema representativo (*proxy*).

A seguir, você precisará saber a **extensão atual do ecossistema em questão**. Subtrair a extensão atual da extensão histórica de áreas naturais lhe dará uma estimativa de quanto foi convertido para uso humano. Você poderá, então, mapear esses locais ou simplesmente fazer estimativas não espaciais. Na sequência, você deve remover locais que apresentem baixa probabilidade de restauração, como áreas urbanas (a menos que esteja considerando a *cobertura de dossel urbano*), terras de cultivo produtivas, áreas cobertas por água ou gelo, cumes de montanha, etc. A extensão remanescente representa a área máxima que pode ser considerada para restauração. Conforme descrito acima, você poderá filtrar a área ainda mais para encontrar locais que sejam mais viáveis, tais como aqueles que apresentem menores custos, acesso mais fácil ou ofereçam mais cobenefícios.

À medida que as estratégias de restauração se apliquem a futuros cenários de terra restaurável, sua extensão será geralmente expressa em termos do potencial da área *total* restaurada, em regra,

em hectares. Isso contrasta com as estratégias de proteção, que geralmente expressam a extensão em termos da *taxa* prevista de perda (hectares perdidos por ano).

Dicas de reflorestamento

- Selecione um limite de cobertura de árvores que denote a transição para floresta (veja “Quando uma floresta é uma floresta?”, página 36).
- Verifique, com atenção, se a terra em questão era historicamente coberta por floresta, e não por outro ecossistema (ex.: pastagem). Determine o que é considerado como “floresta histórica”, o que nem sempre é tão simples assim, pois depende do período selecionado e, em alguns casos, observe se as áreas em questão estiveram sujeitas à prática de incêndio e outras formas de manejo por povos indígenas locais por longos períodos. É recomendável que sua decisão se baseie em dados disponíveis
- para um período de tempo relevante e em conversas com as partes interessadas. Aplique esta abordagem de modo consistente ao longo da avaliação de NCS.
- Evite áreas que são impraticáveis ou indesejáveis para novas florestas (ex.: terras agrícolas produtivas).
- Dê prioridade a uma ampla variedade de espécies nativas em vez de espécies não nativas ou monoculturas.
- Leve em consideração que as florestas crescem lentamente e que áreas apropriadas para elas mudam constantemente de lugar devido ao clima em aquecimento. Priorize áreas que apresentem probabilidade de permanecer estáveis a longo prazo.

3.



Uma mulher segura uma muda de árvore para plantio no leste de Kalimantan, Indonésia. © Nick Hall/TNC

Cálculo do fluxo de gases de efeito estufa

Além da extensão, também é importante estimar como as NCS alteram a transferência ou “fluxo” de GEEs entre a Terra e a atmosfera. Os GEEs relevantes às NCS incluem dióxido de carbono (CO₂), gases nitrogenados (principalmente N₂O) e metano (CH₄). Dependendo da estratégia, um ou todos esses gases poderão ser relevantes. Tipicamente, o fluxo é estimado pela compilação das melhores estimativas disponíveis na literatura.

Para possibilitar comparações entre diferentes estratégias, recomenda-se a conversão de todos os GEE em equivalentes de **dióxido de carbono (CO₂e)**. A conversão exige a multiplicação da quantidade

+1 para o planeta

Para rastrear em qual direção os fluxos estão sendo transferidos em suas equações analíticas, use o sinal positivo (+) para denotar o aumento de sequestro ou redução de emissões (ex.: para indicar armazenamento adicional no setor de LULUCF). Todavia, você poderá encontrar outros pesquisadores que indicam valores de fluxo a partir da perspectiva da atmosfera, usando valores negativos (-) para denotar aumento de sequestro ou redução de emissões. Qualquer opção é válida, desde que haja consistência ao longo da avaliação. Para tanto, certifique-se de que todos em sua equipe usem a mesma convenção de sinais!

de um GEE por seu potencial de aquecimento, um fator de conversão estabelecido e padronizado pela comunidade científica. Avaliações de NCS, comumente, usam os seguintes fatores de conversão, baseados em um horizonte de tempo de cem anos, de Neubauer e Megonigal (2015)^[27]:

Conversão de GEEs para CO₂e

Gás	Período (anos)	Potenciais de aquecimento global de fluxo sustentado (SGWP)
CO ₂	Qualquer período	1
CH ₄	100	45
N ₂ O	100	270

Por exemplo, para converter 10 toneladas de CH₄ em CO₂e, multiplique por 45 para obter 450 toneladas métricas de CO₂e. Em alguns casos, especialmente para estratégias agrícolas, poderá ser apropriado usar GWP^{[28][29]} (potencial de aquecimento global), que considera poluentes climáticos de vida curta como um pulso. Sejam quais forem os fatores de conversão que usar, certifique-se de citá-los nos relatórios de avaliação de NCS e monitore cuidadosamente suas unidades. Pode ser útil apresentar estimativas em suas unidades originais, de modo a facilitar a conversão entre CO₂e e GEEs específicos se necessário.

Para **estratégias de proteção**, os principais fluxos são emissões evitadas pela prevenção da conversão ou degradação continuada. Por exemplo, o fluxo associado à *conversão florestal evitada* inclui os estoques de carbono que são perdidos devido a perturbações na vegetação e no solo (geralmente, expressos em unidades de toneladas métricas de carbono por hectare, representada como t C/ha ou Mg C ha⁻¹). Teoricamente, você também poderia levar em consideração a capacidade perdida do sistema de sequestrar mais carbono no futuro, porém é mais conservador (e mais



Vista noturna da floresta no leste de Kalimantan, Indonésia, Bornéu, perto do local de estudo de orangotangos do rio Lesan. © Mark Godfrey/TNC

3.

simples) excluir um certo grau de incerteza relativa aos impactos climáticos futuros em ecossistemas (veja “Consideração das retroalimentações climáticas”, na página 42). Para as **estratégias de manejo**, o fluxo é o aumento de sequestro ou redução de emissões graças a práticas de manejo melhoradas em comparação ao cenário da linha de base. Para as **estratégias de restauração**, os maiores valores de fluxo são frequentemente resultantes do sequestro adicional de GEE na vegetação e no solo (comumente expres-

so em unidade de toneladas métricas de carbono sequestrado por hectare por ano, representada como t C/ha/ano ou Mg C ha⁻¹ ano⁻¹), porém a restauração também poderá ajudar a evitar emissões provenientes de ecossistemas degradados. Por exemplo, quando turfeiras são drenadas, pode levar anos para que se tornem completamente degradadas (ou convertidas) e emitirão GEE durante todo esse período. Dessa forma, a restauração da hidrologia de turfeiras tanto melhora o sequestro quanto evita, simultaneamente, as emissões.

Não se trata de carbono apenas

Não é recomendável usar “carbono” como forma abreviada para CO₂ ou CO₂e, visto que algumas avaliações podem usar carbono (C) como a unidade real de medida, especialmente para estoques de ecossistemas. Erros são comuns e podem ter impactos significativos, pois uma tonelada métrica

de carbono corresponde a ~3,67 toneladas de dióxido de carbono. **Use a fórmula $CO_2e = C \cdot (44/12)$ ao converter unidades entre C e CO₂e** para refletir a diferença entre o peso atômico de CO₂ (44 unidades de massa atômica) e C (12 unidades de massa atômica). Independentemente das notações que você venha a utilizar, sempre seja claro sobre quais unidades está usando.

Cálculo de fluxos florestais

Uma forma de calcular fluxos é usar a abordagem de **emissões comprometidas**, pela qual você assume, para facilitar a contabilidade, que todo carbono de vegetação colhida ou perturbada se “compromete” com a atmosfera imediatamente após as perturbações. Contudo, essa premissa é frequentemente uma generalização exagerada. Detritos de madeira podem decompor-se por

muitos anos após o desmatamento, antes que deixem de emitir GEE. Por sua vez, a madeira extraída pode fornecer materiais de construção que são mais sustentáveis que concreto ou aço, ou fontes de energia que substituem combustíveis fósseis mais intensos em termos de carbono. Perguntas sobre o armazenamento e a substituição de produtos de madeira são complexas e exigem dados de avaliações de ciclo de vida^[30] para calcular o impacto líquido no sistema relevante.

Conforme você calcula o fluxo para cada uma de suas estratégias de NCS, aqui estão alguns fatores adicionais a serem considerados:

Linha de base: embora as linhas de base estejam frequentemente incorporadas em estimativas de extensão, às vezes estimativas de fluxos de NCS também devem ser expressas em relação a uma linha de base. Por exemplo, áreas úmidas restauradas emitirão metano, porém elas eventualmente emitirão menos metano que áreas úmidas não restauradas. O fluxo de NCS representará dessa forma a melhoria em emissões de metano devido à implementação de NCS.

Localização: fluxos variam de acordo com o espaço. Nesse sentido, por exemplo, foi constatado que o sequestro de carbono que ocorre ao permitir a regeneração de florestas, nos EUA varia em mais de 25 vezes dependendo da localização^[31]. Embora existam vantagens com o uso de estimativas espacialmente precisas, às vezes as melhores informações disponíveis vêm de estimativas que se aplicam a grandes áreas. Tenha cautela ao reduzir o tamanho de medidas de fluxo de uma vasta área como um país para regiões menores como um estado, distrito ou município, pois valores médios de uma área grande poderão não fornecer um valor preciso para sua localização.

Fatores não relacionados a GEE: outros fatores não relacionados a GEE podem influenciar o potencial de mitigação, tal como o albedo. O **albedo** refere-se a como diferentes coberturas de terra refletem ou absorvem o calor do sol. O aumento da cobertura escura de árvores, sobretudo em locais com cobertura substancial de neve, pode causar um aquecimento que diminui os benefícios de sequestro de carbono proporcionado pelas árvores. Por exemplo, para a avaliação do Canadá, estimativas de albedo e sequestro de carbono foram combinadas para identificar locais em que a restauração da cobertura florestal provavelmente teria resultados climáticos positivos. Ademais, o efeito do aquecimento (conhecido como forçamento radiativo) do albedo foi convertido em CO₂e para facilitar as comparações entre estratégias (veja os *Materiais e Métodos do “Natural Climate Solutions for Canada”*, de Drever et al., para obter os métodos de conversão detalhados). Outros fatores, tais como a **evapotranspiração** e os **compostos orgânicos voláteis**, também podem afetar as estimativas de mitigação de NCS, porém a maioria das avaliações não leva em consideração esses fatores devido a seus efeitos quicá pequenos e à falta de dados disponíveis.

Seleção de um horizonte temporal

Sistemas naturais são dinâmicos, assim como as NCS. **Fluxos de GEEs se alteram ao longo do tempo, assim como a extensão de oportunidades.** Para garantir que estimativas de NCS sejam bem elaboradas e as políticas sejam relevantes, você precisará especificar o período de sua avaliação. Para tanto, **pense sobre horizontes de tempo que são relevantes para seu público-alvo** ou outras partes interessadas. Existem dados associados às NDCs de seu país? Para permitir comparações, você precisará **usar o mesmo período em todas as estratégias.**

O horizonte de tempo determinará como você reporta os benefícios de uma estratégia de NCS. Tipicamente, reporta-se um **potencial de mitigação anual em um ano específico e relevante em termos de políticas** (ex.: Gt CO₂e/ano em 2030). No entanto, você também poderá reportar a mitigação total que se acumular ao longo de múltiplos anos, por exemplo, Gt CO₂e entre 2020 e 2030.

De forma subjacente a essas estimativas também estão premissas sobre quão rapidamente as atividades de NCS serão implementadas. Você presume que todas as ações serão iniciadas no primeiro ano? Você incluiu tempo para entrar em contato com as partes interessadas, como os produtores rurais que poderão adotar práticas melhoradas de manejo? Quanto tempo levará para obter os materiais necessários, tais como as mudas de árvore necessárias para o reflorestamento? Escolha um cenário de adoção que faça sentido para seu público-alvo, mas leve em consideração que o período para implementação influenciará suas estimativas finais.

Como exemplo, dois marcos temporais foram selecionados na avaliação das NCS do Canadá, 2020-2030 e 2020-2050, para alinhamento com os compromissos das NDC desse país no que tange à redução de emissões até 2030 e alcance da neutralidade de carbono até 2050. Embora a avaliação tenha sido concluída em 2020, assumiu-se que o plantio de árvores não começaria até 2022, visto ser necessário tempo para desenvolver as mudas que serão utilizadas. Como resultado dessa implementação atrasada e o crescimento inicial lento de árvores no Canadá, o potencial de mitigação de restauração da cobertura florestal para 2030 era muito baixo. Entretanto, mesmo sem considerar plantio adicional após 2030 na modelagem, o benefício da restauração da cobertura florestal cresceu 16 vezes até 2050.

Consideração das retroalimentações climáticas

Sistemas naturais têm o potencial de ajudar a proteger contra mudanças climáticas, porém, ao mesmo tempo, estão sendo afetados por elas. Tais retroalimentações (feedbacks) climáticas podem impactar futuras oportunidades de NCS. Em muitos casos, as retroalimentações são negativas, aumentando a probabilidade de secas, incêndios, enchentes e outras variáveis. Todavia, em alguns casos, retroalimentações podem ser positivas, por exemplo, quando temperaturas mais quentes resultam em estações de crescimento mais longas em latitudes mais altas e quando níveis maiores de CO₂ impulsionam o crescimento de plantas. É extremamente desafiador projetar o que acontecerá às oportunidades de NCS em qualquer local específico, e a modelagem de retroalimentações climáticas é uma área ativa de pesquisas.

Em avaliações de NCS anteriores, não foram consideradas as retroalimentações climáticas porque se supôs que os impactos seriam pequenos no período desta análise (em muitos casos, o dia de hoje até 2030). Contudo, conforme o aquecimento global progride e/ou os horizontes de tempo de avaliação se estendem, será de crescente importância incluir retroalimentações climáticas nos modelos. Por exemplo, pense se mudanças no clima afetarão a viabilidade ou os benefícios de mitigação de suas estratégias de NCS em seu horizonte temporal. Caso a resposta seja afirmativa, considere se você tem informações suficientes para incorporar retroalimentações climáticas em sua avaliação. Você pode decidir, por exemplo, pela exclusão de locais com alta frequência de incêndios da área de sua oportunidade de reflorestamento, mesmo se esses

locais tenham historicamente possuído florestas, sob a premissa de que eles enfrentarão incêndios ainda mais frequentes no futuro. Mesmo se você não tiver informações suficientes para quantificar tais considerações em sua avaliação, ainda será útil examiná-las e incluí-las como discussões em seu relatório de NCS.

Pesquisas futuras continuarão a refinar a compreensão do papel de retroalimentações climáticas em novas oportunidades de NCS, porém essas pesquisas não devem atrasar a necessidade urgente de ativar NCS o mais rápido possível. A forma mais eficiente de evitar retroalimentações climáticas é reduzir drasticamente a concentração de GEE na atmosfera mediante a implantação rápida e ampla de todas as soluções climáticas.

3.



Reserva de pastagem Marathon, Texas Ocidental, Estados Unidos. Este habitat diversificado de pastagens no deserto de Chihuahuan apoia uma grande variedade de vida selvagem, incluindo o falcão-de-coleira (Northern aplomado falcon), ameaçado de extinção federal. © Jerod Foster/TNC

Caracterização dos custos

Custos, ou redução de custos, são um fator condutor para a implementação das NCS. Geralmente, a implementação de NCS exige investimentos iniciais (ex.: compra de equipamentos novos necessários para a aplicação de fertilizantes de precisão, estoque de plantio de árvores, etc.). No entanto, em alguns casos, as NCS podem reduzir custos, como o uso mais eficiente de fertilizantes de nitrogênio, reduzindo custos de fertilizantes para produtores rurais. Avaliações de NCS até o momento têm, no geral, reportado **custos líquidos**, ou seja, o total combinado de aumentos e reduções de custos, resultantes de NCS ao longo de uma escala de tempo.

Uma variedade de fontes de dados talvez seja necessária para aproximar todos os custos relevantes. **Custos podem ser colocados em três categorias diferentes:**

- **Custos de implementação** incluem custos associados ao desenho do programa, ao planejamento, ao treinamento, à assistência técnica, à preparação do local, às ações de gerenciamento da implantação, da manutenção e da reposição.
- **Custos de oportunidade** são as alterações em lucros associados com a mudança da linha de base para uma atividade de implementação de NCS. Por exemplo, o estabelecimento de *buffers* de áreas ripárias em terras agrícolas pode reduzir a quantidade de terra para produção em qualquer ano e, dessa forma, alterar o rendimento total da cultura e dos lucros associados.

- **Custos de transação** associados com NCS são, muitas vezes, ignorados e mais difíceis de serem quantificados^{[32][33][34]}. Eles incluem custos fixos, tais como o tempo que proprietários rurais passam aprendendo e familiarizando-se com programas ou práticas de NCS; os recursos que um programa necessita para identificar, contatar e engajar legisladores, potenciais proprietários rurais participantes, ou grupos interessados principais, ou o tempo que proprietários rurais e equipe do programa de NCS passam preparando contratos e monitorando a implementação de NCS. Caso um projeto de NCS seja usado para gerar créditos de carbono, então os custos de transação também incluirão o custo de registro, monitoramento, verificação, emissão e aposentadoria dos créditos do projeto.

Custos líquidos para a implementação das NCS também dependem de uma referência de preço do carbono.

Nestas avaliações, foi geralmente considerado o potencial de mitigação em um preço de USD 100 por tonelada métrica de CO₂e, visto que estudos recentes sugerem que esse será o custo para alcançar os objetivos do Acordo de Paris^{[35][36]}. Além disso, futuras mudanças climáticas acima de 2°C provavelmente causarão mais danos à humanidade do que os custos para limitar mudanças climáticas a 2°C^{[37][38]}. Por conseguinte, foram admitidas estratégias de mitigação que custassem USD 100/tCO₂e como boas em termos de custo-benefício. Posto isso, você deverá escolher uma referência de preço que seja adequada para sua análise. Por exemplo, USD 10/tCO₂e poderá refletir o preço atual de carbono em mercados voluntários ou regulatórios relevantes, ou USD 50/tCO₂e, que poderá se alinhar com ambições específicas de políticas em seu país (veja Apêndice: *Estimativas de custo*).

4. Realização da avaliação



Estimativa da mitigação

Com os parâmetros já determinados para sua avaliação e as informações compiladas sobre linhas de base, extensão, fluxo e custos, é chegado o momento de quantificar o potencial de mitigação para cada estratégia de NCS. Poderá ser útil fazer referências a avaliações de NCS anteriores^{[2][15][39]} e emular os métodos com seus conjuntos de dados específicos.

A equação para cada estratégia é simples:

$$\text{Extensão} \times \text{Fluxo} = \text{Potencial máximo de mitigação}$$

Se todas as unidades de fluxo de GEE tiverem sido convertidas em CO₂e, ao multiplicar os valores anuais de fluxo e a extensão, obtém-se uma estimativa do potencial máximo de mitigação biofísica em CO₂e por ano por essa estratégia.

Você também poderá considerar diferenças em potencial de mitigação para múltiplas atividades dentro de uma estratégia. Por exemplo, múltiplas atividades de *reflorestamento* poderão ser relevantes para seu local, tais como regeneração natural, assistida ou não, e/ou plantio parcial ou total de árvores. Neste caso, poderá ser útil desagregar o *reflorestamento* em atividades separadas para auxiliar tomadores de decisão no tocante aos ganhos de investimento em uma ou mais dessas opções.

Quantificação das incertezas

É uma boa prática quantificar incertezas relativas a todas as estimativas de NCS, visto que a variedade de extensão e fluxo (e, portanto, mitigação) pode mudar amplamente. **Informar apenas valores médios ou medianos para estimativas com grandes incertezas pode induzir os tomadores de decisão ao erro.** Tipicamente, a quantificação de incertezas envolve a determinação de uma faixa esperada (ex.: um intervalo de confiança de 95%) relativa a cada parâmetro estimado para indicar os valores mais baixos e mais altos que você espera encontrar. A melhor forma de calcular essa faixa para cada variável é encontrar múltiplas estimativas independentes na literatura e, então, usar a média e o desvio padrão relativo à média em sua avaliação. Caso múltiplas estimativas independentes não estejam disponíveis, você poderá considerar o uso do julgamento de especialistas para obter estimativas a partir do processo Delphi^{[40][41][42]}. Isso envolve um processo de três etapas: 1) alguns especialistas são solicitados a enviarem suas melhores estimativas, 2) respostas são compiladas anonimamente e distribuídas de volta aos especialistas, 3) especialistas recebem a oportunidade de revisar suas estimativas com base nas respostas recebidas. A faixa final de estimativas pode servir como um intervalo de incerteza para sua avaliação.

Uma vez que você tenha estimativas de incerteza sobre todas as variáveis em seus cálculos, precisará combiná-las à incerteza geral das estimativas (também conhecida como *propagação de erros*^[43]). Embora o IPCC tenha desenvolvido abordagens recomendadas para a estimativa de



Pôr do sol sobre campos de arroz em uma fazenda na fronteira do Parque Nacional de Lore Lindu, que abriga uma das maiores florestas intactas do país, localizada em Sulawesi Central, Indonésia. © Bridget Besaw/TNC

4.

incertezas^[44], constatou-se que essas abordagens gerais nem sempre capturam a complexidade das análises. Por exemplo, caso existam múltiplas variáveis combinadas em uma fórmula para estimar a mitigação ou se os valores da incerteza não seguem uma distribuição normal, é preferível o uso de uma ferramenta analítica chamada Simulação de Monte Carlo para propagar a incerteza a partir de múltiplas fontes. Com esse método, que pode ser executado em muitos programas de estatística, você pode determinar aleatoriamente uma estimativa a partir do rol de incerteza associado a cada variável e então usar este número para estimar a mitigação geral da estratégia. Ao repetir esse processo muitas vezes (por exemplo, 10.000-100.000), você pode estimar

a incerteza geral para uma estratégia (ou para todas as estratégias combinadas). *Veja este documento de orientação para obter mais informações sobre Simulações de Monte Carlo*^[45].

Existirão outras fontes de incerteza que serão difíceis de serem quantificadas, por exemplo, como retroalimentações climáticas impactarão suas estimativas de mitigação. Ao comunicar os resultados de sua avaliação de NCS é importante: 1) observar que a faixa de possíveis resultados pode ser maior do que você estimou, em vista de pontos desconhecidos, e 2) documentar como suas premissas, diferentes potenciais cenários futuros, e a variabilidade em dados subjacentes contribuem para as faixas reportadas.

Incorporação de custos: curvas de custos de abatimento marginal

Assim que a avaliação de mitigação é concluída, a integração de avaliação de custos em sua análise de NCS pode informar melhor o processo de tomada de decisões. Uma forma de fazer isso é criar curvas de custos de abatimento marginal (MACC) para cada estratégia que trace um gráfico do custo para a realização de cada tonelada métrica adicional de sequestro ou emissões evitadas de CO₂e.

A MACC de um projeto focado exclusivamente na mitigação é calculada pela divisão dos custos totais do projeto pela mitigação total que o projeto realizar. Para projetos com múltiplos objetivos, caso os custos de mitigação possam ser separados dos custos totais, a MACC é calculada pela divisão dos custos dos componentes de mitigação pela mitigação total que o projeto realizar. Se este não for o caso, a estimativa

de MACC, então, exigirá uma avaliação cuidadosa para identificar os custos adicionais incorridos para as atividades de mitigação. Custos e mitigação devem ser contados no mesmo horizonte de tempo (ex.: 30 anos). Para construir uma curva MACC, disponha todos os projetos (também conhecidos como “incrementos de mitigação”), representados por um ponto ou uma barra, em um gráfico do valor mais baixo

4.



Pastoreio de bisões na Reserva de Broken Kettle nas Colinas de Loess Hills, Iowa, Estados Unidos. O Loess Hills é o maior pasto nativo contíguo de Iowa e o bisão ajudará a região a retornar a um estado mais natural. © Chris Helzer/TNC

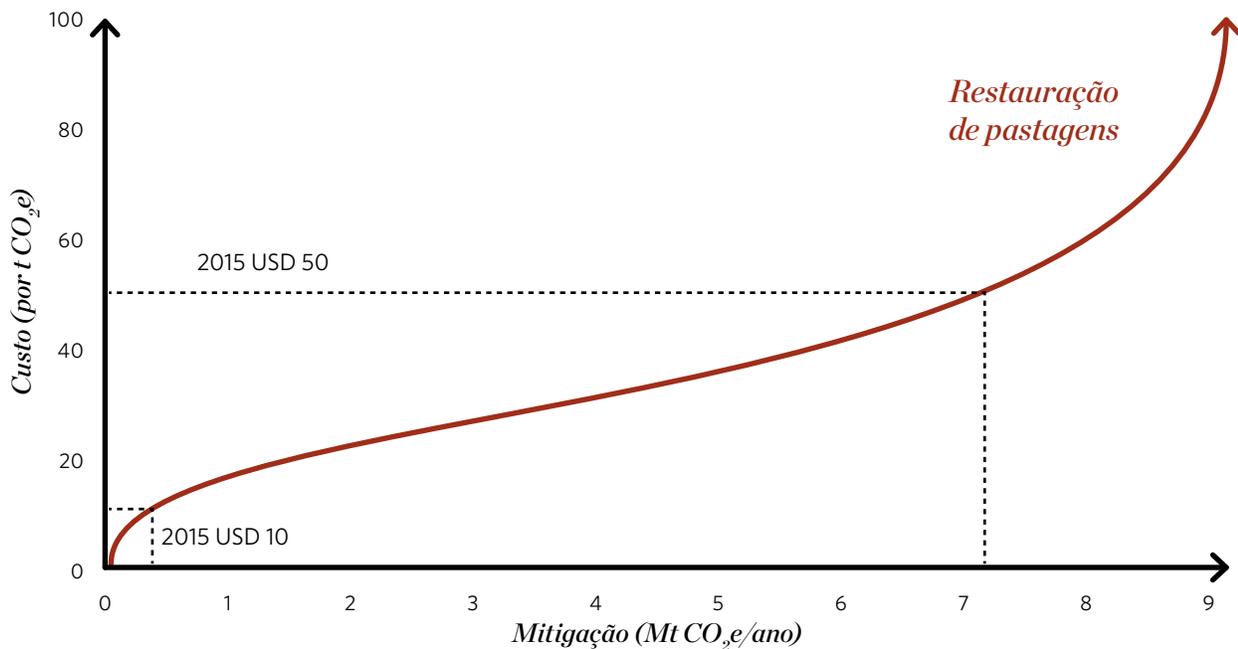


Figura 8: Curva de custos de abatimento marginal para a restauração de pastagens nos EUA^[39]

para o mais alto. A curva resultante identificará a mitigação total. **Uma curva MACC bem construída identificará a mitigação total que pode ser realizada a determinado custo por tonelada métrica de CO₂e. Isso ajuda a identificar importantes pontos de preço para ativação da implementação de NCS.**

Aqui segue o exemplo de uma curva MACC para a restauração de pastagens nos EUA. O gráfico mostra que aproximadamente 9 Mt de CO₂e por ano podem ser removidos da atmosfera, assumindo um preço no mercado de carbono de USD 100 por tonelada métrica de CO₂e, caso todas as pastagens potencialmente disponíveis nos EUA sejam restauradas.

O eixo Y ilustra o custo de cada tonelada métrica adicional de CO₂e removida e o eixo X mostra a mitigação. A curva dirige-se para cima para cada tonelada métrica adicional sucessiva de CO₂e removida, pois as terras variam em seu custo por hectare e em seu potencial de mitigação por hectare ao ano. Como a

mitigação na figura é distribuída do custo mais baixo, na esquerda, para o custo mais alto, na direita, a curva MAC assume, dessa forma, que a restauração de pastagens é implementada inicialmente em terras que realizam a mitigação ao custo mais baixo por unidade. A figura indica que, a um custo de USD 10/tCO₂e, quase nenhuma restauração de pastagens é possível, e, portanto, muito pouca mitigação pode ser alcançada. Entretanto, caso os proprietários de terra sejam pagos até USD 50/tCO₂e, mais de 7 Mt de CO₂e poderão ser sequestrados a cada ano.

Curvas MACC permitem a estimativa do orçamento total necessário para alcançar uma quantidade determinada de mitigação. O exemplo acima mostra a mitigação anual em 2025, porém isso pode ser convertido para uma curva MACC que mostre a mitigação cumulativa total no período de avaliação de 2019-2025. Usando essa curva MACC cumulativa, o orçamento total necessário para qualquer quantidade de abatimento pode então ser estimado pela multiplicação de

cada tonelada de CO₂ e mitigada durante o horizonte de tempo da avaliação, por seu respectivo custo de abatimento marginal correspondendo à soma de todos estes valores (ou seja, analiticamente, o custo total é dado pela área abaixo da curva, até a quantidade de abatimento total escolhida).

Por fim, **curvas MACC podem ajudar a decidir quais NCS são atualmente viáveis em termos econômicos**. É importante lembrar que a maioria das estratégias de NCS tem cobenefícios não relacionados ao carbono que melhoram o bem-estar das pessoas e que progrediram e estão alinhados aos ODSs^{[46][47]}. Esses benefícios podem ser mais difíceis de serem avaliados em termos monetários e geralmente não estão inclusos em estimativa MACC, a menos que resultem em dados positivos aos proprietários de terra para implementarem as ações de mitigação que reduziram os custos de oportunidade. Em alguns casos, esses **cobenefícios podem ter um valor econômico maior do que a mitigação em si**. Em todos os casos, eles têm um **valor econômico real para as pessoas, o que reduz o custo de NCS para a sociedade como um todo, em comparação aos custos indicados por curvas MACC**.

Por exemplo, a expansão da *cobertura de dossel urbano* pode ter um custo muito alto por tonelada métrica de CO₂ e sequestrado, por isso, pode não parecer uma abordagem competitiva em comparação com outras abordagens de mitigação. Contudo, árvores urbanas também contribuem com a regulação de águas pluviais, melhoria da saúde respiratória das pessoas e reduzem a exposição ao calor, fornecem benefícios de saúde mental e reduzem a demanda de pico de eletricidade em áreas onde aparelhos de ar-condicionado são usados^[48]. O valor combinado desse conjunto de benefícios, frequentemente, excede os custos de plantio e manejo de árvores^[49]. Dessa forma, embora o plantio de árvores em áreas urbanas possa não ser uma estratégia de mitigação

de mudanças climáticas com um bom custo-benefício, em muitos lugares é uma estratégia que produz benefícios econômicos e humanos líquidos, com a mitigação como um cobenefício. *Veja também o Apêndice: Estimativas de custo.*

Curvas MACC podem ser construídas usando duas abordagens básicas. A primeira abordagem, “**de baixo para cima**”, usa informações específicas do local sobre custos e mitigação de projetos reais^{[15][39]}. Essa abordagem pode revelar custos de transação específicos ao contexto (despesas incorridas por atividades que permitem a implementação do projeto de mitigação, tais como engajamento de proprietários rurais e desenvolvimento de contratos), que, muitas vezes, são altos. Entretanto, esta abordagem possui algumas limitações graves. Em primeiro lugar, ela comumente exige a extrapolação de dados de um conjunto limitado de projetos para a área remanescente identificada como potencialmente adequada para implementação desta estratégia. Em segundo lugar, projetos existentes de NCS podem não ser representativos de outras áreas. Por exemplo, projetos existentes podem ser de demonstração e envolver estudos científicos que tenderiam a aumentar custos em comparação a projetos que não apresentam um propósito científico. De modo similar, projetos futuros podem ter custos menores do que projetos existentes, pois eles são capazes de usufruir de *insights* obtidos ou porque podem realizar economia de escala. Ou, ainda, projetos atuais podem ter sido implementados nos locais mais propícios (baixo custo, alta mitigação), resultando em projetos futuros com custo-benefício reduzido.

A segunda abordagem, “**de cima para baixo**”, utiliza modelagem e dados empiricamente observáveis, analisando dados de cobertura ou manejo de terras como uma função de variáveis independentes (ex.: preços agrícolas, características do solo, declividade, proximidade de estradas e áreas urbanas). Os mode-

los usados podem variar amplamente, desde modelos espaciais-econômicos relativamente simples^[50] a modelos complexos de otimização multisetorial^[51]. Essa abordagem baseada em modelagem é bastante adequada para grandes áreas e permite a exploração sistemática de como o uso ou manejo de terras responderia a intervenções específicas, tais como a variação de preços de carbono. A limitação dessa abordagem é a necessidade de informações espacialmente completas e com resolução suficiente sobre as principais variáveis do modelo, tais como valores ou usos de terras. Ademais, ao contrário de abordagens de baixo para cima, abordagens de cima para baixo não podem estimar diretamente os custos de transação; elas podem apenas adicioná-los quando necessário.

Contabilização das alterações de custos futuros: aplicação de descontos

Um projeto de NCS incorre em custos e produz mitigação ao longo de vários anos. Além disso, há custos em geral nas etapas iniciais, enquanto os benefícios ocorrerão ao longo de décadas ou séculos. Evidências empíricas mostram que indivíduos

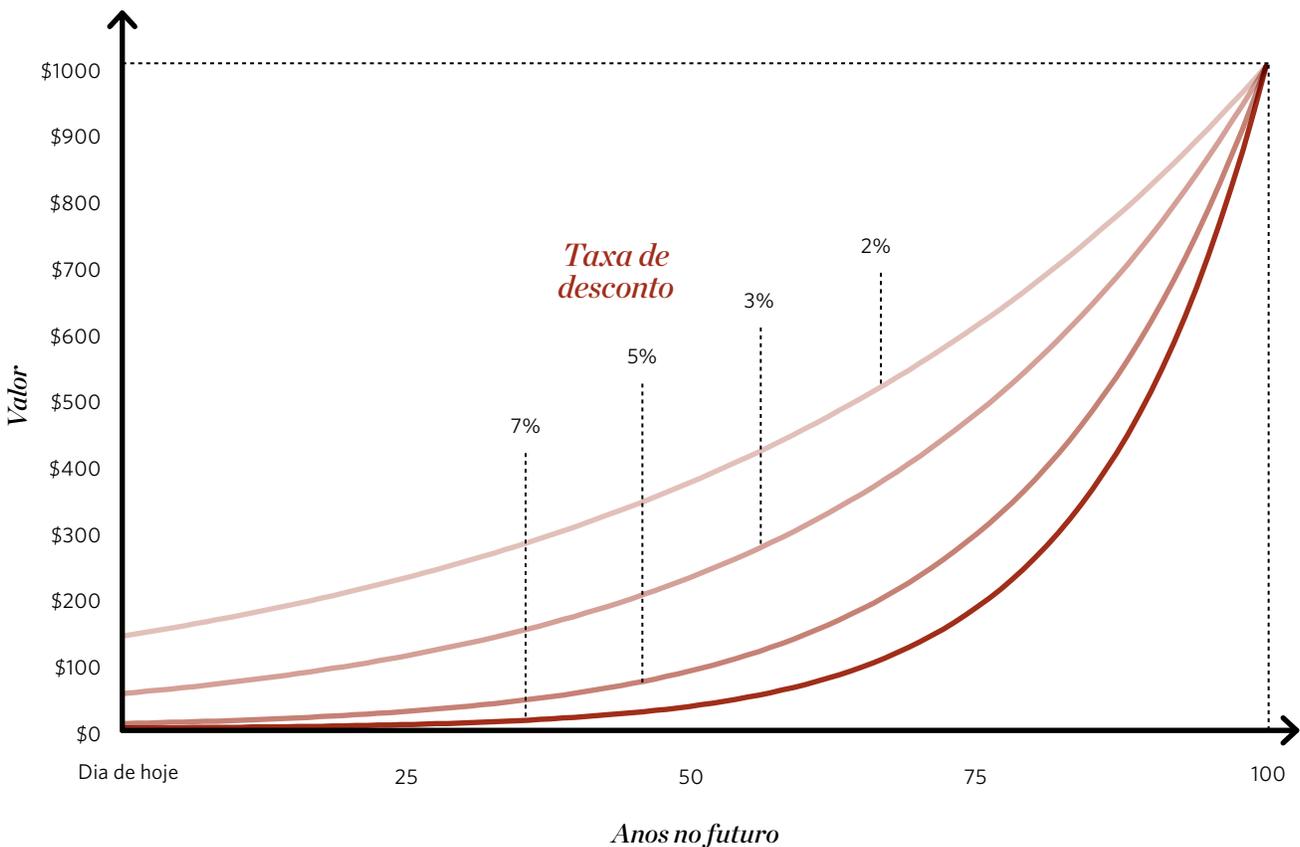


Figure 9: Exemplo do impacto de diferentes taxas de desconto no valor atual de US\$1000 recebidos em um período de 100 anos

4.

e sociedades valorizam custos e benefícios que incorrem hoje de forma mais alta do que custos e benefícios de algum momento no futuro^{[52][53]}. **Para comparar de forma apropriada custos e benefícios no presente e no futuro, foi executado um processo chamado aplicação de descontos, que expressa valores monetários de custos ou benefícios futuros em seus equivalentes em valor presente.**

Uma taxa de desconto é usada para quantificar valores futuros em equivalentes no dia de hoje. A escolha de uma taxa de desconto tem um grande impacto na economia de projetos de mitigação de mudanças climáticas, portanto, é preciso bastante cautela para identificar a taxa de desconto correta usada para determinado projeto. Projetos de mitigação que buscam **investimentos privados**, sobretudo, devem usar o custo de oportunidade de capital do investidor como a taxa de desconto, que pode ser aproximada usando as taxas de juros de empréstimo ou taxas de retorno sem aplicação de impostos. Já as análises de projetos de mitigação de **financiamento público** que fornecem benefícios à população de forma geral devem usar taxas de desconto que reflitam como as pessoas em um país negociam questões de consumo presente pelo consumo futuro.

Além disso, há uma ampla concordância entre economistas profissionais de que análises de projetos de financiamento público devam utilizar taxas de desconto social em declínio^[54]. Isso é especialmente válido para análises de custo-benefício de projetos de mitigação devido ao longo horizonte de tempo no qual os benefícios ocorrem. Embora a estimativa de taxas de desconto social seja uma tarefa complexa, muitos países têm adotado taxas específicas de desconto social a serem usadas por agências domésticas em análises de políticas públicas, e estimativas de taxas de desconto social estão disponíveis para praticamente todos os países^{[55][56]}.

Próximos passos

Até o momento, as avaliações das NCS têm focado, principalmente, em entender qual o total de mitigação disponível e como isso varia de acordo com considerações de custo e localização. Embora seja crítico responder a essas questões, existem etapas adicionais necessárias para tornar as informações mais úteis no tocante à tomada de decisão e ação local. **A avaliação de oportunidades de NCS deve ser seguida por ações concretas para ativá-las.**

NÃO SE ESQUEÇA DA DIVULGAÇÃO!

Além do seu público-alvo principal, provavelmente, existem outros tomadores de decisão relevantes, especialistas em política e ciência, organizações parceiras, comunidades afetadas, entre outros, que se interessarão e poderão usar os resultados de suas avaliações. Recomenda-se a publicação de avaliações das NCS em periódicos revisados por pares e de livre acesso, sempre que possível. Isso garante que seus métodos e resultados sejam confiáveis, transparentes e estejam disponíveis para um público mais amplo do que você alcançaria por meio de engajamento direto. No entanto, também se considera que o engajamento direcionado e direto com grupos de usuários-chave, como agências governamentais, ajude as pessoas a entenderem melhor e aderirem às descobertas.

Ademais, pode ser útil gerar conteúdos complementares como um resumo da política ou uma página da *web*. A [Nature4Climate](#) é um exemplo de como várias organizações têm usado *sites* e outras ferramentas de comunicação do tipo para compartilhar resultados analíticos e outras informações. Sua história pode ser amplamente divulgada por meio de redes sociais, artigos de notícias ou *blogs*. Fotografias, infográficos e estudos de caso irrefutá-

veis podem aumentar o impacto desses métodos de comunicação, especialmente à medida que se expande para um público mais amplo.

SAINDO DE “QUANTO?” PARA “COMO?”

Conforme seus objetivos, pode ser necessário ir além com suas avaliações iniciais. Por exemplo, você pode conduzir estudos de custo-benefício mais detalhados para determinar o retorno sobre o investimento ou buscar incentivos adicionais à ação (veja o Apêndice: *Estimativas de custo para um exame mais detalhado das considerações de custo*).

Da mesma forma, embora a mitigação seja importante, outros cobenefícios da implementação de NCS podem encorajar ações, tais como conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos (veja o Apêndice: *Cobenefícios*). Você pode medir e mapear diretamente os cobenefícios relevantes para compartilhar com seu público-alvo e outras partes interessadas.

Determinar como financiar projetos de NCS é outra consideração importante para a implementação. Quando usados de forma adequada, as compensações de carbono e outros mecanismos de pagamento por resultado podem ser opções, bem como uma fonte de receita para os proprietários de terras (veja o Apêndice: *Compensações de carbono para uma introdução às compensações e seu uso*).

IMPACTOS HUMANOS

Neste manual, começa-se a abordar levemente a compreensão de possíveis impactos no bem-estar

social e humano, porém muitas pesquisas são necessárias neste tema. Intervenções de NCS podem contribuir para o avanço dos ODS e para melhorar a qualidade de vida das pessoas, por exemplo, por meio da construção de segurança alimentar, governança e oportunidades econômicas sustentáveis. Ao mesmo tempo, é crucial reconhecer e melhorar as desigualdades relacionadas ao clima, tanto no que diz respeito às injustiças históricas quanto aos futuros impactos agravados sobre as comunidades marginalizadas. Embora a implementação de projetos de NCS possa promover justiça climática, direitos humanos e igualdade de gênero, não existe garantia inerente. O trabalho de compreensão dos impactos das NCS em várias comunidades deve ser feito por si só, porém envolver as partes interessadas e lidar com as injustiças também tornará a implementação das NCS mais viável e sustentável (veja o Apêndice: *Justiça climática para uma discussão mais aprofundada sobre justiça climática*).

DOMINANDO A TECNOLOGIA

Novos dados e tecnologias são apresentados diariamente, mudando constantemente as melhores práticas de análise e implementação. O campo do sensoriamento remoto está crescendo, preenchendo lacunas de dados e gerando mapas cada vez mais detalhados de diferentes oportunidades de estratégias em distintos locais. Esses avanços podem reduzir a incerteza, melhorar a precisão espacial e ajudar os tomadores de decisão a visualizar mais claramente as oportunidades de implementação. O sensoriamento remoto também se mostra promissor para monitorar as estratégias de NCS e entender se os benefícios estimados de carbono estão, de fato, sendo concretizados na prática.

APRENDENDO COM AQUELES QUE VIERAM ANTES, ENSINANDO AQUELES QUE VIRÃO DEPOIS

Para desenvolver este manual, utilizamos como fundamento as lições aprendidas em cinco países nos quais a abordagem de NCS foi adotada e adaptada (*veja os Estudos de caso dos países para obter mais informações sobre as lições aprendidas com essas análises*). Espera-se que representantes de muitos outros países usem as recomendações detalhadas neste guia para conduzir suas próprias avaliações de potencial de mitigação e compartilhem suas experiências, no futuro, para que possam aprender uns com os outros e acelerar a implementação de NCS em todo o mundo.

Não obstante cada país ser diferente, duas lições importantes emergiram das experiências no Canadá, na China, na Colômbia, na Indonésia e nos Estados Unidos:

Construção de confiança e acompanhamento são fundamentais.

As revistas científicas estão repletas de análises e pesquisas excelentes que tiveram pouco impacto sobre políticas e ações. O sucesso requer consulta com as partes interessadas desde o princípio e com frequência, além do acompanhamento com

assistência técnica e ferramentas adequadas para permitir que essas partes possam usar os resultados de sua avaliação das NCS.

Precisa-se conduzir e comunicar as avaliações das NCS de forma a permitir a compreensão das sinergias e compromissos.

Outras pesquisas de viabilidade e ferramentas para ajudar a explorar diferentes cenários de implementação revolucionariam a formulação de políticas das NCS.

CATALISANDO AÇÕES DE NCS

São necessários recursos significativos para explorar o potencial das NCS^[57]. Felizmente, o financiamento das NCS tem aumentado e almeja-se que o ritmo e a escala do investimento em NCS – e a implementação resultante – aumentem rapidamente para fornecer cobenefícios climáticos mensuráveis e equitativos para o futuro.

Este manual resume o que foi aprendido até agora. Espera-se atualizá-lo à medida que novos estudos, métodos e o engajamento das partes interessadas aprimorem os métodos atuais. A nossa esperança é de que este guia ajude outros a completarem mais rapidamente avaliações confiáveis e impactantes do potencial de NCS, o que permitirá a implementação de NCS na escala e no ritmo que a crise climática exige.

5. Estudos de caso dos países



Também compartilhamos neste manual breves estudos de caso do Canadá, da China, da Colômbia, da Indonésia e dos Estados Unidos...

Hemisfério Oriental



Hemisfério Ocidental

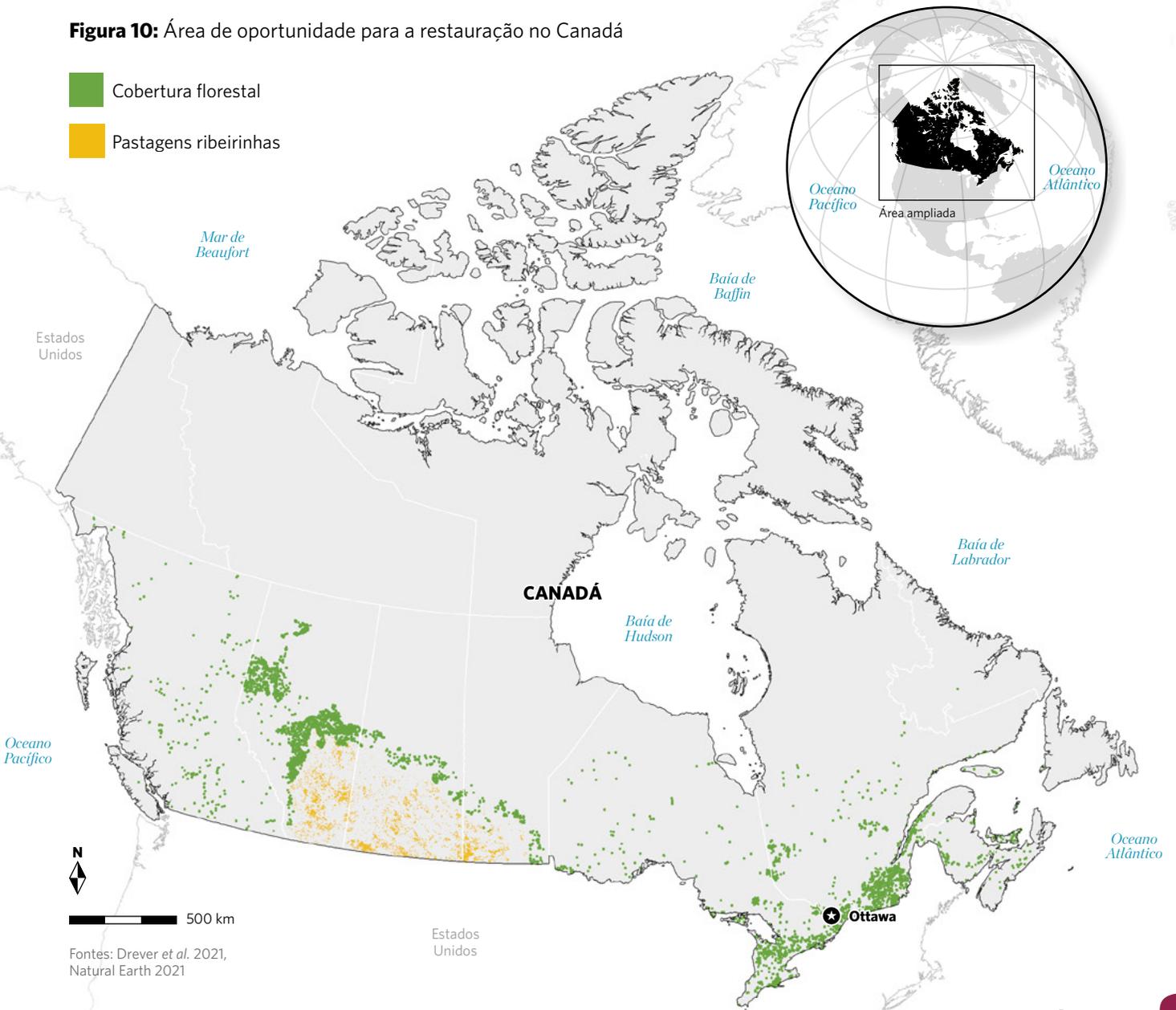
...que demonstram como as equipes adaptaram a estrutura global das NCS às suas necessidades, incluindo lições aprendidas no processo.

Página anterior: Picos cobertos de névoa na Reserva Natural de Laohegou, Província de Sichuan, China. © Nick Hall/TNC



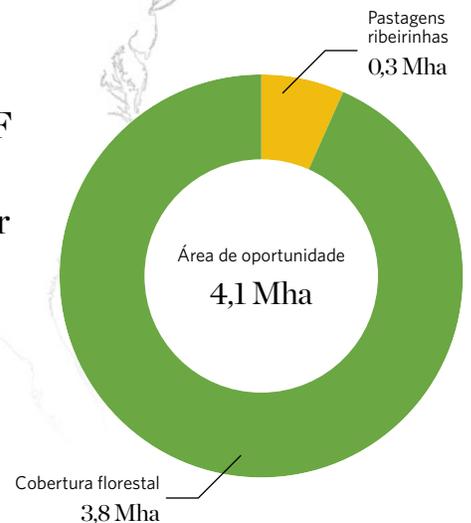
Figura 10: Área de oportunidade para a restauração no Canadá

- Cobertura florestal
- Pastagens ribeirinhas



Fontes: Drever et al. 2021, Natural Earth 2021

Sob o Acordo de Paris, o Canadá visa reduzir suas emissões anuais para 511 Mt CO₂e até 2030. Até recentemente, as emissões causadas pelo setor de LULUCF não estavam inclusas nas metas de redução de emissões. Entretanto, em 2019, o Canadá comprometeu-se a diminuir suas emissões anuais relacionadas ao LULUCF. Em dezembro de 2020, o Canadá anunciou um plano climático reforçado e um compromisso com as reduções anuais de emissões em 2030 de 17 Mt CO₂e/ano, provenientes de LULUCF e soluções baseadas na natureza, e 10 Mt CO₂e/ano procedentes da agricultura regenerativa.



Embora o Canadá não seja um grande emissor de GEE – suas emissões representam 1,5% do total global –, o país está entre os dez maiores emissores do mundo e tem uma das maiores emissões *per capita* (15,1 t CO₂e/pessoa/ano)^[58]. Nos últimos 20 anos, as emissões anuais do Canadá flutuaram em torno de 700 Mt CO₂e, com os maiores contribuintes sendo os setores de petróleo e gás e de transporte^[59].

PESQUISA DE CENÁRIO

Em dezembro de 2020, o Canadá comprometeu quase 4 bilhões de dólares canadenses (CAD), pelo período de 10 anos, para a implementação de NCS, principalmente para o plantio de 2 bilhões de árvores; para a conservação e restauração de pastagens, áreas úmidas e turfeiras; e a criação de um novo fundo para NCS em agricultura. Esses investimentos relacionados ao clima visam apoiar outro compromisso de conservação: a proteção de 30% das terras e oceanos do Canadá até 2030 sob a Convenção sobre Diversidade Biológica^[60].

Alinhada com esses compromissos, a *Nature United* (Programa canadense da The Nature Conservancy) tomou a decisão estratégica, em 2017, de iniciar um programa de mitigação das mudanças climáticas com foco em NCS. O foco nas NCS apoia mais o espírito de preservação liderada por indígenas da

Nature United do que quaisquer outros tipos de ação climática. Nesse estágio inicial, a equipe da *Nature United* reconheceu a falta de conhecimento básico sobre a oportunidade de mitigação dos sistemas naturais do Canadá e iniciou um esforço de pesquisa para construir uma linha de base de evidências para a ação de preservação e desenvolvimento de uma rede de contatos de especialistas e para colocar a *Nature United* “no mapa” como um organizador de ciência de ponta. Desde o início, a *Nature United* teve como objetivo se desenvolver com base na capacidade e nas lições aprendidas pela TNC por meio de análises de NCS para o mundo e para os EUA.

ESTRATÉGIAS DE NCS DO CANADÁ

A lista de potenciais estratégias para análise foi inicialmente gerada a partir de uma revisão da literatura de estudos canadenses. Essa lista foi então examinada durante um *workshop* inicial de especialistas convidados, realizado em fevereiro de 2019, que estabeleceu grupos de trabalho específicos por ecossistema. Para algumas estratégias, contou-se com um ou dois especialistas a quem a equipe da *Nature United*/TNC forneceu suporte relacionado à contabilidade, análises espaciais ou custeio econômico, tais como a *cobertura de dossel urbano*, *manejo de esterco* ou *de nutrientes*. Algumas estratégias que o grupo de trabalho considerou, como o uso de práticas de manejo florestal para mitigar o risco de futuros incêndios florestais, foram descartadas após descobrir que não havia evidências o suficiente para avançar com a análise. Por conseguinte, a equipe de pesquisa adotou a abordagem holística de incluir todas as estratégias relevantes para o Canadá, que eram viáveis de ser analisadas, em vez de se restringir a algumas estratégias que eram conhecidas por terem alto potencial. A justificativa era que, dada a falta de informações sobre as NCS no Canadá, um exame abrangente de ampla variedade de estratégias em todos os ecossistemas teria alta relevância política e estabeleceria



Caminhando ao longo de um tronco caído na Great Bear Rainforest da Colúmbia Britânica, Canadá. © Jason Houston

o cenário para uma conversa nacional sobre o papel da natureza na ação climática. Além disso, como as NCS representaram o primeiro programa relacionado ao clima da *Nature United*, uma iniciativa de pesquisa seria a maneira eficaz de construir uma comunidade de prática em todos os setores e credibilidade para a *Nature United* como organização baseada na ciência.

Foram introduzidos novos aspectos técnicos que adaptaram a avaliação ao contexto canadense. Por exemplo, embora o albedo (*veja o Glossário*) tenha sido reconhecido como uma influência importante na mitigação terrestre, especialmente no contexto do norte, as avaliações das NCS anteriores globais e dos EUA não

incluíram seu efeito devido à complexidade e à falta de dados. Desenvolveram-se, então, novas análises com base no mapeamento recente de albedo^[61] para entender melhor as suas implicações em estratégias que expandiram a cobertura de árvores, consequentemente, aplicando um “desconto” de albedo a essas estratégias^[15]. Além disso, a análise foi adaptada para incluir uma avaliação dos custos econômicos da mitigação de acordo com o preço atual do carbono no Canadá. Também se usou um critério de viabilidade para estratégias de manejo e restauração, em que se modelou a implementação e mitigação associada em 10% da área de oportunidade por ano, em um período de implementação de 10 anos (2021–2030).



Usar as NCS como medidas para combater as mudanças climáticas de maneira que sejam consideradas nas NDCs exigirá um alinhamento entre as estratégias de NCS específicas e o inventário nacional de GEE e os métodos de reporte.



Céu nublado sobre pastagens no Canadá. © Jean Wallace/TNC

LIÇÕES APRENDIDAS

As avaliações feitas à escala do país são essenciais para fundamentar a implementação das NCS nas realidades nacionais. Por exemplo, uma descoberta surpreendente da [avaliação de NCS no Canadá](#) foi o grande potencial da agricultura. Sendo um país do norte dominado por florestas, a expectativa era de que as florestas representassem as principais oportunidades para a mitigação do clima. No entanto, dado que as florestas são relativamente bem-geridas e que a conversão florestal é relativamente limitada, as estratégias de NCS florestais mostraram o menor potencial de mitigação dos quatro tipos de ecossistemas examinados.

A implementação de NCS precisa reconhecer e se valer das prioridades e abordagens existentes. O trabalho da *Nature United* até agora está concentrado na preservação liderada por indígenas. Embora a equipe tenha reconhecido o valor de avançar com um esforço de pesquisa colaborativa para preencher uma reconhecida falta de informações sobre o potencial das NCS para levar à mitigação, é preciso alavancar esta ciência e as iniciativas das NCS de maneira que se respeitem os direitos e conhecimentos indígenas,

assim como apoiar a governança indígena, ordenamento territorial, direito à terra e desenvolvimento econômico –reconhecendo que as NCS ocorrerão nos territórios tradicionais dos povos indígenas.

Existem diferenças entre o que esta avaliação científica revelou sobre o potencial das NCS e o que o Canadá incluiu em suas metas e estrutura de contabilidade para medir o progresso em direção às metas de redução de emissões. Por exemplo, a avaliação das NCS do Canadá identificou a conversão evitada de turfeiras como tendo um bom potencial de mitigação. Todavia, houve um desalinhamento entre o potencial de mitigação que foi identificado e como o Canadá contabiliza as emissões e remoções associadas ao manejo de turfeiras e ao uso da terra. Usar as NCS como medidas para combater as mudanças climáticas de maneira que sejam consideradas nas NDCs exigirá um alinhamento entre as estratégias de NCS específicas e o inventário nacional de GEE e os métodos de reporte. Embora se tenha podido documentar esse alinhamento retrospectivamente (*consulte a tabela na próxima página*), o envolvimento precoce dos cientistas que trabalham no departamento governamental que prepara os relatórios teria sido benéfico para construir esse alinhamento.

	NCS Canadá Estratégias	Como a estratégia é avaliada no Relatório de Inventário Nacional (NIR) de 2020 do Canadá	UNFCCC Categoria
Florestas	Conversão florestal evitada	Emissões/remoções (E/R) contabilizadas na conversão de florestas em terras agrícolas, pântanos, assentamentos e Produtos de Madeira Coletados (PMC).	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)
	Manejo florestal melhorado	E/R contabilizadas em Terras Florestais que permanecem como Terras Florestais (TFTF) e PMC da TFTF.	LULUCF
	Cobertura de dossel urbano	E/R contabilizadas na categoria de Árvores Urbanas de Assentamentos restantes (AUA).	LULUCF
	Restauração da cobertura florestal	E/R contabilizadas em Terra Convertida em Terra Florestal (estabelecimento de floresta onde o uso anterior da terra não era floresta). O plantio de árvores após a colheita é considerado reflorestamento, não florestamento.	LULUCF
Pântanos	Perda evitada de ervas marinhas	Atualmente não incluída. Os dados de atividade não estão disponíveis para avaliar as perdas de forma consistente em todo o Canadá.	LULUCF
	Conversão evitada de turfeiras	E/R contabilizadas como Pântanos que permanecem como Pântanos (PP) - Extração de turfa (locais drenados e reumidificados). O Relatório de Inventário Nacional não informa sobre a conversão dos pântanos para outros usos da terra. As categorias de pântanos apenas relatam as emissões de reservatórios hídricos e a extração de turfa horticultural.	LULUCF
	Conversão evitada de pântanos de água doce mineral	Atualmente não incluída. As estimativas de conversão para a região de <i>Prairie Potholes</i> e o leste do Canadá estão em desenvolvimento.	LULUCF
	Restauração de pântanos salgados	Atualmente não incluída. Os dados de atividade não estão disponíveis para elaborar um modelo de restauração de forma coerente em todo o Canadá.	LULUCF
	Restauração de ervas marinhas	Atualmente não incluída. Os dados de atividade não estão disponíveis para elaborar um modelo de restauração de forma coerente em todo o Canadá.	LULUCF
	Restauração de turfeiras	Atualmente não incluída. Os dados de atividade não estão disponíveis para elaborar um modelo de restauração de forma coerente em todo o Canadá. Algumas estimativas incluídas no modelo para extração de turfa.	LULUCF
	Restauração de pântanos de água doce mineral	Atualmente não incluída. As estimativas para a região de <i>Prairie Potholes</i> e o leste do Canadá estão em desenvolvimento.	LULUCF
Pastagens	Conversão evitada de pastagens	E/R contabilizadas como Terras de Pastagens para Terras Agrícolas (TPTA) e Terras de Pastagens para Assentamento (TPA). Inclui somente pastagens nativas em pradarias. As taxas de perda de pastagens são atualmente rastreadas, mas as estimativas se referem a pastagens ininterruptas; todos os outros elementos estão em terras agrícolas.	LULUCF
	Restauração de pastagens ribeirinhas	Atualmente não incluída. Os dados de atividade não estão disponíveis para elaborar um modelo de restauração de forma coerente em todo o Canadá.	LULUCF
Terras agrícolas	Consortiação de árvores	E/R contabilizadas em Terras Agrícolas que permanecem como Terras Agrícolas (TATA) - Biomassa de madeira.	LULUCF
	Conversão evitada de cinturões de proteção - quebra-vento	E/R contabilizadas em TATA - Biomassa de madeira.	LULUCF
	Plantação de árvores ribeirinhas	E/R contabilizadas em TATA - Biomassa de madeira.	LULUCF
	Silvipastoril	E/R contabilizadas em TATA - Biomassa de madeira.	LULUCF
	Manejo de nutrientes	E/R contabilizadas em fertilizantes nitrogenados inorgânicos e fertilizantes nitrogenados orgânicos (N ₂ O). Não há dados de atividades atuais sobre os níveis de implementação.	Agricultura
	Resíduos das culturas - carvão vegetal	Atualmente não incluída.	Agricultura
	Culturas de cobertura	E/R contabilizadas em TATA (Mudança no mix de culturas; Mudança na terra de pousio de verão / (PV)) como duas mudanças no manejo da terra: Redução de PV. Aumento das plantações perenes.	LULUCF
	Redução da lavoura	E/R contabilizada em TATA como mudança na lavoura (Mudanças no Manejo da Terra: Convencional para reduzido; Convencional para o plantio direto; Outro).	LULUCF
	Aumento dos cultivos de leguminosas	E/R contabilizadas como emissões diretas de N ₂ O Terras agrícolas (Terras manejadas).	Agricultura
	Culturas de leguminosas	Atualmente não incluída. E/R poderiam ser contabilizadas em Terras Agrícolas (emissões diretas de N ₂ O da terra manejada).	Agricultura
	Manejo de esterco	Atualmente não incluída. O E/R poderia ser contabilizado como emissões de CH ₄ do manejo de esterco animal (manuseio e armazenamento de esterco animal).	Agricultura

Figura 11: Alinhamento das rotas de avaliação das NCS do Canadá com o NIR e as categorias da UNFCCC. O comprimento da barra de cor indica alinhamento total, parcial, ou nenhum alinhamento entre as rotas de NCS e o NIR



China

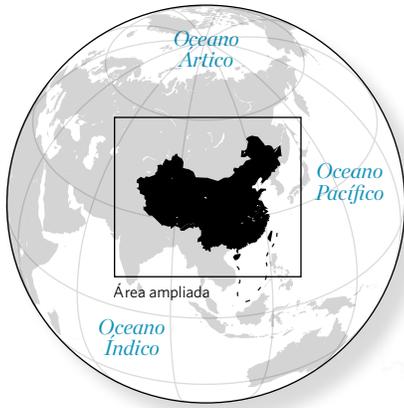
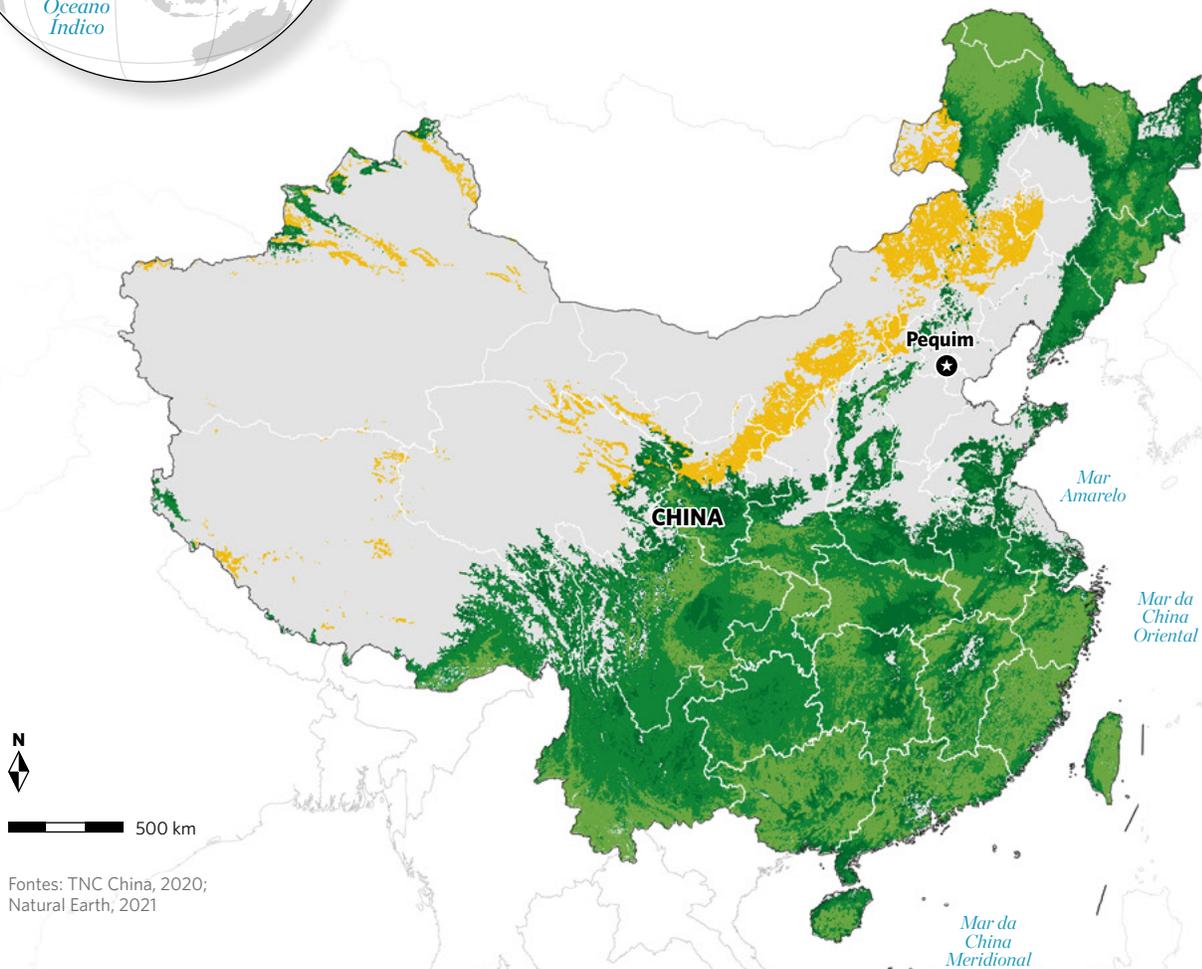


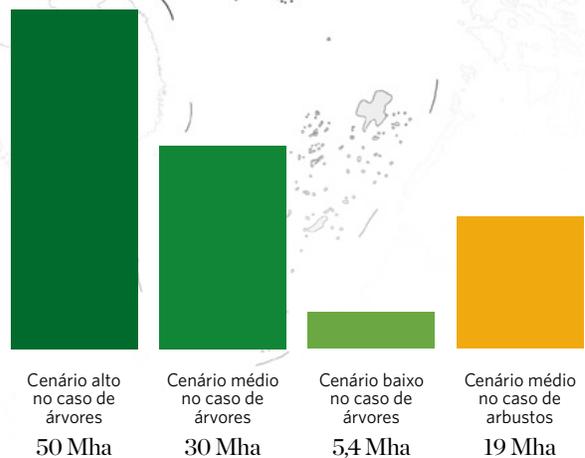
Figura 12: Área de oportunidade para restauração e melhora do manejo das florestas na China (cenário alto para árvores que inclui cenário médio e baixo, cenário médio que inclui baixo; somente cenário médio mostra arbustos)

Cenário médio no caso de arbustos ■ Cenário baixo no caso de árvores ■
 Cenário médio no caso de árvores ■
 Cenário alto no caso de árvores ■



Fontes: TNC China, 2020;
 Natural Earth, 2021

As emissões de GEE da China quadruplicaram nas últimas três décadas^[62]. Na posição de maior emissor de GEE do mundo, a China se comprometeu a ser neutra em carbono até 2060, por meio da adoção de políticas e medidas mais ambiciosas.



As soluções baseadas na natureza (SbN) começaram a entrar no contexto da política chinesa e foram amplamente aceitas depois que o país coliderou o simpósio de SbN na Cúpula do Clima de Nova Iorque em 2019. As SbN incluem estratégias que empregam a natureza para enfrentar as mudanças climáticas; e, como tal, a equipe da China costuma usar o termo SbN na construção de relacionamento e comunicação para abranger o trabalho da equipe das NCS. É mais fácil envolver as pessoas com o trabalho das NCS porque já estão familiarizadas com as SbN. Além disso, o trabalho das SbN está conectado com ministérios diferentes, incluindo o Ministério dos Recursos Naturais, o Ministério da Ecologia e Meio Ambiente, o Ministério da Agricultura e Assuntos Rurais e a Administração Estatal de Florestas e Pastagens. A equipe da TNC na China tem feito trabalhos relacionados às NCS/SbN há mais de duas décadas e, portanto, pôde valer-se desses relacionamentos preexistentes usando o termo SbN.

As NCS não substituirão a redução das emissões dos setores de energia, indústria e transporte, mas podem complementar esses esforços para alcançar a neutralidade de carbono até 2060. Alinhada em torno dessa premissa, a equipe envolve-se com uma variedade de partes interessadas, publica artigos científicos e apoia a divulgação e o desenvolvimento de políticas a fim de aumentar o impacto. Com uma janela política para o desenvolvimento “verde”, sustentável e de baixo carbono aberta pelo resto da década, isso fornece uma base sólida para fortalecer a ação de NCS na China.

PESQUISA DE CENÁRIO

Várias províncias chinesas estão desenvolvendo estratégias até 2060 para o alcance da neutralidade de carbono da China e fornecendo evidências do potencial de mitigação de NCS. Portanto, para alinhar metas políticas com o compromisso de

neutralidade de carbono, o prazo de referência para a avaliação das NCS foi definido como 2060. A TNC e seus parceiros realizaram uma série de reuniões para revisar as políticas públicas de NCS relevantes na China, incluindo aquelas relacionadas com florestas, áreas úmidas, pastagens e agricultura, com o intuito de priorizar as estratégias de NCS do país a serem analisadas. Para entender melhor o potencial de mitigação econômica das estratégias de NCS na China, realizou-se uma revisão da literatura com foco não apenas em estudos nacionais e regionais na China, mas também em estudos globais. A última pesquisa mostra que, na metade do século 21, o sequestro líquido de carbono para o setor de AFOLU na China será de cerca de 700 Mt CO₂e por ano^[63].

As análises globais da TNC avaliaram que o reflorestamento tem o maior potencial de mitigação para o país. Reflorestamento e manejo florestal melhorado colaboram proeminentemente com as NDCs da China^[64]. O Presidente Xi anunciou que a China irá expandir o estoque florestal em 6 bilhões de m³, em comparação aos níveis de 2005, até 2030^[65]. Como resultado dos esforços contínuos em grande escala para acrescentar árvores à paisagem, terras adicionais adequadas para reflorestamento foram gradualmente reduzidas, colocando o *manejo florestal melhorado* em posição significativa para contribuir com o aumento do volume do estoque florestal. Enquanto isso, em áreas de estresse hídrico ou para evitar desertificação, os arbustos podem ser ecologicamente mais apropriados do que as árvores para atividades de restauração continuada.

A área total do ecossistema de “carbono azul” (manguezais, algas marinhas e áreas úmidas salgadas), na zona costeira da China, é de 1.623–3.850 km²^[66]. A capacidade total de sequestro de carbono dos vários tipos de áreas úmidas na China é de 4,91 Mt CO₂e por ano^[67]. A média anual de sequestro de carbono desses sistemas de carbono azul é de 1.28–3.06

As SbN incluem estratégias que usam a natureza para enfrentar as mudanças climáticas; e, como tal, a equipe da China costuma usar o termo SbN para abranger o trabalho da equipe das NCS.



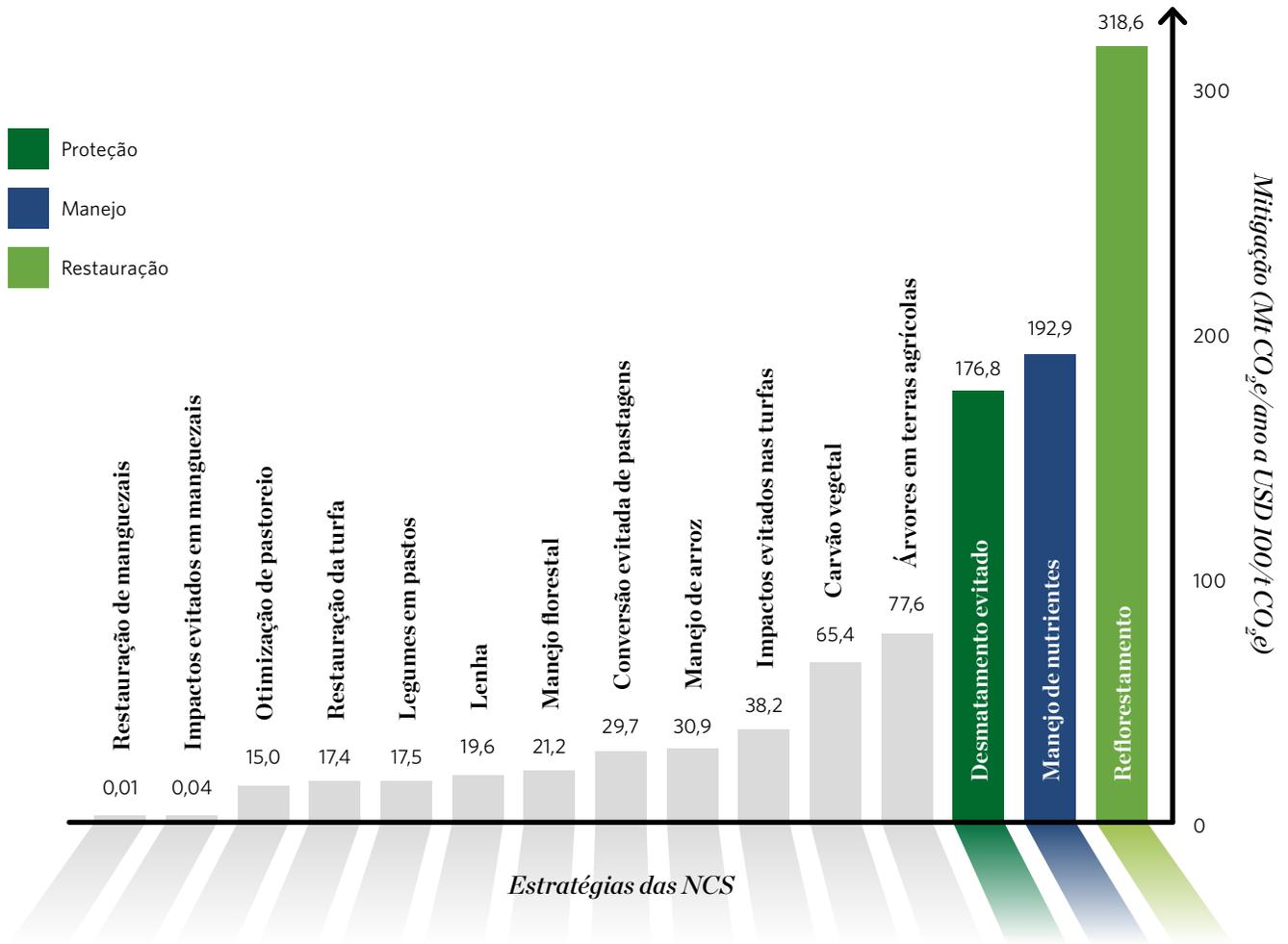


Figura 13: Potencial de mitigação da China baseado em dados globais. Gráfico adaptado da ficha técnica da China no [Atlas Mundial das NCS](#)

Mt CO₂e ao ano. Contudo, devido ao impacto combinado da mudança climática, recuperação, superutilização de recursos e poluição ambiental, o ecossistema do carbono azul está sendo rapidamente degradado na China^[66].

Nos últimos 40 anos, a produção agrícola da China continuou a aumentar graças ao alto investimento. De acordo com o Faostat, em 2018, o consumo de fertilizantes químicos do país foi de 56,5 milhões de toneladas e o uso de fertilizantes de nitrogênio, fósforo e potássio representou 26%, 19% e 27% do consumo global total, respectivamente^[68]. O armazenamento

de carbono em pastagens da China corresponde a 7,5% do armazenamento de carbono em pastagens do mundo, o que indica que a proteção e restauração de pastagens apresentam um grande potencial de mitigação^{[69][70]}. Para reduzir as emissões de GEE do setor agrícola, a China criou uma série de regulamentos. A redução de emissões agrícolas foi colocada em destaque no Programa Nacional da China sobre Mudanças Climáticas, conforme mencionado no 12º Plano Quinquenal^[71] e no 13º Plano Quinquenal^[72] para Controle de Emissões de GEE. Entre as NDCs da China, as ações relacionadas ao manejo de nutrientes são essenciais para reduzir as emissões de GEE.



Picos cobertos de névoa na Reserva Natural de Laohegou, Província de Sichuan, China. © Nick Hall/TNC

Depois de coletar informações por meio da revisão das políticas nacionais e literatura, organizaram-se reuniões com especialistas dos setores governamental, acadêmico, público e privado. Isso permitiu que se compreendesse melhor suas necessidades e planos estratégicos para enfrentar as mudanças climáticas e identificar potenciais barreiras e oportunidades para promover as NCS como uma alternativa econômica para atingir as metas de NDCs.

ESTRATÉGIAS DE NCS DA CHINA

A equipe responsável pela análise contou com representantes da TNC China, TNC global e parceiros estratégicos locais e globais. Usando dados globais^{[2][31][50]} (veja Figura 13 acima), o grupo identificou as três estratégias prioritárias em termos de potencial de mitigação e custo de implementação que, quando combinadas, reduziriam as emissões em 688 Mt Co₂e/ano: *reflorestamento*, *manejo de nutrientes* e *desmatamento evitado*.

Embora os dados globais mostrem alto potencial para o *desmatamento evitado* como uma opção de mitigação, a conversão de florestas permanentes tende a ser baixa, com base no lançamento da Linha Vermelha de Conservação Ecológica da China^[73], que visa proteger sistemas ecológicos importantes em mais de um quarto da China continental. Portanto, seria desafiador estimular outras ações adicionais relacionadas à prevenção da conversão de florestas permanentes. Tanto *reflorestamento* quanto *manejo de nutrientes* têm um potencial climático de custo-benefício substancial na China. Além disso, a TNC China vem trabalhando em reflorestamento e manejo florestal há 20 anos, como ações complementares que, juntas, fornecem uma grande oportunidade para a implementação de novas opções de mitigação. Pelas razões supracitadas, *manejo de nutrientes*, *reflorestamento* e *manejo florestal melhorado* foram selecionados como as estratégias prioritárias para avaliação de potencial de mitigação. A equipe chinesa está trabalhando com especialistas da Academia Chinesa de Ciências Agrícolas, da Aca-

demia Chinesa de Ciências e da Academia Chinesa de Ciências Florestais para conduzir a avaliação com base em sua experiência e influência na comunidade de mudança climática na China.

LIÇÕES APRENDIDAS

Estabelecer parcerias estratégicas é um passo importante para construir relacionamentos, mostrar o trabalho e influenciar os processos de tomada de decisão. Para garantir que os resultados tenham credibilidade e sejam utilizados pelos tomadores de decisão e para aprimorar a implementação das NCS, trabalha-se em estreita colaboração com o Centro Nacional de Estratégia de Mudança Climática e Cooperação Internacional (NCSC), do Ministério da Ecologia e Meio Ambiente e do Instituto de Mudança Climática e Desenvolvimento Sustentável (ICCSA) da Universidade Tsinghua. Ambos são grupos importantes e influentes que fornecem suporte técnico e político e recomendações aos formuladores de políticas sobre governança climática.

Publicar artigos em periódicos convencionais também é importante para influenciar a agenda de mudanças climáticas na China. No início de 2020, foi publicado um artigo sobre NCS na revista *Advances in Climate Change Research*^[74]. As conclusões desse documento foram incluídas nos materiais de referência internos distribuídos no Ministério de Recursos Naturais. Além disso, completou-se um livro^[75] que apresenta metodologias e melhores práticas relacionadas a intervenções de soluções baseadas na natureza.

É essencial facilitar a cooperação intersetorial para maximizar os resultados da política climática. As NCS abrangem vários ecossistemas cujas políticas são administradas por vários ministérios (incluindo o Ministério de Recursos Naturais, o Ministério da Ecologia e Meio Ambiente, o Ministério da

Agricultura e Assuntos Rurais e a Administração Estatal de Florestas e Pastagens) devido à estrutura administrativa chinesa. Para liberar holisticamente o potencial das NCS, tanto na prática quanto no âmbito político, a equipe da TNC China está trabalhando com departamentos-chave de vários ministérios, em vez de apenas aqueles diretamente responsáveis pela política de mudança climática.

As NCS serão fundamentais para ajudar a China a cumprir seu compromisso de neutralidade de carbono. Como uma abordagem “sem arrependimentos”, as NCS são essenciais para que a China alcance a neutralidade de carbono, enquanto também fornece cobenefícios valiosos para a biodiversidade, as comunidades e a economia. A China desenvolveu seu 14º Plano Quinquenal, sendo que os próximos cinco anos serão importantes para determinar se o país poderá ser bem-sucedido neste compromisso. O plano apresenta ênfase no desenvolvimento “verde”, sustentável e de baixo carbono, o que aumenta o potencial das NCS de contribuir para a formulação e implementação de políticas em todos os setores e ministérios.

Futuramente, dado o aumento do foco público e político nas NCS, a TNC investigará estratégias adicionais tais como a *restauração de áreas úmidas, agricultura regenerativa e otimização de pastagens*. Esta também é uma grande oportunidade para fortalecer conexões com os setores de agricultura e pecuária. Mais de 60% das emissões totais de GEE vêm do setor privado, por isso é importante envolver as empresas para aprimorarem as intervenções das NCS. No início de 2021, várias dentre as maiores empresas da China anunciaram o início do processo de planejamento de neutralidade de carbono, enquanto outras se comprometeram com a neutralidade de carbono até 2030 e 2040, assim, este é um bom momento para ativar o investimento corporativo na implementação de NCS.

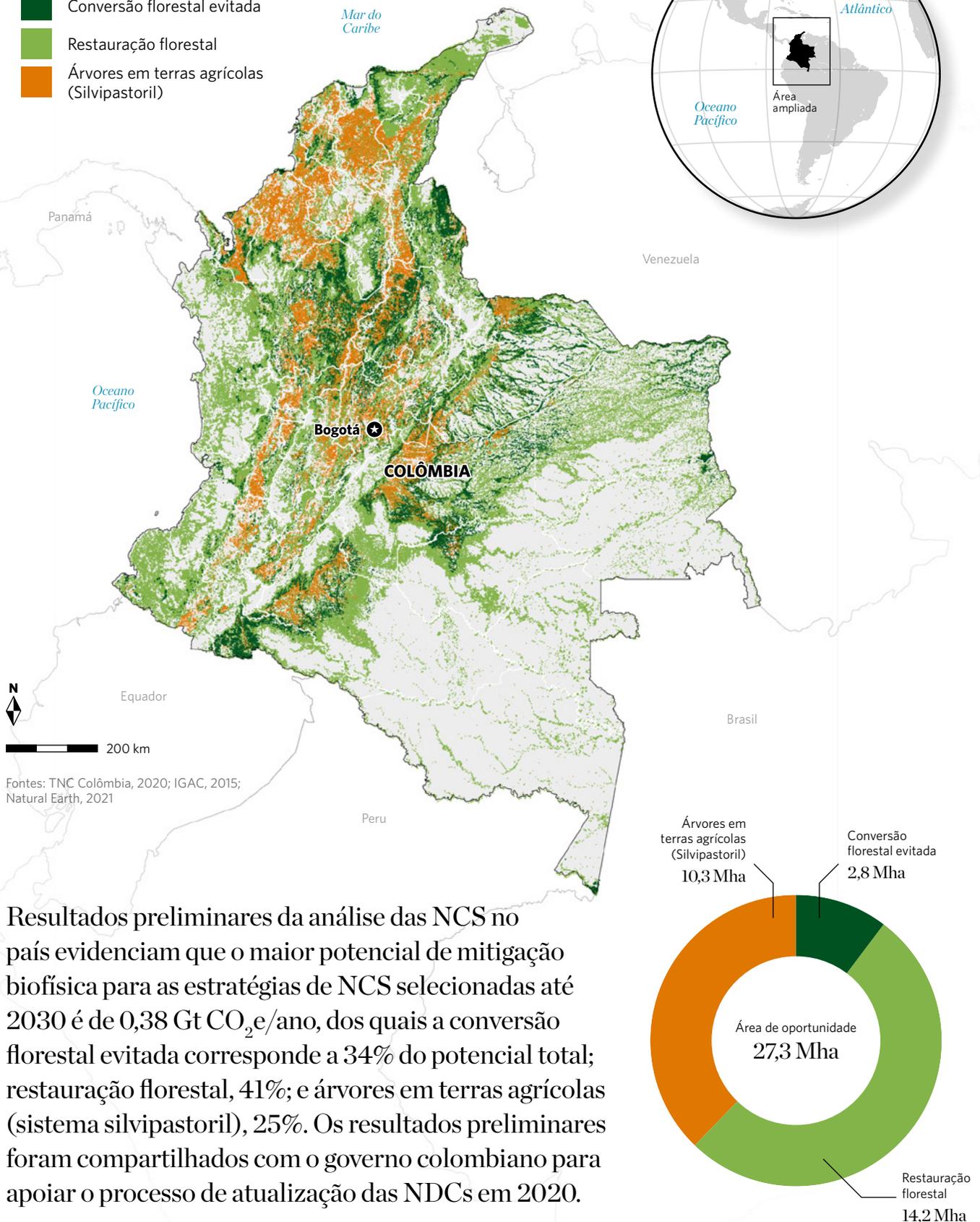


Colômbia

5.

Figura 14: Área de oportunidade das NCS na Colômbia

- Conversão florestal evitada
- Restauração florestal
- Árvores em terras agrícolas (Silvipastoril)



Resultados preliminares da análise das NCS no país evidenciam que o maior potencial de mitigação biofísica para as estratégias de NCS selecionadas até 2030 é de 0,38 Gt CO₂e/ano, dos quais a conversão florestal evitada corresponde a 34% do potencial total; restauração florestal, 41%; e árvores em terras agrícolas (sistema silvipastoril), 25%. Os resultados preliminares foram compartilhados com o governo colombiano para apoiar o processo de atualização das NDCs em 2020.

Em uma decisão histórica, publicada no final de 2020, o governo colombiano aumentou a ambição de seu compromisso de NDCs de redução de emissões para 51% em comparação com a linha de base de 2010 – equivalente à redução aproximada de 169,4 Mt CO₂e anualmente até 2030. Quase 75% desta mitigação total deve vir de medidas relacionadas ao setor de AFOLU, incluindo redução do desmatamento, restauração e/ou implementação de sistemas silvipastoris e outros sistemas agroflorestais.

Atualmente, o setor de AFOLU na Colômbia contribui com 62% das emissões do país (em comparação com 24% das emissões em escala global), principalmente devido ao desmatamento, à degradação florestal e à pecuária convencional. O alto nível de emissões desse setor representa uma oportunidade de implementação de ações com foco na proteção, gestão e restauração de ecossistemas naturais para redução de emissões.

Em 2017, a Colômbia publicou o Imposto Nacional sobre o Carbono, que se aplica a empresas que fazem uso de combustíveis fósseis^{[76][77]}. Atualmente, o imposto é de aproximadamente USD 5 por tonelada métrica de CO₂e, aumentando anualmente de acordo com a inflação do país. No atual contexto nacional é importante destacar que há duas opções possíveis para empresas sujeitas ao imposto. A primeira é pagar diretamente o valor que representa as emissões do uso de combustíveis fósseis, e a segunda é com-

pensar a pegada de carbono da empresa por meio de projetos desenvolvidos na Colômbia que geram créditos de carbono, muitos dos quais provêm do setor de AFOLU. Para uma empresa privada, o mercado voluntário de carbono pode representar uma opção flexível para estar em conformidade com o Imposto Nacional sobre o Carbono.

PESQUISA DE CENÁRIO

A revisão de literatura realizada pela TNC Colômbia incluiu artigos científicos publicados em revistas indexadas, teses *on-line* e físicas armazenadas em bibliotecas de universidades, relatórios oficiais do governo nacional e relatórios com resultados desenvolvidos pela TNC, bem como por outras organizações não governamentais e pelo setor privado. Foram levantados relatórios e mapas oficiais recentes sobre desmatamento, adequação da terra e planos nacionais de restauração, bem como informações específicas do país sobre o conteúdo de carbono e estratégias associadas às mudanças de uso da terra no cenário BAU (por exemplo, desmatamento) e alternativas de NCS (por exemplo, proteção e restauração florestal, sistemas silvipastoris). Além disso, a partir de análises anteriores, a TNC Colômbia desenvolveu informações sobre estoques de carbono e trajetórias para as principais estratégias de NCS no país, a fim de complementar as informações existentes.

Foram pesquisadas as principais tendências nas políticas públicas colombianas voltadas para o enfrentamento da mudança climática, especialmente no setor de AFOLU, e identificaram-se possíveis vínculos com as estratégias de NCS que melhor contribuem para o cumprimento das metas nacionais e internacionais. Algumas das políticas revisadas incluem a Estratégia Colombiana de Desenvolvimento de Baixo Carbono, a Política Nacional de Mudança Climática e a Estratégia de Controle do Desmatamento e Manejo Florestal, que estão asso-



Uma mulher na Colômbia que participa do programa de pecuária sustentável corta madeira para uso em cercas, móveis ou forragens para gado. © Juan Arredondo/TNC

ciadas às NDCs da Colômbia e visam promover um vínculo entre o crescimento econômico e a redução das emissões. Nesse sentido, foram considerados programas nacionais e regionais como o Plano Nacional de Restauração ou o programa Visão Amazônia.

ESTRATÉGIAS DAS NCS DA COLÔMBIA

A equipe identificou inicialmente 13 estratégias como sendo relevantes na Colômbia e refinou suas definições para torná-las apropriadas ao âmbito local. Conduziu-se um processo estruturado para priorizar as estratégias de NCS na análise, ao classificar as estratégias de acordo com vários critérios potenciais, conforme avaliado por uma série de partes interessadas:

potencial de mitigação, interesse do governo, possíveis cobenefícios, disponibilidade de dados e capacidade da equipe da TNC.

As reuniões entre a equipe da TNC Colômbia e especialistas dos setores acadêmico, público e privado foram importantes para priorizar as estratégias de NCS, pois essas reuniões ajudaram a equipe a compreender as necessidades e os planos estratégicos para reduzir as emissões de carbono e explorar com eles as barreiras e as oportunidades para promover as NCS como opções econômicas a fim de cumprir metas de redução de emissões e apoiar o processo de atualização das NDCs.

Com relação ao setor público colombiano, houve reunião com os Ministérios do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Agricultura e Desenvolvimento Rural e Relações Externas para entender a estratégia do governo para atualizar as NDCs e promover as NCS como uma forma de apoiar o processo de atualização. Também participaram

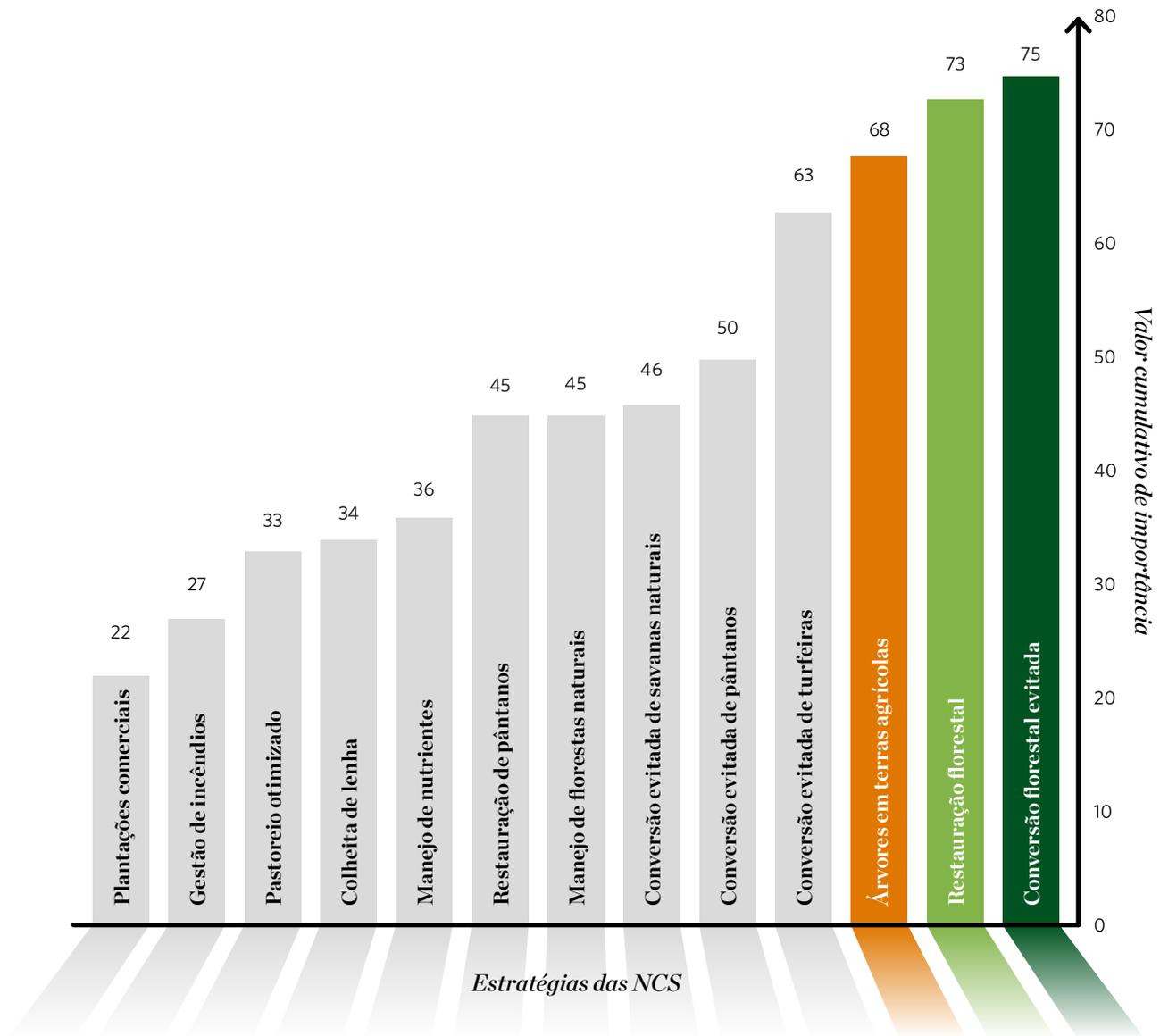


Figura 15: Estratégias prioritárias das NCS para análise na Colômbia com base em extensas avaliações

outros órgãos técnicos responsáveis pela produção de inventários florestais e de GEEs nacionais, bem como pelos relatórios de desmatamento, entre outras informações relevantes. Isso contribuiu para entender a disponibilidade de informações oficiais que poderiam ser incluídas nesta análise de NCS.

Por fim, houve reunião com partes interessadas do setor privado, incluindo empresas dos setores de energia e indústria na Colômbia que se comprometeram a reduzir suas emissões. Isso ajudou a

identificar estratégias de NCS que podem auxiliar no cumprimento de suas metas de redução de emissões alinhadas com seus interesses.

As três estratégias priorizadas — *conversão florestal evitada*, *restauração florestal* e *árvores em terras agrícolas* (sistemas silvipastoris) — foram classificadas como detentoras do maior potencial para contribuir com a mitigação da mudança climática e como relevantes para que a Colômbia alcance sua meta de redução de emissões aumentada recentemente.

A Colômbia é o segundo país com maior biodiversidade por área do planeta^[78], porém o desmatamento, a degradação do ecossistema e as práticas de produção insustentáveis estão ameaçando a biodiversidade nacional. Portanto, uma análise precisa dos cobenefícios para a conservação da biodiversidade ligados ao potencial de mitigação de cada estratégia de NCS ajudará a destacar áreas-chave a proteger e restaurar no país. A TNC Colômbia avaliou o habitat e a distribuição de mais de 7 mil espécies de vertebrados, com ênfase em espécies ameaçadas e endêmicas. Essa avaliação visou relacionar o potencial de mitigação das estratégias de NCS prioritárias na Colômbia com os índices de biodiversidade em relação à riqueza e representatividade.

Ademais, a TNC Colômbia conduziu avaliações de acompanhamento dos cobenefícios sociais e hídricos, bem como uma análise de custo de cada estratégia de NCS a preços de carbono diferentes, incluindo o imposto sobre o carbono atual no país (USD 5/tCO₂e). Por fim, uma análise das barreiras e das oportunidades para implementar atividades de NCS nos setores público e privado da Colômbia fornece *insights* para a promoção das NCS como catalisadoras dos mercados de carbono no país e como opções financeiras para as comunidades locais.

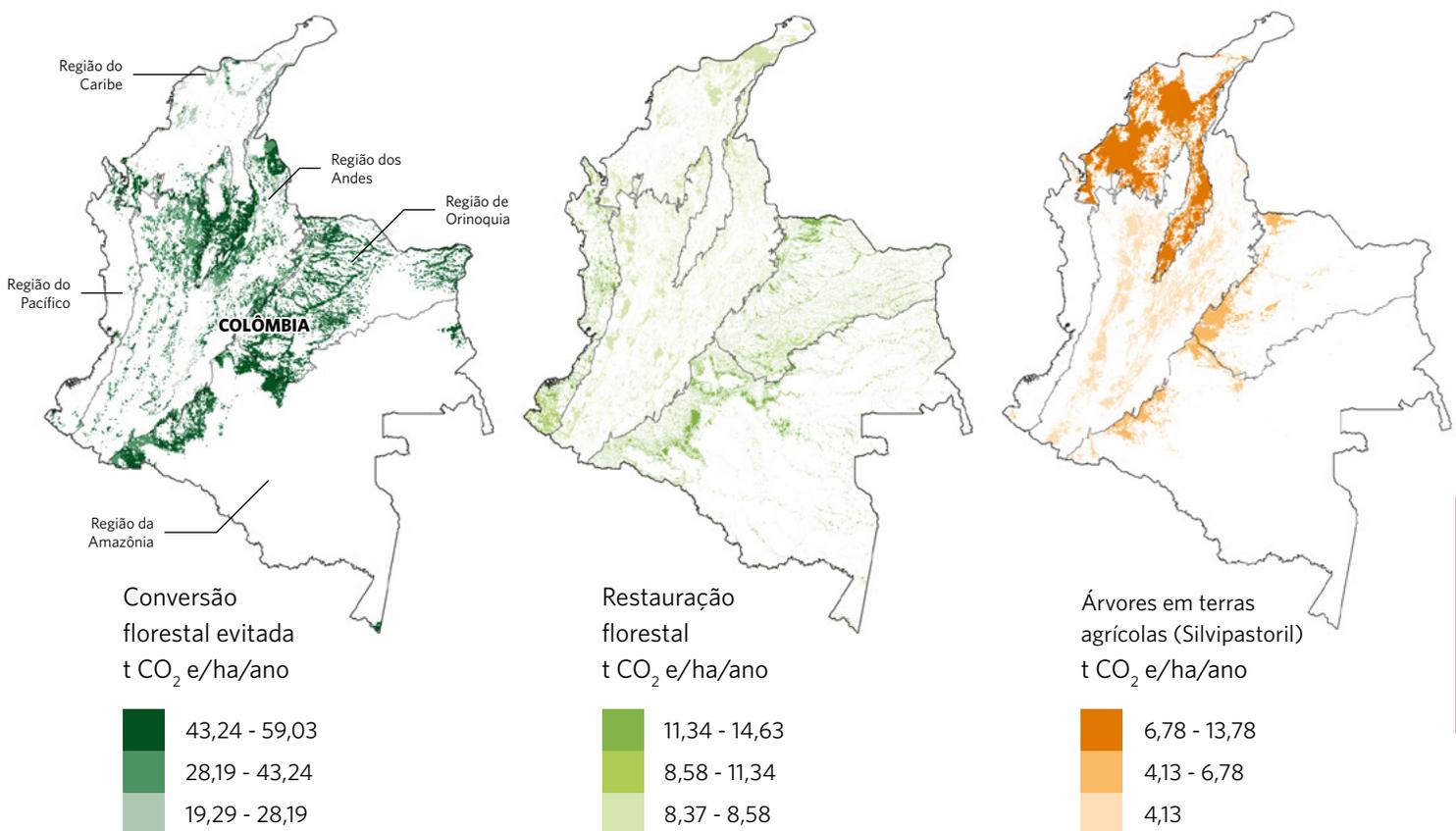


Figura 16: Potencial máximo de mitigação anual das estratégias de NCS evitando a *conversão florestal*, *restauração florestal* e *árvores em terras agrícolas* (sistemas silvipastoris) na Colômbia para 2030

Fontes: TNC Colômbia 2020, IGAC 2015

A photograph of a dense tropical forest. In the foreground, there are large, vibrant green ferns. Several people are visible in the middle ground, some standing and some walking. In the background, a large, flat-topped mountain peak rises above the trees under a cloudy sky. The overall scene is lush and green, with a mix of tree heights and dense foliage.

Além da mitigação, a equipe da TNC Colômbia analisou os cobenefícios para a biodiversidade, a água e os benefícios sociais a fim de destacar ainda mais as áreas-chave para proteger e restaurar. Análises de custos em diferentes pontos de preço e análises de barreiras e oportunidades ajudam a esclarecer caminhos viáveis para a implementação.



Uma equipe da TNC Colômbia realiza treinamento de campo sobre o cultivo do cacau na região amazônica da Colômbia. © Adrian Rico

LIÇÕES APRENDIDAS

A Colômbia possui política e estrutura institucional para mudanças climáticas robustas que definem critérios para a implementação de NCS. No entanto essa estrutura existente possui um conjunto de obstáculos que afetam a implementação de NCS. Os obstáculos que a equipe da TNC identificou incluem:

- Alta rotatividade de funcionários públicos impacta a eficácia dos órgãos de tomada de decisão.
- A coordenação interinstitucional e territorial não conta com alocação de orçamento e pessoal, o que torna sua implementação difícil e dependente da vontade e capacidade pessoal de cada funcionário.
- Não existe um alinhamento claro entre os instrumentos de planejamento para o enfrentamento das mudanças climáticas e os de ordenamento do território, tampouco um sistema de monitoramento que garanta

a avaliação espacial dos programas a serem implantados no país.

- Na Colômbia, apenas 37% das famílias rurais são proprietárias de terras e, dessas famílias, apenas 59% têm títulos legais.
- Não existem métricas simples e padronizadas para avaliar a eficácia das NCS que funcionam em diferentes escalas geográficas e que são adaptadas aos contextos de intervenção específicos. Também, há baixa interoperabilidade entre os setores e os mecanismos de monitoramento regionais e nacionais.
- Cada plano setorial e territorial de mudanças climáticas deve identificar e incluir as fontes de financiamento necessárias para implementar as medidas prioritizadas e reduzir a dependência excessiva dos recursos da cooperação internacional.
- Os municípios responsáveis por 84% do desmatamento no país também são os mais afetados pela pobreza, pelos conflitos e pela fraca governança.



Pastoreio de gado em San Martin, Meta, Colômbia. @ Juan Arredondo/TNC

A análise das barreiras e das oportunidades para implementar atividades de NCS no setor privado da Colômbia mostrou que:

- Os investimentos ou as atividades ambientais que mais importam para a empresa privada comum são os que afetam diretamente, e a curto prazo, o seu negócio principal e as finanças. Isso pode indicar que os setores de AFOLU e de energia são mais propensos a implementar ações de NCS.
- A falta de conhecimento das entidades financeiras sobre os projetos de NCS – e sua lucratividade, riscos e tipos de garantias – é um obstáculo para o setor privado investir em iniciativas de NCS.
- Poucas empresas ou indivíduos têm a capacidade de realizar projetos de biodiversidade e mudanças climáticas na escala necessária para sua eficácia.
- A propriedade da terra na Colômbia apresenta condição legal precária, o que se revela como obstáculo para a realização de muitos projetos e aquisição de terras.

As ações consideradas relevantes para superar esses obstáculos incluem:

- Contribuir para a elaboração de estratégias locais de planejamento de uso de terra a uma escala de paisagem nos territórios-alvo para implementação de NCS.
- Apoiar o governo colombiano a definir agendas estratégicas intersetoriais e a orquestrar políticas de implementação de NCS relevantes.
- Complementar os esforços de planejamento de uso de terra em nível local ao adotar uma perspectiva de planejamento de pequenos territórios nos processos de implementação de NCS.
- Facilitar espaços para participação que promovam dinâmicas de planejamento territorial em áreas prioritizadas para implementação de NCS.
- Complementar modelos de intervenção associados a esquemas de geração de renda por meio de NCS que integrem atividades que reforcem a cadeia de valor com ações de gestão de paisagem. Isso é particularmente importante em municípios localizados em focos de desmatamento, que são comumente afetados por pobreza, conflitos e fraca governança.

Indonésia



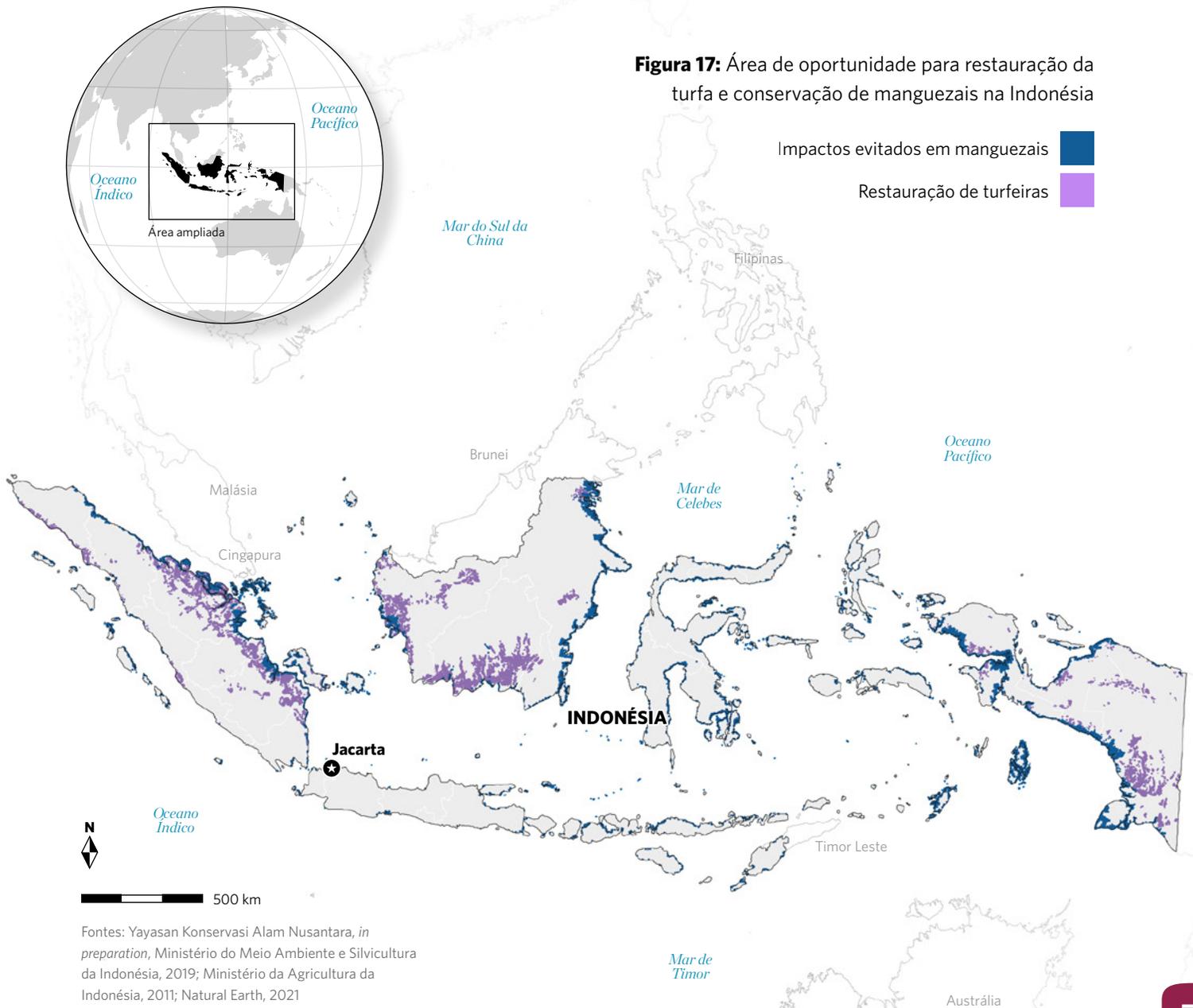


Figura 17: Área de oportunidade para restauração da turfa e conservação de manguezais na Indonésia

Fontes: Yayasan Konservasi Alam Nusantara, *in preparation*, Ministério do Meio Ambiente e Silvicultura da Indonésia, 2019; Ministério da Agricultura da Indonésia, 2011; Natural Earth, 2021

Além de suas florestas tropicais perenes, a Indonésia concentra o de áreas úmidas, turfeiras e sistemas de mangue, que são os ecossistemas mais densos em carbono nos trópicos. Embora cubram uma pequena porcentagem da área total de floresta na Indonésia, as áreas úmidas podem desempenhar um papel significativo no cumprimento das metas de redução de emissões desse território.





Pescadores passam por manguezais na cidade de Langsa, província de Aceh, Indonésia. © Junaidi Hanafiah/TNC

A Indonésia tem vivido um grande progresso econômico nas duas últimas décadas, tornando-se a segunda economia do G20 que mais tem crescido. A Indonésia ratificou o Acordo de Paris comprometendo-se a reduzir emissões de GEE em 29% incondicionalmente e até 41% condicionalmente (se for concedido financiamento de apoio internacional) até 2030 contra o cenário de emissões BAU, com base no ano de referência de 2010. A média anual de emissões de GEE entre 2006-2016 foi de 711 Mt CO₂e^[79]. O setor florestal é a principal fonte (44%) das emissões de GEE na Indonésia, nos últimos anos, e é esperado que contribua com até 17% (497 Mt CO₂e) da meta incondicional. As maiores fontes de emissões são do setor de AFOLU via decomposição de turfeiras, incêndios de turfeiras e mudança no uso da terra para cultivo. Prevê-se que a Indonésia terá o maior potencial de NCS entre os países tropicais^[80].

Além de suas florestas tropicais perenes, a Indonésia possui muitas áreas úmidas, turfeiras e sistemas de

mangue, que são os ecossistemas mais densos em carbono nos trópicos. Embora cubram uma pequena porcentagem da área total de floresta na Indonésia, as áreas úmidas podem desempenhar um papel significativo no cumprimento das metas de redução de emissões desse território. A Indonésia contém 126 milhões de hectares de áreas classificadas como florestas, dos quais 45% são destinados à conservação e proteção, enquanto o restante é destinado à produção. Existem 14,9 milhões de hectares de turfeiras, o que equivale a 84% do carbono desse tipo de solo no sudeste asiático^[81] e 18% do volume de turfeiras globalmente^[82]. Os manguezais cobrem 3,3 milhões de hectares ao longo de 95.000 km da costa da Indonésia^[83], a maior cobertura de manguezais do mundo.

Existe uma forte possibilidade de que o governo da Indonésia não aumente sua ambição de redução de emissão para a atualização das NDCs porque a meta vigente é considerada alta no contexto do

crescimento econômico do país. O foco do governo é implementar estratégias que cumpram com as metas atuais. Entretanto, o governo indonésio não descartou aumentar a ambição para futuras atualizações de NDCs. Nesse contexto, uma avaliação das NCS que inclua ciência, economia e fatores políticos pode fornecer uma visão mais clara sobre para onde os recursos podem ser direcionados de forma mais eficiente. Também proporcionará uma base e trará confiança para futuros aumentos na ambição, ao mesmo tempo que posicionará a Indonésia de forma a obter mais reconhecimento e incentivos para futuros esforços de redução de emissões.

PESQUISA DE CENÁRIO

A TNC Indonésia e seu principal parceiro local, Yayasan Konservasi Alam Nusantara (YKAN), coorganizaram um *workshop* nacional, em Bogor, em janeiro de 2020, para discutir estratégias de NCS prioritárias no território para a avaliação de NCS do país. O processo de seleção de estratégias de NCS prioritárias foi realizado em conjunto com a Agência de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação do Ministério do Meio Ambiente e Silvicultura (MoEF), envolvendo formuladores de políticas, cientistas influentes e centros de pesquisa, setor privado e ONGs.

Um dos principais objetivos da avaliação de NCS da Indonésia é fornecer evidências científicas robustas ao governo local de maneira a otimizar a oportunidade de mitigação e, assim, apoiar a o país no cumprimento de suas metas de NDC até 2030. A Indonésia recebeu aprovação para dois pagamentos baseados em resultados de REDD+ da Noruega e do Fundo Verde para o Clima como resultado dos esforços do país para reduzir as emissões do desmatamento e degradação florestal. Apesar de a metodologia e o sistema de monitoramento para a estratégia de *conversão florestal evitada* serem muito avançados na Indonésia, é necessário ainda fazer melhorias no monitoramento

nacional de outras estratégias, por exemplo, para *restauração de turfeiras e manejo florestal sustentável*.

A Indonésia está atualizando seu primeiro Nível de Referência de Emissões Florestais (NREF), publicado em 2015. O segundo NREF, que está planejado para ser submetido no final de 2021, terá duas principais melhorias: 1) a adição de mais ações de mitigação; e 2) o aprimoramento dos dados de atividade e fatores de emissão usando uma metodologia de mais alto nível (ou seja, mais complexa e precisa, com base nas instruções do IPCC^[84]) e melhor ciência disponível. O primeiro NREF cobre três ações de mitigação de emissão evitada: desmatamento, degradação e decomposição de turfas. No segundo NREF, o governo indonésio irá (provavelmente) adicionar outras três intervenções, relacionadas às emissões causadas pelos incêndios de turfeiras, carbono de solo de manguezal e reflorestamento. O programa de NCS da Indonésia dará apoio técnico ao governo para aprimorar metodologias de contabilidade de GEE para incêndios de turfeiras, decomposição de turfeiras e impactos de emissões evitadas nos manguezais.

O programa de NCS da Indonésia oferece apoio técnico-científico robusto, tais como metodologias de contabilização de impactos de turfeiras e manguezais, aos tomadores de decisão, de maneira a otimizar oportunidades de mitigação e auxiliar no cumprimento das metas de NDC.

ESTRATÉGIAS DAS NCS DA INDONÉSIA

Estratégias prioritárias foram selecionadas com base nas evidências científicas disponíveis, potencial de mitigação, eficácia da ação de mitigação e alinhamento com a estratégia nacional. Sete estratégias de NCS foram priorizadas para a avaliação de NCS da Indonésia: *conversão florestal evitada, reflorestamento, manejo florestal sustentável, impactos evitados nas*

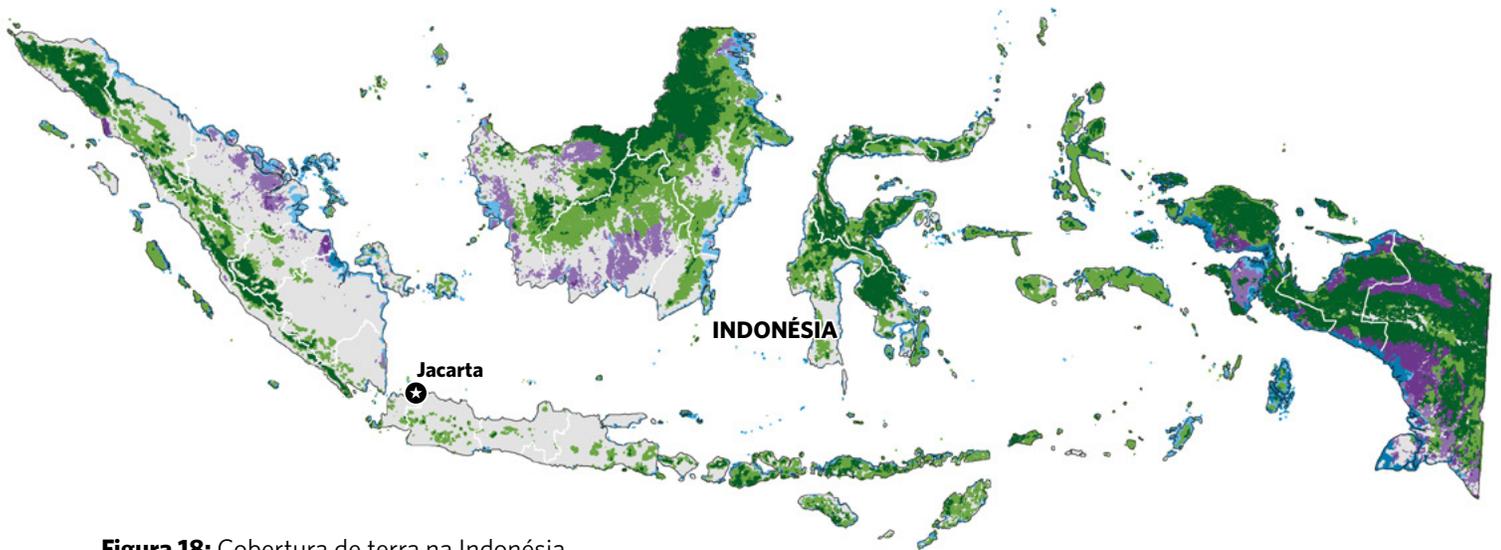
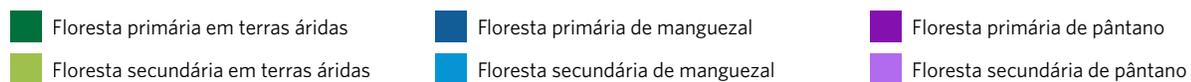


Figura 18: Cobertura de terra na Indonésia



Fontes: Ministério do Meio Ambiente e Silvicultura, Indonésia, 2019; Natural Earth, 2021

turfeiras, restauração de turfeiras, impactos evitados nos manguezais e restauração de manguezais.

A mitigação de turfeiras tem o maior potencial de NCS em comparação às outras estratégias, além disso, inclui desmatamento evitado (perda de vegetação e decomposição de turfeiras), incêndios evitados nas turfeiras e restauração de turfeiras a partir de umedecimento. Com base na análise feita, a decomposição evitada de turfas por conta de mudança na cobertura da terra tem o potencial de evitar 459 Mt CO₂e/ano, seguida de 217 Mt CO₂e de emissões evitadas dos incêndios nas turfeiras. A maior parte das emissões das turfas origina-se do solo, enquanto a perda de vegetação só emite 42 Mt CO₂e/ano. A restauração de turfas é uma estratégia promissora, que tem o potencial de reduzir 205 Mt CO₂e/ano, mas não pode compensar as emissões resultantes do uso de terra e mudanças da cobertura de terra nas turfeiras. No geral, estima-se que as potenciais reduções de emissões causadas pela conversão e incêndios evitados de turfeiras e

restauração de turfas equivalem a 924 Mt CO₂e/ano, dado próximo ao dobro da meta de redução de emissão do setor de silvicultura nas NDC da Indonésia (497 Mt CO₂e/ano) (veja Figura 19).

A Indonésia possui a maior cobertura de mangue do mundo, com estoques estimados de 563^[2] e 951-1.083 t C/ha^{[85][86]}. A análise da TNC identificou uma quantidade de 1 063±47 t C/ha. Por meio da avaliação de NCS da Indonésia, a equipe da TNC está compilando um conjunto de dados abrangentes e atualizados que pode fornecer aos formuladores de políticas as informações necessárias para determinar os valores de conservação e restauração em relação às estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Estimativas anteriores de manguezais do IPCC (2014)^[87] e Griscom *et al.* (2017)^[2] eram 2,6 vezes e 5 vezes mais baixas, respectivamente, do que a estimativa oficial da Indonésia. Assim, trabalhou-se para refinar essas estimativas anteriores usando dados de nível 2 (nível intermediário) a fim de contribuir para melhorar o

Potencial de mitigação da turfa

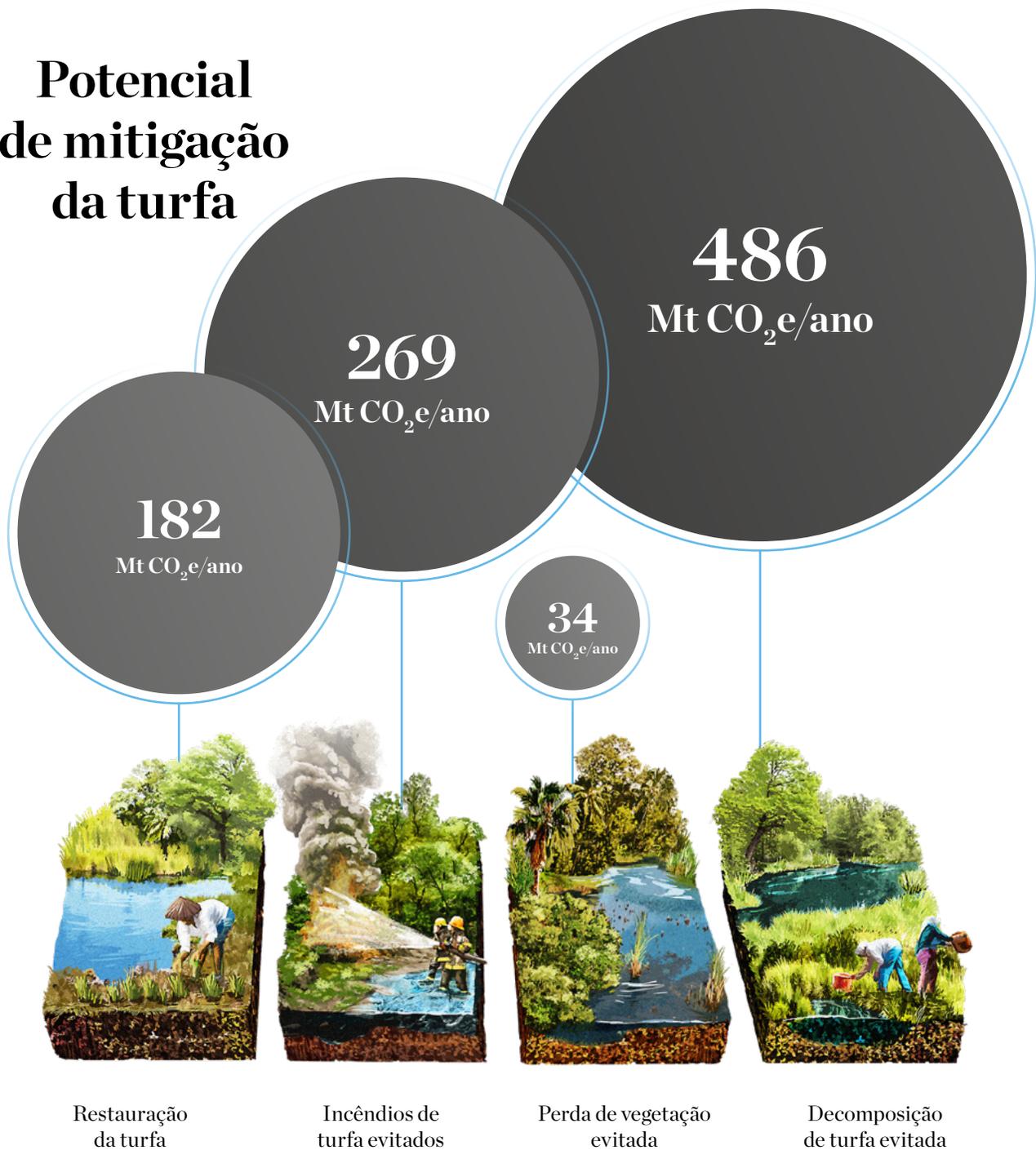


Figura 19: Redução potencial de emissões devido aos impactos evitados na turfa e sua restauração na Indonésia

fator de emissão oficial para manguezais (que é usado em todo o país para estimar as emissões a partir de dados de nível de atividade). Há estudos limitados às emissões de carbono do solo dos ecossistemas de manguezais na Indonésia, porém,

ignorar esse significativo reservatório de carbono prejudicará a capacidade do país de atingir sua meta de redução de emissões em 2030. O carbono do solo do manguezal agora está sendo considerado para o segundo NREF.



O programa de NCS da Indonésia oferece apoio técnico-científico robusto, tais como metodologias de contabilização de impactos de turfeiras e manguezais, aos tomadores de decisão, de maneira a otimizar oportunidades de mitigação e auxiliar no cumprimento das metas de NDC.

LIÇÕES APRENDIDAS

As metas governamentais, que acabarão por envolver a alocação de recursos, não são determinadas apenas por conta das descobertas científicas, mas também por outros fatores, tais como política e interesses setoriais. Embora o valor de uma avaliação científica, provavelmente, seja muito claro para os cientistas, os formuladores de políticas também vão levar em conta aspectos que os ajudarão a priorizar a alocação de recursos limitados e, ao mesmo tempo, obter os melhores resultados. Portanto, é importante que a avaliação das NCS também forneça valor agregado em relação a outras considerações que informarão as prioridades científicas do governo. Além de fornecer a análise científica, que é o foco do estudo, a avaliação das NCS da Indonésia também analisará os obstáculos econômicos e políticos para sua implementação.

O clima, muitas vezes, não é uma consideração principal para o desenvolvimento de uma nação, então, a ciência que integra clima e desenvolvimento é um componente importante para apoiar a formulação de políticas. Consequentemente, a comunidade científica precisará desempenhar um papel ainda maior no fornecimento de ciência para informar e orientar como essas políticas são implementadas. O crescimento econômico é muito importante para o governo, assim como atrair investimentos internacionais. Será importante integrar as análises de viabilidade econômica às avaliações de NCS da Indonésia, o que demonstrará e capitalizará as oportunidades de “ganha-ganha” para a mitigação da mudança climática e o desenvolvimento econômico.

Embora cientistas e ONGs possam querer contribuir para a formulação de políticas, a realidade é que tais processos, muitas vezes, não são inclusivos. Navegar no cenário de formulação de políticas é uma arte que deve ser praticada com envolvimento em todos os âmbitos, entre a equipe técnica e vários níveis de gestão, a fim de garantir uma comunicação estratégica eficaz e oportuna na perspectiva das pequenas janelas de oportunidade. Esta abordagem fornecerá uma mensagem forte que enfoca a ciência e como ela pode ser utilizada e implementada, o que aumentará as chances de ser ouvida e ser levada à ação.

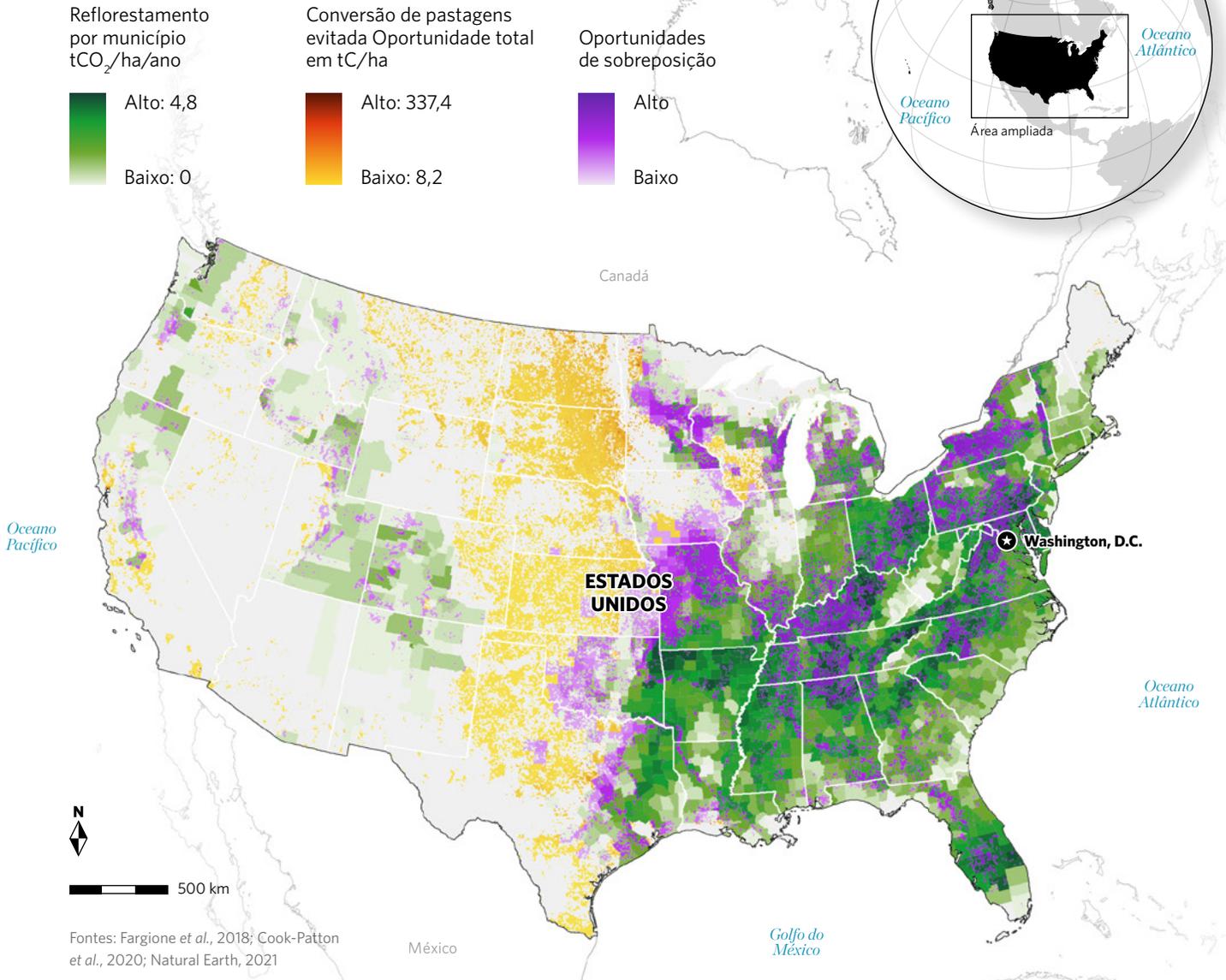
Divulgar este trabalho sobre as NCS, por meio de uma série de reuniões e workshops com representantes do governo da Indonésia, apoia o uso da melhor ciência disponível pelos tomadores de decisão. Para conscientizar o público sobre o trabalho das NCS e sobre a oportunidade de a pesquisa alicerçar a implementação das NCS, foram organizados *webinars* nacionais sobre as NCS, em outubro de 2020, e sobre manguezais, em abril de 2021. Foram convidados palestrantes influentes, incluindo cientistas, representantes do governo nacional e estadual, representantes das organizações civis e o público. Além disso, atualizou-se, regularmente, a rede social da equipe (Instagram) com todas as estratégias de NCS e foram publicados artigos relacionados à pesquisa de incêndios nas turfeiras em revistas e jornais respeitados.

Estados Unidos

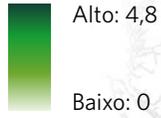


5.

Figura 20: Principais oportunidades de mitigação das NCS em áreas contíguas dos Estados Unidos. Áreas de sobreposição de oportunidades estão destacadas em roxo. Um mapeamento em escala mais fina é necessário para o planejamento da implementação



Reflorestamento por município tCO₂/ha/ano



Conversão de pastagens evitada Oportunidade total em tC/ha



Oportunidades de sobreposição



Fontes: Fargione et al., 2018; Cook-Patton et al., 2020; Natural Earth, 2021

Após a publicação e disseminação do estudo das NCS Global, percebeu-se que os tomadores de decisão precisavam de avaliações em âmbito nacional para servir de informação para ações. A avaliação das NCS para os Estados Unidos^[39] representou a primeira análise de âmbito nacional. Foi possível utilizar o quadro geral, regras de contabilização e salvaguardas desenvolvidas no estudo global das NCS, apesar de ter havido modificações nas estratégias para se encaixarem aos EUA.

Área de conversão de pastagens evitadas
0,7 Mha

Área de reflorestamento
54 Mha



Uma faixa de proteção ao longo de um campo em Michigan (Estados Unidos) impede que nutrientes e terra sejam retirados do campo e entrem nos sistemas fluviais locais. © Jason Whalen/Fauna Creative

PESQUISA DE CENÁRIO

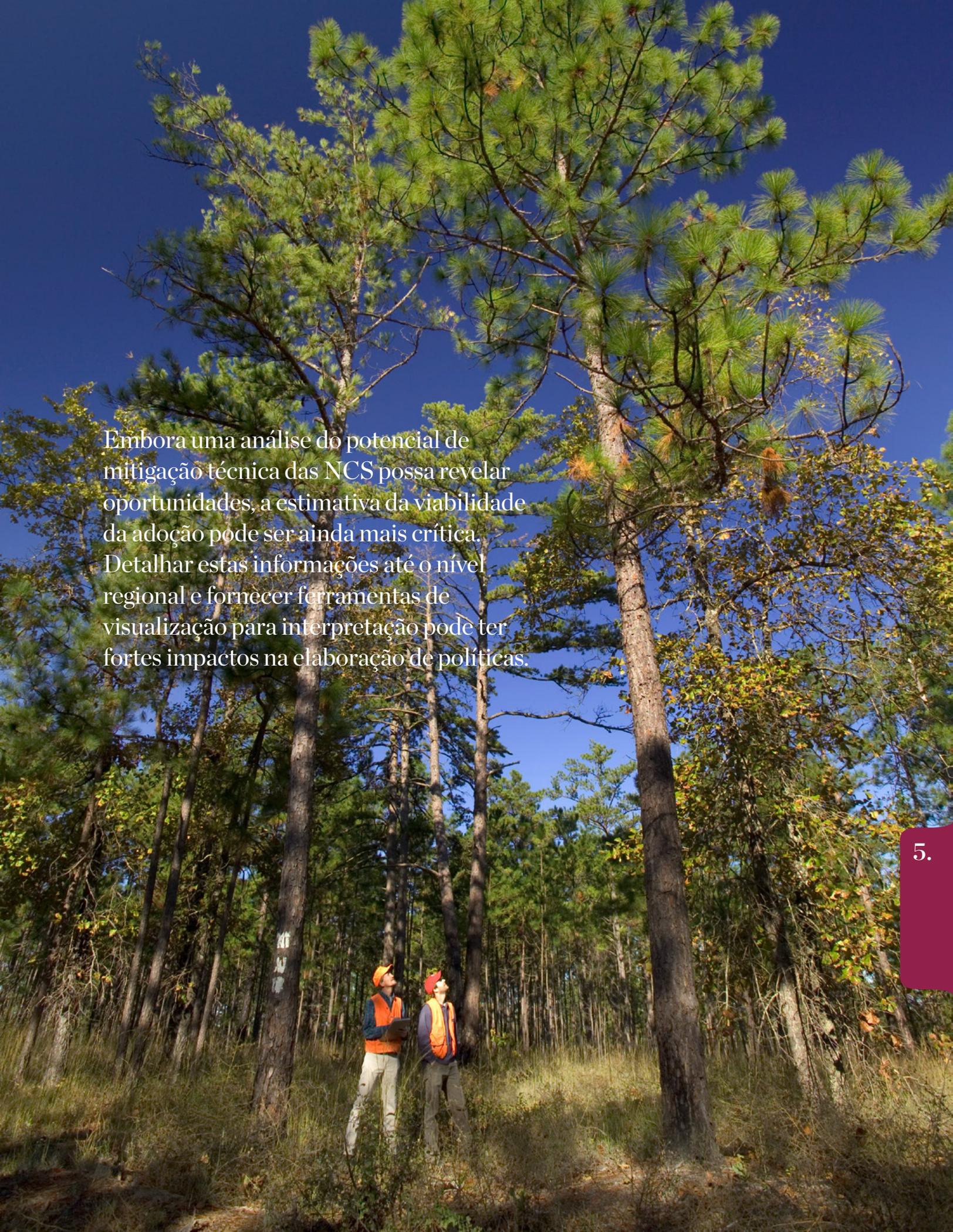
Os métodos, em geral, seguiram os métodos descritos no manual. Começou-se convocando especialistas-chave e identificando as melhores informações disponíveis para incluir nesta avaliação. Então, foram reunidos times de pesquisa independentes para cada uma das estratégias. Sempre que possível, foram incluídos múltiplos especialistas em determinado tópico para alcançar redundância funcional e garantir um tratamento completo e equilibrado do tópico. Para cada estratégia, foram abordadas quatro questões: 1) Qual é o potencial máximo de mitigação das mudanças climáticas das NCS nos EUA? 2) Qual é a incerteza associada a essas estimativas? 3) Qual proporção do potencial máximo poderia ser alcançada com USD10, USD50 e USD100 por tonelada de CO₂e? 4) E quais são os cobenefícios que as NCS podem oferecer?

AS ESTRATÉGIAS DE NCS DOS ESTADOS UNIDOS

Embora se tenha utilizado a estrutura do estudo global, houve modificação na lista de estratégias e no escopo de cada estratégia para se adequarem às condições

dos EUA. Por exemplo, foi incluída uma estratégia de reflorestamento urbano, dada a importância da arborização urbana para muitas comunidades nos EUA. Também se ajustou a estratégia de incêndios para que se concentrasse em queimadas prescritas em grande escala em florestas propensas a incêndios para evitar incêndios espontâneos mais catastróficos.

A avaliação final incluiu 21 estratégias distintas e representou a primeira estimativa completa do potencial das NCS em 48 estados. Foi encontrado um potencial de mitigação das NCS totais de 1,2Gt CO₂e por ano^[39]. Descobriu-se que *reflorestamento* tinha o maior potencial de mitigação, seguido da *manejo de florestas nativas* e, depois, *conversão evitada de pastagens*. Entretanto, a relação custo-benefício mudou as classificações; *culturas de cobertura* e, depois, o *manejo de florestas nativas* ofereceram a maior oportunidade a custos mais baixos em comparação com outras estratégias. A maior parte do potencial de mitigação (63%) vem do aumento do sequestro de carbono na biomassa vegetal, mas 29% vêm do aumento do sequestro no solo e 7%, das emissões evitadas de metano e N₂O. Ademais, estima-se que quase um quarto do potencial possa ser alcançado por menos de USD 10/tCO₂e.



Embora uma análise do potencial de mitigação técnica das NCS possa revelar oportunidades, a estimativa da viabilidade da adoção pode ser ainda mais crítica. Detalhar estas informações até o nível regional e fornecer ferramentas de visualização para interpretação pode ter fortes impactos na elaboração de políticas.



Charcos (lagoas) nos pântanos do baixo Kennebec em Maine, Estados Unidos. © Harold E. Malde/TNC

LIÇÕES APRENDIDAS

Um dos maiores desafios na condução da avaliação foi a irregularidade dos dados. Este foi um desafio específico para estratégias de áreas úmidas que careciam de dados sobre as emissões de metano e sequestro líquido e como isso varia entre os tipos de áreas. Mesmo com essa observação, a disponibilidade e a qualidade dos dados para os EUA são muito boas, de forma geral. Além disso, os tomadores de decisão do governo nos EUA tendem a estar dispostos a considerar dados de uma variedade de fontes confiáveis ao invés de se limitarem a uma fonte oficial, que pode ou não corresponder às necessidades da avaliação.

Embora as conversas sobre a mitigação do setor LULUCF, às vezes, concentrem-se na grande oportunidade de países menos desenvolvidos, a avaliação revelou que o setor ainda pode dar uma contribuição importante para a mitigação das mudanças climáticas, mesmo em países desenvolvidos como os EUA. Os EUA são o maior emissor cumulativo de CO₂ proveniente de combustíveis

fósseis^[88] e permanecem como o segundo maior emissor de GEE por ano^[89]. Apesar do imenso volume das emissões nacionais de GEE causadas pelo uso de combustíveis fósseis, descobriu-se que as NCS têm o potencial de gerar uma mitigação equivalente a 21% das emissões anuais líquidas.

O desenvolvimento de dados subnacionais e ferramentas de visualização podem ter fortes impactos na formulação de políticas. Em 2018, um artigo da TNC sobre este tema foi publicado na *Science Advances*, uma publicação especializada e de livre acesso. Desde então, ele foi citado em aproximadamente cem estudos científicos. O artigo atraiu a atenção de membros do Congresso dos EUA e o autor principal foi convidado a testemunhar sobre os resultados. Também foi desenvolvida uma ferramenta: [U.S. State Mapper web tool na Nature4Climate.org](#), que fornece estimativas em âmbito estadual do potencial das NCS por estratégia e por diferentes faixas de custo. Essas estimativas se mostraram muito úteis para informar as discussões do grupo de trabalho *Natural & Working Lands* da [U.S. Climate Alliance](#). *Climate alliance* é uma coalizão de estados que estão comprometidos

com o combate às mudanças climáticas. Como parte desse grupo de trabalho, uma coalizão de ONGs organizou uma série de “laboratórios de aprendizagem”, começando com um laboratório nacional em Washington, D.C., em julho de 2018, e continuando com uma série de laboratórios regionais, em 2019. Em cada laboratório de aprendizagem foram apresentadas avaliações de oportunidades em âmbito estadual. Essas avaliações de oportunidade foram amplamente baseadas na avaliação nacional, sendo possível expandir os resultados nacionais para o âmbito estadual. A TNC estabeleceu parcerias com outras organizações não governamentais para desenvolver materiais informativos com base nos estudos desenvolvidos por sua equipe, que foram levados a essas discussões.

A administração da gestão de terras nos EUA é bastante descentralizada, resultando em muitas partes interessadas. Da mesma forma, o tamanho e a variabilidade geográfica dos EUA resultam em uma ampla variedade de tipos de oportunidades por estado ou região (por exemplo, ênfase na gestão florestal aprimorada no leste dos EUA, agricultura no centro e gestão de incêndios no Oeste). Levando tudo isso

em conta, observou-se a necessidade de investimento pesado na coordenação entre as partes implementadoras, bem como na necessidade de customizar a análise e a comunicação de oportunidades em escala estadual, tais como as avaliações de NCS que foram publicadas pelo estado da Califórnia^[90] e do Oregon^[91].

Embora esta avaliação tenha revelado que as NCS representam uma oportunidade maior nos EUA do que muitos imaginavam, estimar a viabilidade de adoção é muito mais difícil – e geralmente mais importante – do que estimar o potencial técnico.

Com isso em mente, conduziram-se pesquisas adicionais para refinar as estimativas de estratégias particularmente promissoras, como o reflorestamento^{[92][93]}, e foram desenvolvidos *websites* tais como o [Reforestation Hub](#) para mostrar a ciência mais recente e os estudos de caso da implementação das NCS em ação. Contudo, em geral, mesmo após três anos da publicação, o artigo liderado pela TNC continua sendo a melhor estimativa do potencial para NCS nos EUA e ainda informa ativamente as discussões sobre onde e como implantar NCS como uma solução climática em todo o país.



Manhã em um pântano salgado na costa de Great Bay em Durham, New Hampshire, Estados Unidos. © Jerry e Marcy Monkman/EcoPhotography

Apêndice



Estimativas de custo

Para qualquer avaliação de NCS, dois preços são essenciais a serem considerados: (1) o preço pelo qual um projeto pode fornecer reduções de GEE (o custo total de implementação por unidade de GEE), e (2) o preço que o projeto pode obter por essas reduções (a receita esperada por unidade de GEE). Esses fatores afetam a competitividade de custos e, portanto, a viabilidade financeira de um projeto, tanto no presente quanto no futuro.

CUSTO TOTAL DO PROJETO

O custo total de implementação de um projeto de NCS define o preço pelo qual o projeto pode fornecer reduções de GEE. Também pode ser considerado o **preço de fornecimento** do projeto de NCS. Como descrito em “*Caracterização dos custos*”, este custo tem três componentes:

- **Custo de implementação** do projeto de NCS;
- **Custo de oportunidade**, que é o benefício líquido perdido do uso da terra que é deslocado pelo projeto de NCS (por exemplo, para *conversão florestal evitada* para as terras de cultivo, o lucro perdido das safras menos os custos de limpeza da terra e preparação do local que seriam necessários para estabelecer as terras de cultivo); e
- **Transação e outros custos indiretos** necessários para possibilitar a implantação das NCS.

É importante ressaltar que os custos do projeto podem variar ao longo do tempo, logo, o custo-benefício e a viabilidade financeira de um projeto também podem. Por exemplo, um projeto de *conversão florestal evitada* poderia adquirir ou arrendar terras sob risco de conversão. Se o uso pretendido

das terras for, por exemplo, como pasto para gado de corte, os pagamentos de arrendamento seriam, em grande parte, determinados pela receita líquida que os proprietários esperariam receber de seu gado – tal valor é dependente dos preços atuais e futuros da carne bovina. Dado que esses custos de oportunidade são provavelmente responsáveis por uma grande proporção dos custos totais do projeto, a menos que os preços do carbono sejam muito altos, a viabilidade financeira do projeto seria sensível às mudanças da oferta e demanda nos mercados de carne bovina aos quais os proprietários podem ter acesso. Em outras palavras, se o preço da carne bovina aumentar, os proprietários de terras demandarão preços de arrendamento mais altos para compensar pela maior receita líquida perdida, e o custo de implementação do projeto de NCS aumentará ao longo do tempo.

RECEITA PREVISTA DO PROJETO

O segundo preço-chave é aquele que um projeto de NCS pode esperar obter por suas reduções de GEE (ou seja, o quanto os compradores estão dispostos a pagar por unidade de GEE), ou a **receita esperada por unidade de GEE**. Este preço pode variar de acordo

com a origem da demanda por reduções de GEE (por exemplo, mercados de carbono) e mudará ao longo do tempo, conforme a demanda flutua. Por causa da incerteza inerente dos preços futuros de GEE, é importante avaliar o quão sensível é a viabilidade financeira e econômica de um projeto de NCS às mudanças nesses preços. Observe que as mudanças nos preços de redução de GEE futuros são uma preocupação principalmente para projetos que geram reduções de GEE ou créditos de redução ao longo do tempo; eles não afetam projetos que vendem suas reduções de GEE logo no primeiro momento.

Pode-se supor que a demanda geral por reduções de GEE aumentará substancialmente com o tempo, e que os preços mais altos do carbono tenderão a aumentar a oferta de projetos de NCS. No entanto, como isso afetará a competitividade das NCS depende dos preços e das quantidades relativas de reduções de GEE de fontes NCS e não NCS (incluindo novas soluções tecnológicas, que são difíceis de prever). Isso pode variar entre países e regiões e depende dos mercados voluntários e oficiais que os projetos possam acessar. Em países que impõem impostos sobre o carbono, mas que permitem compensações em vez de pagamentos de impostos, os preços das reduções de GEE competem efetivamente com a taxa de imposto sobre o carbono, pelo menos para a demanda de redução de GEE de setores sujeitos a tal imposto. Ademais, cada um dos mercados de carbono voluntário e oficial tem seus próprios requisitos de elegibilidade específicos com relação ao tipo e à origem das reduções de GEE que podem ser negociadas. Isso pode limitar a demanda por reduções de GEE baseadas em NCS produzidas em determinada região.

É possível fazer a previsão de preços futuros de GEE até um certo ponto. Uma abordagem usa estimativas dos danos marginais esperados causados por sucessivas toneladas adicionais de CO₂e na atmos-

fera – o custo social do carbono (CSC). Em seguida, compara-se este custo de dano marginal com os custos marginais de abatimento, ou MACC, de alternativas de abatimento de GEE disponíveis (em USD/tCO₂e reduzido) para identificar a quantidade economicamente ideal de abatimento de GEE: o nível em que o custo da próxima unidade de redução de GEE excede o dano causado por essa unidade adicional (para uma introdução a MACCs, veja “Incorporação de custos: curvas de custos de abatimento marginal” nas páginas 48-51). Usando esta abordagem, qualquer redução de GEE com MACC igual ou inferior ao CSC seria considerada válida. As estimativas de CSC doméstico foram publicadas para a maioria dos países^[94], e muitos países ou jurisdições subnacionais adotaram valores específicos de CSC para análise de política doméstica. Como alternativa, as previsões de preços futuros de GEE podem ser baseadas em estimativas publicadas (como as do IPCC) de quanto custaria (por USD/tCO₂e reduzido) para implementar metas específicas de redução de GEE.

DETERMINAÇÃO DE VIABILIDADE DO PROJETO

Um projeto de NCS só pode ser financeiramente viável se o preço que pode ser obtido pelas reduções de GEE resultantes for maior do que o custo para produzir tais reduções. Por exemplo, se um projeto de NCS tem custos médios gerais de USD 30/tCO₂e, e os preços que se pode obter para as reduções de GEE produzidas variam entre USD 35-45/tCO₂e, então o projeto é financeiramente viável. Se os preços que o projeto pode obter para suas reduções de GEE caíssem para USD 25/tCO₂e, o projeto não seria mais financeiramente viável porque seus custos excederiam suas receitas. No entanto, as subunidades desse projeto geral ainda podem ser lucrativas. Por exemplo, um grande projeto de reflorestamento, no qual os custos variam segundo a região por causa dos diferentes preços da terra pagos em distintas

áreas, pode ter subunidades cujos custos estão abaixo de USD 25/tCO₂e. Essas subunidades ainda seriam financeiramente viáveis.

Mesmo que os preços do GEE sejam baixos demais para que o projeto seja **financeiramente viável**, sua implementação ainda seria **economicamente desejável**, dentro de uma perspectiva social, se os benefícios totais, incluindo os danos climáticos evitados por outros serviços ecossistêmicos que o projeto produz, e pelos quais não recebe pagamentos, superarem os custos do projeto.

No final, a implantação de fato de um projeto de NCS talvez seja limitada por restrições técnicas, sociais, institucionais e políticas ou regulatórias, muitas vezes, muito abaixo de seu potencial biofísico máximo. Embora possa ser possível abordar muitas dessas restrições frequentemente mal compreendidas, fazê-lo pode exigir estratégias de intervenção multifacetadas e específicas do local, o que aumentará os custos de redução de GEE, levará tempo e, comumente, estará além da capacidade de implementação de qualquer projeto de NCS individual.



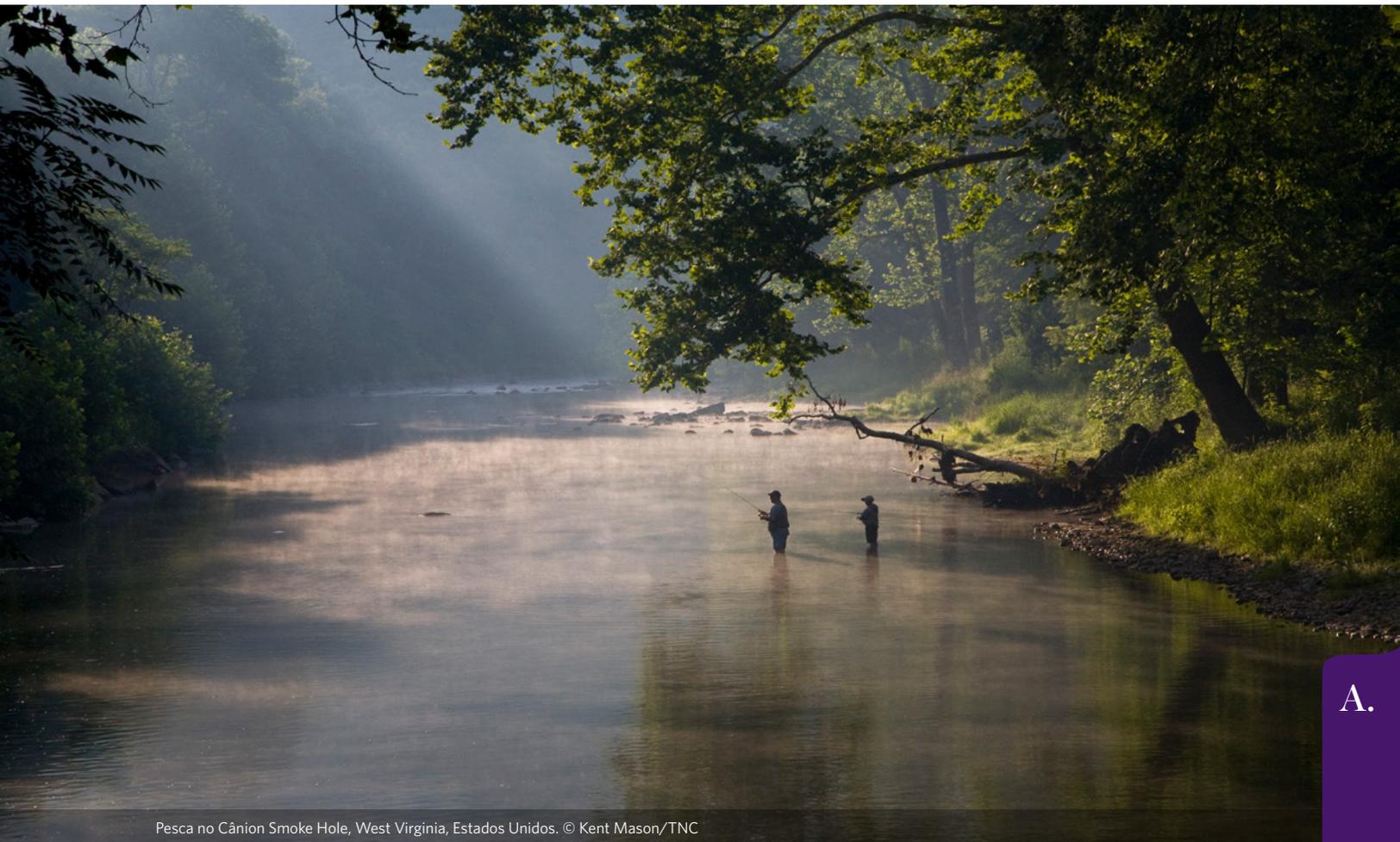
Fazendeiro em Montana, Estados Unidos. Ao fazer parte do Projeto Montana Grassbank, partes do sítio Matador foram arrendadas a fazendeiros vizinhos que sofriam de grave seca em troca de sua participação nos esforços de conservação. © Ami Vitale/TNC

Cobenefícios

A implementação da maioria das estratégias de NCS oferece outros benefícios além da mitigação das mudanças climáticas, em geral, denominados cobenefícios.

O benefício da mitigação ocorre em uma escala global, enquanto os cobenefícios das atividades das NCS geralmente são localizados. Ao falar com pessoas que implementam as NCS, descobriu-se que esses cobenefícios, muitas vezes, são o que motiva a ação.

Por esse motivo, pode ser muito importante rastrear os cobenefícios, também chamados de benefícios auxiliares, associados à implementação das NCS. Adotou-se essa abordagem nas avaliações da NCS Global nos EUA e no Canadá, cujos resultados foram reunidos aqui. Os cobenefícios foram distribuídos em cinco categorias gerais: biodiversidade, solo, água, ar e social^{[2][15]}. Os exemplos mencionados não são, de forma alguma, exclusivos, existindo ainda outros cobenefícios potenciais. Por exemplo, a adaptação às mudanças climáticas e a resiliência do ecossistema são benefícios importantes que permeiam todas essas categorias, resultando de muitas estratégias de NCS. Ademais, a concretização dos potenciais benefícios não é universal e vai depender de como ocorre a implementação das NCS.



Pesca no Cânion Smoke Hole, West Virginia, Estados Unidos. © Kent Mason/TNC



Paisagem de outono ao longo da Trilha dos Pássaros Pretos na Floresta Dolly Sods, West Virginia, Estados Unidos. © Kent Mason/TNC

COBENEFÍCIOS DAS ESTRATÉGIAS FLORESTAIS

Biodiversidade. As florestas primárias conservam a biodiversidade. Reduzir os impactos da exploração madeireira, estender as rotações de corte, controlar incêndios para imitar regimes históricos de incêndios, reduzir a coleta de lenha ou plantar corredores ecológicos e áreas de proteção podem melhorar a conservação da biodiversidade.

Solo. As florestas podem melhorar a retenção de água no solo e a regulação do fluxo de água e manter as propriedades biológicas e físicas do solo, garantindo a saúde e produtividade contínuas das próprias florestas. Locais reflorestados frequentemente mostram um aumento mensurável na fauna do solo. Florestas com incêndios de menor gravidade (em vez de incêndios florestais severos) têm mais matéria orgânica, melhores propriedades do solo, tempos de recuperação mais rápidos e melhor infiltração e retenção de água.

Água. As florestas podem melhorar a disponibilidade de água para irrigação de plantações e mitigação de secas, evitar sedimentação em barragens hidrelétricas, proteger a integridade do ecossistema de água doce próximo, regular inundações e aumentar a infiltração e retenção de água no solo.

Ar. As florestas são importantes para a filtragem do ar e para evitar a redução da camada de ozônio. Uma melhor gestão de incêndios pode reduzir o material particulado e fogões mais eficientes melhoram a qualidade do ar em geral e em ambientes fechados, o que pode melhorar a qualidade de vida e reduzir a mortalidade humana.

Social. Existem benefícios culturais, estéticos, recreativos e espirituais na conservação das florestas. Sendo assim, sua conservação tende a ter um forte apoio público e das partes interessadas. As florestas são o lar de muitas comunidades indígenas em todo o mundo. Se implementado de forma adequada, o reflorestamento pode levar a maiores oportunidades de emprego e a um aumento nos benefícios socioeconômicos para as comunidades que dependem da floresta.

COBENEFÍCIOS DE ÁREAS ÚMIDAS

Biodiversidade. Proteger ou restaurar áreas úmidas costeiras ajuda a manter o habitat da vida selvagem, incluindo viveiros para peixes e camarões comercialmente importantes. Proteger ou restaurar turfeiras protege diversas comunidades ecológicas, incluindo vários insetos.

Solo. Áreas úmidas costeiras fornecem proteção para os litorais e uma transferência cruzada de nutrientes para os recifes de coral.

Água. Áreas úmidas costeiras, turfeiras e manguezais fornecem vários serviços relacionados à filtragem de água, controle de enchentes e remediação de águas pluviais.

Ar. Restaurar turfeiras e/ou evitar seus impactos pode diminuir o risco de incêndio de turfeiras, reduzindo a exposição a poluentes que podem causar problemas pulmonares. O plantio de árvores ajuda a capturar partículas e poluentes transportados pelo ar.

Social. Os manguezais servem de habitat para peixes comercialmente importantes, contribuindo para a segurança alimentar, a subsistência e o bem-estar humano. Áreas úmidas salgadas e tapetes de algas marinhas fornecem habitat para espécies de plantas importantes nas colheitas artesanais, bem como para aves aquáticas coletadas para subsistência e por caçadores recreativos. Esses habitats são valorizados para turismo, recreação, educação, segurança alimentar e renda familiar. As turfeiras podem ser fontes de alimento para as comunidades indígenas e outras comunidades locais, incluindo caça e coleta de alimentos.



Pôr do sol sobre águas calmas do Refúgio Nacional de Cervos Chaveiros, Flórida, Estados Unidos. © Kyle P. Miller/TNC

COBENEFÍCIOS DE PASTAGENS E ESTRATÉGIAS DE AGRICULTURA

Biodiversidade. A proteção de pastagens mantém um habitat importante para os pássaros que fazem seus ninhos e se alimentam ali. O manejo de fertilizantes apoia a riqueza e abundância de espécies de peixes, reduzindo o escoamento de nutrientes para os cursos de água. Árvores em áreas de cultivo podem servir como habitat para espécies e apoiar a conectividade do ecossistema. O manejo melhorado de pastagens reduz a perturbação das interações planta-inseto. Leguminosas podem aumentar a diversidade de insetos.

Solo. A adição de biochar melhora a qualidade do solo e a fertilidade em regiões temperadas. Melhor gestão de nutrientes ajuda a manter a fertilidade do solo. Árvores em áreas agrícolas podem ajudar no controle de erosão. O manejo de pastagens pode melhorar a capacidade do solo de reter contaminantes e outros sedimentos. As leguminosas melhoram a estrutura e a fertilidade do solo.

Água. As áreas campestres ajudam no controle de enchentes e a manter o equilíbrio hídrico do ecossistema. O manejo de fertilizantes usado no cultivo melhora a qualidade da água, o que pode ter impactos positivos em termos de água potável, habitat e recreação. A agricultura regenerativa, melhores práticas de pastagem e melhor cultivo de arroz reduzem a demanda de água. Árvores em áreas de cultivo podem ajudar na recarga de água.

Ar. O manejo melhorado de nutrientes pode reduzir a emissão de óxido nítrico e outros gases. O plantio de árvores ajuda a capturar partículas transportadas pelo ar e gases poluentes. A queimada evitada de resíduos da colheita e o preparo do solo sem aragem diminuem a exposição a materiais particulados prejudiciais.

Social. Práticas sustentáveis na pecuária e produção agrícola podem contribuir com a herança cultural e o turismo rural. O cultivo e o processamento de sementes de plantas de cobertura podem aumentar oportunidades de emprego. As leguminosas podem melhorar a qualidade do pasto, o que aumenta a eficiência do gado. Em alguns lugares, o manejo de incêndios em pastagens pode preservar as práticas agrícolas e culturais dos povos indígenas.

Os benefícios da biodiversidade foram quantificados seguindo as definições estabelecidas pela Convenção sobre Diversidade Biológica^[95], e outros benefícios, conforme definido na Avaliação do Ecossistema do Milênio^[96], que fornece um bom ponto inicial, mas é recomendado conversar com as partes interessadas impactadas para determinar os benefícios que elas mais gostariam de obter.

Para algumas avaliações de NCS, pode ser útil conduzir avaliações detalhadas de onde e como as NCS podem otimizar os cobenefícios. Por exemplo,

nos EUA, a pesquisa da TNC estava particularmente centrada em localizar áreas onde fosse possível obter tanto benefícios de mitigação das mudanças climáticas quanto regulação de inundações. Para tal, foram desenvolvidos mapas rasterizados de 30 m que identificaram áreas adequadas para reflorestamento e que também caíram em zonas que se inundavam aproximadamente a cada cinco anos. A concentração do estudo deu-se nesses locais depois que conversas com praticantes estaduais revelaram que as partes interessadas locais estavam mais interessadas em plantar árvores para obter benefícios hídricos.

Compensações de carbono

As compensações de carbono representam redução ou armazenamento de emissões de GEE realizadas a fim de compensar emissões em outros lugares.

Elas são uma das muitas estratégias que podem ser usadas para reduzir ou armazenar as emissões de GEE usando as NCS, em conjunto com outros programas de pagamento por desempenho, pagamentos por programas de serviços ambientais ou financiamento baseado em resultados por meio da ajuda de doadores multilaterais ou bilaterais.

Existem dois tipos de mercados de compensação no momento: **mercados regulados**, em que as empresas são obrigadas a cumprir um limite ou pagar um imposto sobre as emissões e podem comprar compensações por meio de um mercado regulamentado para ajudá-las a cumprirem tais obrigações, e **mercados voluntários**, em que qualquer um pode comprar compensações, principalmente para atender às metas climáticas voluntárias e, como tal, o preço por tonelada métrica de carbono, em geral, varia de forma mais ampla do que nos mercados regulados. As compensações são apenas uma parte de um conjunto variado de ferramentas necessárias para atingir metas confiáveis de redução de emissões. Consequentemente, as compensações só devem ser buscadas no contexto de metas ambiciosas de longo prazo e implementação da hierarquia de mitigação (veja “Priorização de estratégias”, página 24).

Apesar de as compensações ajudarem a atrair financiamento e custear as reduções de emissões necessárias

para cumprir uma meta climática no curto prazo, todos os países e empresas devem se descarbonizar se o interesse é limitar o aumento da temperatura global. Ao juntar oportunidades imediatas de compensação com metas rigorosas de longo prazo, é possível garantir que a dependência de compensações diminuirá ao longo do tempo. Se as compensações fazem parte do mecanismo de financiamento para as ações de NCS que você analisou, é importante considerar os princípios abaixo. Coletivamente, esses princípios ajudam a garantir que as compensações sejam usadas de forma adequada e proporcionando benefícios reais e duradouros de carbono:

Contexto: as compensações são a única forma de terras naturais e de cultivo serem consideradas nos planos e políticas climáticas de sua geografia? Se a resposta for sim, tenha cuidado. Embora a compensação possa desempenhar um papel no incentivo à restauração e melhoria do manejo do solo e evitar conversão, planos e políticas abrangentes devem ser promovidos a fim de manter os sumidouros existentes (o que não é *adicional* para compensações) e trazer todo o setor para uma estratégia de baixo carbono (o que as compensações não podem alcançar por si sós).

Adicionalidade: o projeto de compensação resulta em mitigação de atividades BAU ou vai muito além do que seria esperado até então? Projetos de compensação só são viáveis se a redução de emissão ou o sequestro só tivesse ocorrido devido ao incentivo oferecido pelo comprador. Se um país busca incentivar agricultores, silvicultores e comunidades (especialmente povos indígenas) que historicamente sequestraram carbono ou evitaram emissões por meio de suas práticas usuais, isso deve ser feito à parte de um mecanismo de compensação. Observe que alguns requisitos de adicionalidade não se aplicam a países que buscam transformar todo o setor LULUCF por meio de abordagens de REDD+ em escala nacional ou subnacional.

Linha de base: quais são as emissões históricas para as atividades de NCS? Qual é a probabilidade de que essas emissões continuem sob as atividades BAU? O projeto de NCS representa uma melhoria em comparação ao que poderia ter acontecido em outras circunstâncias? Esta é uma parte fundamental da definição da adicionalidade e deve incluir uma data de início confiável e uma projeção do que provavelmente aconteceria na ausência de financiamento de compensação. Vale ressaltar que as diferenças no cálculo das linhas de base serão permitidas para abordagens de REDD+ em escala nacional ou subnacional que acessem conjuntos de dados muito diferentes dos de projetos locais.

Requisitos para compradores: para compensações vendidas em um mercado regulado, o Estado controla os parâmetros sobre os quais as empresas podem comprar compensações e se há um limite para o número e tipos de compensações adquiridas. Por sua vez, em um mercado voluntário, não há restrições ao acesso do comprador ao mercado; em vez disso, existem recomendações de melhores práticas como a utilização da hierarquia de mitigação. Regulamentação adicional pode ser útil para exigir que a empresa relate suas emissões e metas no país, para que haja mais transparência sobre o uso de compensações voluntárias nesse contexto.

Permanência: as emissões evitadas ou removidas da atmosfera permanecerão fora da atmosfera no longo prazo? Por exemplo, existe uma garantia razoável de que a terra usada como compensação permanecerá protegida e intacta após o término do projeto? Os padrões existentes de compensação de carbono exigem permanência por vários períodos. Por exemplo, no âmbito do Conselho de Recursos Aéreos da Califórnia, os projetos florestais devem garantir a permanência por 100 anos, enquanto muitas das metodologias aprovadas no Esquema de Compensação e Redução de Carbono para Aviação

Internacional (CORISIA) exigem permanência de 40 anos. O prazo é influenciado pelas circunstâncias políticas e jurídicas de cada local.

Fuga: as emissões evitadas serão transferidas para outro lugar? Em caso afirmativo, essa fuga pode ser evitada? A fuga é difícil de se quantificar, sendo desafiadora de se medir. Por conta disso, muitos protocolos exigem que os projetos apliquem um desconto padrão às compensações de volume total geradas. Por exemplo, um projeto de manejo florestal melhorado que reduza a produção de madeira pode ter de aplicar um desconto percentual nas compensações de carbono resultantes. Isso porque, se a demanda por madeira permanecer a mesma, há uma grande probabilidade de que a madeira adicional seja coletada por um fornecedor fora dos limites do projeto.

Medição e monitoramento: como você medirá as emissões reduzidas ou o carbono sequestrado ao longo do tempo? Com que frequência você monitorará? Quão precisas devem ser as medições e o monitoramento? Essas abordagens podem incluir a dependência de tecnologias como imagens de satélite, LiDAR, entre outras, porém, em geral, também incluem a necessidade de medições de campo pessoalmente. Os países devem identificar o ponto de equilíbrio apropriado dos custos dessas várias abordagens e sua precisão e notar que os custos, especialmente para as abordagens tecnológicas, podem baixar com o tempo.

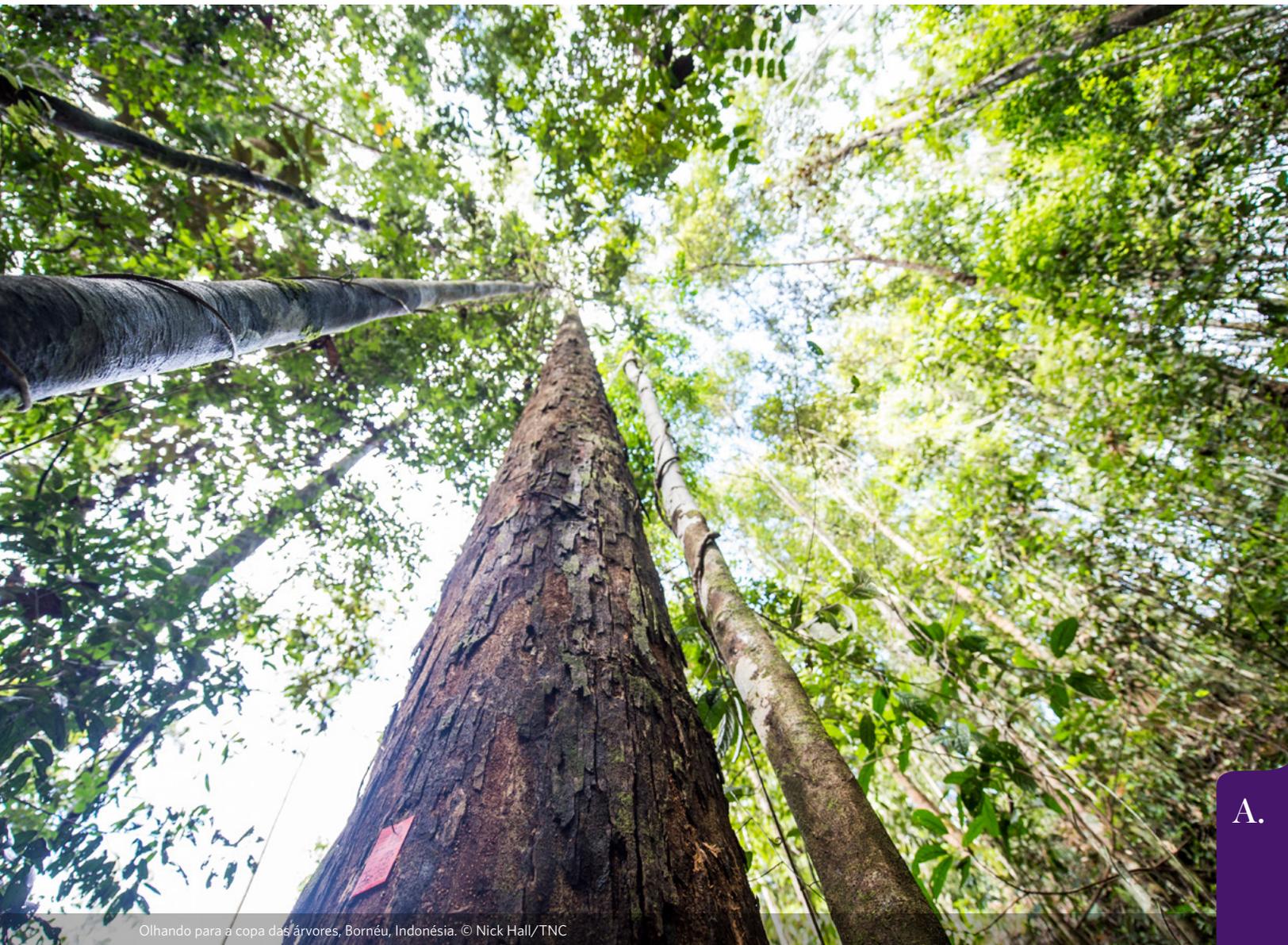
Validação e verificação: quem está gerando as compensações? Os dados são confiáveis? Os padrões de compensação de carbono, muitas vezes, exigem o uso de terceiros para validar a abordagem e as medições do projeto.

Impactos sociais: é importante que os fornecedores e compradores de compensações considerem quem pode ser beneficiado ou prejudicado por esses projetos. No caso da qualidade do ar, por

exemplo, as comunidades próximas a um projeto de compensação de NCS podem beneficiar-se da melhoria da qualidade do ar, enquanto as comunidades próximas ao comprador permanecerão impactadas pela qualidade ruim do ar, que poderia ter sido melhorada se o comprador reduzisse suas próprias emissões. Este equilíbrio deve ser considerado quando as compensações são permitidas. Ademais, o potencial de impactos negativos de um projeto deve ser identificado e evitado. Por fim, os países precisam considerar se impactos positivos e

negativos são equitativos em sua distribuição. *Veja Apêndice: Justiça climática.*

Padrões de compensação de carbono voluntários e oficiais existentes muitas vezes tentam abordar todos esses critérios, mas isso pode ocorrer em graus diferentes devido às variações nas prioridades e nos recursos disponíveis. Antes de permitir o uso de qualquer padrão específico é importante conduzir a diligência sobre os requisitos desse padrão e certificar-se de que são apropriados para a sua situação.



Olhando para a copa das árvores, Bornéu, Indonésia. © Nick Hall/TNC

que mais dependem dessas terras. No mínimo, as NCS não devem ser implementadas de forma a piorar as desigualdades existentes. Na melhor das hipóteses, as ações das NCS serão projetadas para melhorar as desigualdades climáticas, reduzindo as vulnerabilidades sociais, econômicas e ambientais; gerando múltiplos benefícios; e equilibrando equitativamente os compromissos. Por exemplo, o [Projeto Tuungane](#), na Tanzânia, adota uma abordagem de 360 graus para lidar com os desafios interconectados de saúde e meio ambiente. O projeto, uma colaboração entre a TNC, a organização de serviços de saúde *Pathfinder International* e as comunidades locais, apoia a resiliência cultural e comunitária, programas de microfinanciamento, serviços de saúde reprodutiva, educação de meninas, pesca saudável, agricultura inteligente para o clima e programas de gestão florestal que ofereçam oportunidades de renda sustentável por meio de créditos de carbono da proteção florestal^[99].

O primeiro passo para integrar a justiça climática é trazer todos à mesa para as conversas sobre as NCS e para alcançar mudanças climáticas verdadeiramente inclusivas e equitativas. Os países devem criar maneiras de abrir o diálogo em torno dos compromissos e planos climáticos com um conjunto robusto de detentores de direitos e partes interessadas, incluindo representantes estaduais e locais, sociedade civil, povos indígenas e outras comunidades locais. Isso pode ser feito usando fóruns existentes com várias partes interessadas, como a plataforma de engajamento REDD+, ou criando espaços para viabilizar o alcance de mais vozes ao processo. Da mesma forma, a ampla participação da sociedade é um fator-chave para o sucesso político da implementação das NCS, e o processo de avaliação das NCS deve envolver todos os grupos de detentores de direitos e partes interessadas para tomar decisões informadas no tocante à avaliação

e ao contexto de cada geografia. É, sobretudo, importante incluir as populações vulneráveis que historicamente foram mantidas fora das conversas globais sobre as mudanças climáticas. As conversas com os povos indígenas devem ser guiadas por princípios de consentimento livre, prévio e informado para afirmar sua autodeterminação^{[100][101]}. Além disso, a autonomia dos povos indígenas sobre sua cultura, identidade, prioridades de desenvolvimento, autogoverno e proteção contra a influência indevida da sociedade dominante deve ser *afirmada*^[102]. Deve-se prestar atenção especial para evitar o controle de acesso (*gatekeeping*) e garantir que o engajamento seja um processo aberto e equitativo e, ainda, que os organizadores não estejam convidando seletivamente certos detentores de direitos e partes interessadas, enquanto excluem outros que podem ter sido silenciados ou ignorados no passado. A dinâmica de poder deve ser avaliada ao reunir um grupo diversificado de partes interessadas para garantir conversas equitativas (exemplos de como conduzir uma análise de poder^{[103][104]}).

Algumas questões-chave a serem consideradas relacionadas à dinâmica de poder incluem:

- *Quem define a agenda? Ideias, perspectivas e valores de quem está dominando a agenda?*
- *Como as instituições formais distribuem custos, benefícios e prestação de contas?*
- *Como as redes sociais informais estão influenciando as conversas e decisões?*
- *As limitações de recursos, tempo e capacidade das partes interessadas estão sendo consideradas e são compensadas de forma equitativa?*

A mudança climática não é neutra em termos de gênero^{[105][106]}, e as soluções também não o deveriam ser. Integrar as considerações de gênero nas

soluções climáticas pode prevenir o agravamento das desigualdades existentes que tornam as mulheres desproporcionalmente vulneráveis aos impactos climáticos, como a doenças e desastres naturais, o que apoia o ODS da igualdade de gênero^[107]. Por exemplo, Terry (2009) afirma que não há justiça climática sem justiça de gênero, e que as análises de gênero são essenciais para avaliar políticas de redução de carbono^[105]. A UNFCCC também reconhece que as soluções climáticas eficazes requerem uma compreensão das desigualdades de gênero e sua interseção com questões que incluem estruturas institucionais; acesso e controle de recursos; processos de tomada de decisão; e redes sociais, culturais e formais^[108]. Em suma, as análises de gênero que ilustram as interações das mudanças climáticas e as desigualdades de gênero são essenciais para garantir que as soluções climáticas sejam sensíveis ao gênero e transformadoras.

Garantir os direitos da terra e dos recursos são essenciais para a vida, subsistência, resiliência e segurança. Das terras mundiais, 65% são administradas por povos indígenas e comunidades locais sob a posse costumeira da terra, mas apenas 10% dessas terras são formalmente reconhecidas pelos Estados como de propriedade desses grupos^[109]. Essas terras costumam fornecer um sumidouro de carbono substancial, que os países podem reivindicar como parte de seu progresso no sentido de cumprir suas metas climáticas. Embora a mitigação de carbono da conservação histórica dessas terras não seja *adicional*, a proteção contínua dessas áreas é essencial para manter o aumento da temperatura global abaixo de 2°C e, portanto, deve ser recompensada e incentivada. Ademais, as terras reivindicadas por comunidades locais que foram colonizadas anteriormente podem ser devolvidas aos proprietários tradicionais para reintroduzir práticas de manejo de terra e de incêndios que podem render resultados de mitigação das mudanças climáticas^[110].

O controle da terra é uma grande fonte de conflito que ameaça os direitos humanos, o desenvolvimento econômico, a cultura, a conservação e a mitigação das mudanças climáticas^[105]. Empresas com fortes conexões políticas e riqueza comumente conseguem conquistar os direitos à terra rapidamente, enquanto os povos indígenas e as comunidades locais passam anos em processos complicados e pesados para obtê-los. Vários projetos de NCS existentes ajudaram a esclarecer a posse da terra a proprietários de terras locais e comunidades^[111], porém os problemas institucionais devem ser tratados em escala para realmente transformar o setor fundiário. Vários projetos de NCS que operam próximo ou dentro de áreas protegidas descobriram que, embora as áreas sejam oficialmente “protegidas”, as comunidades próximas ainda dependem da terra para viver e, logo, continuam com atividades que resultam em desmatamento e/ou degradação florestal para atender às suas necessidades. Em muitos casos, as áreas delineadas como protegidas frequentemente impedem as comunidades locais de usarem a terra para seu sustento, enquanto as empresas e os governos ainda podem lucrar com isso. Considerar as desigualdades e injustiças históricas que cercam os direitos à terra é fundamental ao realizar uma avaliação de NCS.

Algumas questões-chave a serem consideradas relacionadas ao controle sobre a terra incluem:

- *Quem é o dono da terra que está sendo considerada para as atividades de NCS? Quem tem direito à terra?*
- *Comunidades foram deslocadas e/ou privadas de direitos dessa terra?*
- *As desigualdades de direitos à terra serão melhoradas ou agravadas por conta da implementação de NCS?*
- *É possível incluir a garantia dos direitos à terra como uma solução de mitigação das mudanças climáticas em sua avaliação?*

O contexto de justiça climática de cada país é único. Uma técnica de avaliação das NCS pode não se aplicar a todos os países quando se trata de garantia de justiça climática. Ao longo de sua avaliação, pode ser difícil fazer a conexão entre uma decisão analítica (por exemplo, qual resolução usar para criar um mapa de cobertura do solo) e os impactos dessa decisão nas pessoas (por exemplo, um mapa de resolução mais baixa pode não detectar áreas manejadas por comunidades indígenas usando métodos de baixo impacto de carbono), mas vale a pena fazer o esforço. Uma tática para ajudar a fazer essa conexão seria envolver as

partes interessadas impactadas em todas as fases da avaliação das NCS para poder fundamentar os impactos das decisões analíticas.

Este manual de NCS apenas aborda a importância da justiça climática de modo sucinto. Os autores deste guia reconhecem que resta muito a ouvir, aprender e trabalhar a esse respeito, mas há estão comprometidos com os princípios de justiça e equidade nas soluções climáticas. Também reconhecem que a integração da justiça climática nesta abordagem aumentará os resultados climáticos e será a chave para seu sucesso.



Um agricultor colhendo ervilhas no vilarejo de Minzhu, na fronteira da Reserva Natural de Laohegou, Província de Sichuan, China. © Nick Hall/TNC

Glossário

Nota: Muitas das definições abaixo são citadas ou parafraseadas do IPCC^[87].

Adicionalidade: Reduções nos GEE que ocorrem como resultado direto de uma atividade em relação a uma linha de base estabelecida. Se as reduções ocorrerem na ausência da atividade, não serão consideradas adicionais.

Aflorestamento: Estabelecimento de florestas em locais que historicamente não sustentavam florestas ou onde elas não foram sustentadas recentemente. Como o aflorestamento pode ter impactos negativos sobre a biodiversidade e pode não se estabelecer bem, nos concentramos nas práticas de reflorestamento ou restauração da cobertura florestal.

Albedo: A proporção da radiação solar refletida por uma superfície ou objeto, que varia de acordo com sua cor e outras propriedades. Mudanças no albedo são importantes para a implementação das NCS, pois podem neutralizar o benefício da mitigação. Por exemplo, a restauração da cobertura florestal, especialmente em altitudes elevadas ou áreas com cobertura de neve sazonal, está associada à redução do albedo e a um efeito de aquecimento local. A expansão da cobertura de árvores precisa compensar este efeito com um sequestro suficientemente alto para possibilitar a mitigação.

Aplicação de descontos: O processo de conversão dos valores monetários de custos ou benefícios que ocorrem no futuro em seus equivalentes de valor presente.

Biomassa: A massa total de material biológico vivo em uma área ou volume. No contexto das NCS, geralmente se refere a árvores (incluindo as raízes)^[112].

Cobenefício: Os benefícios adicionais para as pessoas e a natureza decorrentes de atos de controle das mudanças climáticas, além do benefício direto de mitigação.

Compensação de carbono: Compensação pela emissão de GEE em outros lugares por meio da compra e reivindicação de créditos de carbono. Um crédito de carbono representa uma tonelada métrica de CO₂e, que foi sequestrada ou removida da atmosfera. Os créditos podem ser comprados, vendidos ou negociados em mercados de carbono voluntários ou oficiais. Para uma organização ou país se tornar neutro em carbono, o número total de créditos reivindicados deve ser igual a quaisquer emissões restantes anualmente. Para projetos das NCS que geram créditos, os potenciais impactos positivos e negativos para a biodiversidade, comunidades locais e outros serviços ecossistêmicos devem ser considerados, além do benefício climático^[113].

Contribuições Nacionalmente Determinadas

(NDCs): Metas de redução de emissões de GEE declaradas de um país no Acordo de Paris da UNFCCC.

Custo de abatimento marginal (MAC): O custo econômico associado à prevenção da entrada de uma unidade de GEE na atmosfera.

Custo social do carbono: O custo econômico à sociedade causado por uma tonelada métrica adicional de emissões de CO₂e^[114].

Estoque de carbono: O carbono total armazenado em um componente ou sistema, independentemente do tempo que levou para se acumular^[12].

Extensão: A área aplicável (ou unidade equivalente) por meio da qual se mede o fluxo de uma estratégia de NCS.

Fluxo: A transferência de GEE entre a atmosfera e os sistemas naturais, quantificada como a quantidade de sequestro ou emissões reduzidas por unidade de extensão aplicável para uma estratégia de NCS^[39].

Fuga: Um aumento das emissões de GEE que ocorre fora dos limites de uma atividade de redução de emissões e que resulta das restrições causadas por essa atividade.

Incerteza: Uma medida da precisão das estimativas e do intervalo provável em que se encontra o valor real.

Justiça climática: O princípio de que nossa perspectiva sobre a mudança climática, tanto os impulsionadores subjacentes quanto as políticas e os projetos para abordá-la, deve incluir direitos humanos e justiça ambiental, especialmente no que diz respeito às populações vulneráveis e comunidades marginalizadas.

Linha de base: O ponto de partida com o qual se pode avaliar o progresso futuro ou fazer comparações^[115].

Mercados de carbono: Sistemas de comércio por meio dos quais países ou outras jurisdições podem comprar ou vender créditos em um esforço para cumprir seus compromissos jurisdicionais de emissões^[116].

Mitigação (de mudança climática): Ações para reduzir as emissões de GEE (fontes) ou aumentar o sequestro (sumidouros), resultando na redução das concentrações atmosféricas de GEE, a fim de limitar o aquecimento global.

NCS de baixo custo (USD 10 por tonelada métrica de CO₂e): O nível de potencial de mitigação de uma determinada estratégia de NCS a um custo marginal de redução não superior a ~USD 10 por tonelada de CO₂e em 2030^[2].

NCS custo efetiva (USD 100 por tonelada métrica de CO₂e): O nível de potencial de mitigação de uma determinada estratégia de NCS a um custo marginal de redução não superior a ~USD 100 por tonelada de CO₂e em 2030^[2]. Este nível de custo está alinhado com os esforços para limitar o aumento da temperatura global para menos de 2°C.

Permanência: O tempo durante o qual uma ação de mitigação de mudança climática persiste.

Potencial de aquecimento global (GWP): “Uma medida da energia total que um gás absorve ao longo de um determinado período de tempo (geralmente 100 anos) em relação às emissões de 1 tonelada métrica de dióxido de carbono^[117].”

Potencial de aquecimento global de fluxo contínuo (SGWP): Uma medida melhorada da força radiativa dos GEEs do GWP, padrão que se baseia em um único pulso de liberação de GEE para a atmosfera. O SGWP é baseado na liberação contínua de GEE ao longo do tempo e, portanto, é mais realista^[27].

Preço do carbono: O preço das emissões de GEE evitadas ou emitidas. Pode se referir à taxa de um imposto sobre o carbono ou ao preço das licenças de emissão. Frequentemente usado como um intermediário para representar o nível de esforço das políticas de mitigação.

REDD+: Redução de emissões por desmatamento e degradação florestal e o papel da conservação, gestão sustentável das florestas e aumento dos estoques de carbono florestal nos países em desenvolvimento^{[18][118]}; um mecanismo de mitigação de mudanças climáticas desenvolvido pelas Partes da UNFCCC.

Reservatório de carbono: Um sistema que tem a capacidade de armazenar ou liberar carbono, incluindo biomassa acima do solo, biomassa

abaixo do solo, serrapilheira, madeira morta e carbono orgânico do solo^[10].

Estratégia: Estratégias específicas de NCS, por exemplo, *impactos evitados em áreas úmidas costeiras*, *gestão de nutrientes* ou *reflorestamento*. Uma estratégia pode incluir diversos tipos de atividades.

Sequestro de carbono: A remoção de carbono da atmosfera e seu armazenamento em sistemas naturais. No contexto das NCS, refere-se ao CO₂ absorvido pelas plantas por meio da fotossíntese e armazenado como carbono na biomassa e nos solos^{[12][119]}.

Soluções baseadas na Natureza (SbN): Ações para proteger, gerenciar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados que abordem os desafios sociais de forma eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente benefícios ao bem-estar humano e à biodiversidade^[120]. As SbN incluem muitos serviços

fornecidos pela natureza (por exemplo, mitigação das mudanças climáticas, resiliência e adaptação do ecossistema, infraestrutura verde para gestão de águas pluviais e serviços ecossistêmicos, como purificação do ar).

Soluções Climáticas Naturais (NCS): Conservação, manejo melhorado do solo e ações de restauração que aumentam o armazenamento de carbono ou evitam as emissões de GEE em florestas, áreas úmidas, pastagens e terras agrícolas em todo o mundo, ao mesmo tempo que apoiam as pessoas e a biodiversidade^[2].

Sumidouro de carbono: Sistemas que absorvem e armazenam mais CO₂ do que liberam, reduzindo a concentração de CO₂ na atmosfera. Os principais sumidouros naturais de carbono são o solo, as árvores e outras plantas, e o oceano. Conforme o desmatamento e o aquecimento global aumentam, esses sumidouros podem ser enfraquecidos e reduzidos.



Um rebanho de bisões pasta nas pastagens do Sítio Medano-Zapato, perto do Monumento Nacional e Preservação das Grandes Dunas no sul do Colorado, Estados Unidos.
© Ron Semrod/TNC

Recursos adicionais

Existem inúmeras publicações, revisadas por colegas ou não, que podem ser úteis para sua avaliação quanto às NCS. Na sequência, expõe-se um subconjunto de referências recomendadas que são pertinentes aos tópicos abordados neste manual.

RECURSOS ABRANGENTES

- Nature4Climate. 2021. [Natural Climate Solutions World Atlas, US State Mapper, and Canada NCS Mapper](#).
- Griscom, B.W., J. Adams, P.W. Ellis, et al. 2017. [Natural climate solutions](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44):11645–11650. DOI: 10.1073/pnas.1710465114
- Griscom, B.W., J. Busch, S.C. Cook-Patton, et al. 2020. [National mitigation potential from natural climate solutions in the tropics](#). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794). DOI: 10.1098/rstb.2019.0126
- Sanderman, J., T. Hengl, & G.J. Fiske. 2017. [Soil carbon debt of 12,000 years of human land use](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(36):9575–9580. DOI: 10.1073/pnas.1706103114
- Bossio, D.A., S.C. Cook-Patton, P.W. Ellis, et al. 2020. [The role of soil carbon in natural climate solutions](#). *Nature Sustainability*, 3:391–398.
- Liu, H., P. Gong, J. Wang, et al. 2020. [Annual dynamics of global land cover and its long-term changes from 1982 to 2015](#). *Earth System Science Data*, 12:1217–1243. DOI: 10.5194/essd-12-1217-2020
- The Nature Conservancy. 2019. [Playbook for Climate Action](#).
- The Nature Conservancy. 2018. [Playbook for Climate Finance](#).
- United Nations Development Programme. 2019. [Accelerating Climate Ambition and Impact: Toolkit for Mainstreaming Nature-Based Solutions into Nationally Determined Contributions](#). New York, USA: UNDP.
- World Resources Institute. [CAIT Climate Data Explorer](#).
- [Climate Watch](#). 2020. Washington, DC: World Resources Institute.
- University of Oxford Nature-based Solutions Evidence Platform <https://www.naturebased-solutionsevidence.info/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. [Assessment Reports Portal](#).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. [Emission Factor Database](#).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019. [2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines on National Greenhouse Gas Inventories](#).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. [2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories](#). Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC. ISBN 4-88788-032-4

RECURSOS DE POLÍTICAS

- Beasley, E., L. Schindler Murray, J. Funk, et al. 2019. [Guide to including nature in Nationally Determined Contributions](#).
- United Nations Development Programme. 2019. [Pathway for Increasing Nature-based Solutions in NDCs: A Seven-Step Approach for Enhancing Nationally Determined Contributions through Nature-based Solutions](#). New York, USA: UNDP
- United Nations Development Programme and United Nations Framework Convention on Climate Change. 2019. [NDC Global Outlook Report 2019](#).

RECURSOS CARTOGRÁFICOS E DE DADOS

- Sayre, R., D. Karagulle, C. Frye, *et al.* 2020. [An assessment of the representation of ecosystems in global protected areas using new maps of World Climate Regions and World Ecosystems](#). *Global Ecology and Conservation*, 21(e00860):2351-9894. DOI: 10.1016/j.gecco.2019.e00860
- Dinerstein, E., D. Olson, A. Joshi, *et al.* 2017. [An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm](#). *BioScience*, 67(6):534-545. DOI: 10.1093/biosci/bix014
- [Global Forest Watch](#). A partnership convened by World Resources Institute.
- [Global Mangrove Alliance](#). [Global Mangrove Watch](#).
- [LandMark](#). [Global Platform of Indigenous and Community Lands - Map](#).
- Karen Payne. Database of [GIS Data Repositories](#). University of Georgia.
- [Open Data of the World](#). ESRI.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Geospatial information for sustainable food systems](#).
- Burns, B. & T. Daniel. 2020. [Pocket Guide to Gender Equality under the UNFCCC](#). European Capacity Building Initiative (ECBI).
- Organização Internacional do Trabalho. 1989. [Indigenous and Tribal Peoples Convention](#). C169.
- [LandMark](#). [LandMark: The Global Platform of Indigenous and Community Lands](#).
- United Nations. 2007. [The United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples](#).
- The Nature Conservancy. 2020. [The Nature Conservancy's Human Rights Guide for Working with Indigenous Peoples and Local Communities](#).
- Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA). 2018. [Power analysis: a practical guide](#).

COMPENSAÇÕES DE CARBONO: PRINCIPAIS PADRÕES VOLUNTÁRIOS DE CARBONO

- [Climate Action Reserve](#)
- [Gold Standard](#)
- [Verra](#)

RECURSOS SOBRE JUSTIÇA CLIMÁTICA

- International Climate Justice Network. 2002. [Bali Principles of Climate Justice](#). Corpwatch.
- University of California, Davis & University of Michigan, Ann Arbor. 2018. [Building Equitable Partnerships for Environmental Justice](#).

RECURSOS ESPECÍFICOS SOBRE AS ESTRATÉGIAS

- TNC. 2021. [Data Layer Options for Selected Forest Pathways](#).

Gestão florestal natural

- Runting, R.K., Ruslandi, B.W. Griscom, *et al.* 2019. [Larger gains from improved management over sparing — sharing for tropical forests](#). *Nature Sustainability*, 2:53-61. DOI: 10.1038/s41893-018-0203-0
- Ellis, P.W. & F.E. Putz, eds. 2019. [Special Issue: Reduced-impact logging for climate change mitigation \(RIL-C\)](#). *Forest Ecology and Management*. 439. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.02.034
- Ellis P.W., T. Gopalakrishna, R.C. Goodman, *et al.* 2019. [Reduced-impact logging for climate change mitigation \(RIL-C\) can halve selective logging emissions from tropical forests](#). *Forest Ecology and Management*, 438:255-266. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.02.004

Manejo de incêndios florestais

- Lipsett-Moore, G.J., N.H. Wolff, & E.T. Game. 2018. Emissions mitigation opportunities for savanna countries from early dry season fire management. *Nature Communications*, 9(2247). DOI: 10.1038/s41467-018-04687-7

Evitar a colheita de lenha

- Bailis, R., R. Drigo, A. Ghilardi, & O. Maser. 2015. The carbon footprint of traditional woodfuels. *Nature Climate Change*, 5:255-272. DOI: 10.1038/nclimate2491

Reflorestamento

- Cook-Patton, S.C., S.M. Leavitt, D. Gibbs, et al. 2020. Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth. *Nature*, 585(7826):545-550. DOI:10.1038/s41586-020-2686-x
- Requena Suarez, D., D.M.A. Rozendaal, V. De Sy, et al. 2019. Estimating aboveground net biomass change for tropical and subtropical forests: Refinement of IPCC default rates using forest plot data. *Global Change Biology*, 25(11):3609-3624. DOI: 10.1111/gcb.14767
- Busch J., J. Engelmann, S.C. Cook-Patton, et al. 2019. Potential for low-cost carbon dioxide removal through tropical reforestation. *Nature Climate Change*, 9:463-466. DOI: 10.1038/s41558-019-0485-x
- The Nature Conservancy and American Forests. Reforestation Hub.

- Osuri, A.M., A. Gopal, T.R. Shankar Raman, et al. 2020. Greater stability of carbon capture in species-rich natural forests compared to species-poor plantations. *Environmental Research Letters*, 15(034011). DOI: 10.1088/1748-9326/ab5f75

Restauração de pântanos costeiros

- Worthington, T.A., D.A. Andradi-Brown, R. Bhargava, et al. 2020. Harnessing Big Data to Support the Conservation and Rehabilitation of Mangrove Forests Globally. *One Earth*, 2(5):429-443. DOI: 10.1016/j.oneear.2020.04.018

Turfeiras

- Conchedda, G. & F.N. Tubiello. 2020. Drainage of organic soils and GHG emissions: Validation with country data. *Earth System Science Data*, 12:3113-3137. DOI: 10.5194/essd-12-3113-2020
- Humpenöder, F., K. Karstens, H. Lotze-Campen, et al. 2020. Peatland protection and restoration are key for climate change mitigation. *Environmental Research Letters*, 15:104093. DOI: 10.1088/1748-9326/abae2a

Árvores em terras agrícolas

- Chapman, M., W.S. Walker, S.C. Cook-Patton, et al. 2020. Large climate mitigation potential from adding trees to agricultural lands. *Global Change Biology*, 26(8):4357-4365. DOI: 10.1111/gcb.15121

Referências

- 1 United Nations. 2015. [Acordo de Paris](#). Paris, França.
- 2 Griscom, B.W., J. Adams, P.W. Ellis, et al. 2017. [Natural climate solutions](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44):11645-11650. DOI: 10.1073/pnas.1710465114
- 3 Nachmany, M. & E. Mangan. 2018. [Aligning national and international climate targets](#). London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy, London School of Economics and Political Science.
- 4 UNFCCC. 2021. [Nationally determined contributions under the Paris Agreement](#). *Synthesis report by the secretariat*.
- 5 IPCC. 2018. [Summary for Policymakers](#). In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., H.-O. Pörtner, et al. (eds.)]. *World Meteorological Organization*, Geneva, Switzerland.
- 6 Climate Action Tracker. 2021. [Global Update: Climate Summit Momentum](#).
- 7 Waughray, D. K. N., D. B. Holdorf, C. M. R. Eschandi, et al. 2021. [What is “nature positive” and why is it the key to our future?](#) World Economic Forum.
- 8 Nesshöver, C., Assmuth, T., K. N. Irvine, et al. 2017. [The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective](#). *Science of The Total Environment*, 579:1215-1227. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.106
- 9 IUCN. 2021. [Nature-based Solutions](#).
- 10 FAO. 2003. [Forests and climate change](#). In: Instruments related to the UNFCCC and their potential for sustainable forest management in Africa.
- 11 Moomaw, W.R., Chmura, G. L., Davies, G. T., et al. 2018. [Wetlands in a changing climate: science, policy, and management](#). *Wetlands*, 38:183-205. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-018-1023-8>
- 12 Convenção de Ramsar sobre os Pântanos.. 2018. [Ramsar Briefing Note 10: Wetland Restoration for Climate Change Resilience](#).
- 13 Venterea, R.T., J.A. Coulter, & M.S. Dolan. 2016. [Evaluation of intensive “4R” strategies for decreasing nitrous oxide emissions and nitrogen surplus in rainfed corn](#). *Journal of Environmental Quality*, 45:1186-1195. DOI: 10.2134/jeq2016.01.0024
- 14 Nature4Climate. 2021. [Natural Climate Solutions World Atlas](#).
- 15 Drever, C.R., S.C. Cook-Patton, F. Akhter, et al. 2021. [Natural climate solutions for Canada](#). *Science Advances*, 7(23), p.eabd6034. DOI: 10.1126/sciadv.abd6034
- 16 Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. 2019. [Pathway for increasing nature-based solutions in NDCs: A seven-step approach for enhancing nationally determined contributions through nature-based solutions](#). New York, USA: UNDP.
- 17 United Nations Climate Change. [Nationally appropriate mitigation actions \(NAMAs\)](#).
- 18 UNFCCC. [Reducing emissions from deforestation, and forest degradation in developing countries](#).
- 19 United Nations Development Programme. 2019. [Accelerating climate ambition and impact: Toolkit for mainstreaming nature-based solutions into nationally determined contributions](#). New York, USA: UNDP.
- 20 West, T.A.P., J. Börner, E.O. Sills, & A. Kontoleon. 2020. [Overstated carbon emission reductions from voluntary REDD+ projects in the Brazilian Amazon](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(39):24188-24194. DOI: 10.1073/pnas.2004334117
- 21 Nações Unidas. 2021. [Sustainable Development Goals Metadata Repository](#).
- 22 Rede de Objetivos Baseados na Ciência. 2020. [Science-based targets for nature: Initial guidance for business](#).
- 23 Griscom, B.W., G. Lomax, T. Kroeger, et al. 2019. [We need both natural and energy solutions to stabilize our climate](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 25(6):1889-1890. DOI: 10.1111/gcb.14612
- 24 IPCC. 2019. [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](#) [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, et al. (eds.)].
- 25 Pendrill, F., U.M. Persson, J. Godar, et al. 2019. [Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions](#). *Global Environmental Change*, 56:1-10. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2019.03.002
- 26 Henderson, K., D. Pinner, M. Rogers, et al. 2020. [Climate math: What a 1.5-degree pathway would take](#). *McKinsey Quarterly*.
- 27 Neubauer, S.C. & J.P. Megonigal. 2015. [Moving beyond global warming potentials to quantify the climatic role of ecosystems](#). *Ecosystems*, 18:1000-1013. DOI: 10.1007/s10021-015-9879-4
- 28 Cain, M., Lynch, J., Allen, M.R. et al. [Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants](#). *Climate and Atmospheric Science*, 2:29.
- 29 Fesenfeld, L.P., Schmidt, T.S., Schrode, A. 2018. [Climate policy for short- and long-lived pollutants](#). *Nature Climate Change*, 8:924-936.
- 30 Pingoud, K., K.E. Skog, D.L. Martino, et al. 2019. [Chapter 12: Harvested Wood Products](#). In: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 4:1-49.

- 31 Cook-Patton, S.C., S.M. Leavitt, D. Gibbs, *et al.* 2020. [Mapping potential carbon capture from global natural forest regrowth](#). *Nature*, 585:545–550. DOI:10.1038/s41586-020-2686-x
- 32 Galik, C.S., D.M. Cooley, & J.S. Baker. 2012. [Analysis of the production and transaction costs of forest carbon offset projects in the USA](#). *Journal of Environmental Management*, 112:128–136. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.06.045
- 33 Kroeger, T., C. Klemz, T. Boucher, *et al.* 2019. [Return on investment of watershed conservation: Best practices approach and case study for the Rio Camboriú watershed, Santa Catarina, Brazil](#). *Science of the Total Environment*, 657:1368–1381. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.116
- 34 Pearson, T.R.H., S. Brown, & B. Sohngen, *et al.* 2014. [Transaction costs for carbon sequestration projects in the tropical forest sector](#). *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19:1209–1222. DOI: 10.1007/s11027-013-9469-8
- 35 Rogelj, J., D. Shindell, K. Jiang, *et al.* 2018. [Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development](#). *Global Warming of 1.5 °C*, 93–174.
- 36 Dietz, S., & Stern, N. 2015. [Endogenous Growth, Convexity of Damage and Climate Risk: How Nordhaus' Framework Supports Deep Cuts in Carbon Emissions](#). *The Economic Journal*, 125(583):574–620. DOI: 10.1111/econj.12188
- 37 Hänsel, M.C., M.A. Drupp, D.J.A. Johansson, *et al.* 2020. [Climate economics support for the UN climate targets](#). *Nature Climate Change*, 10:781–789. DOI: 10.1038/s41558-020-0833-x
- 38 Glanemann, N., S.N. Willner, A. Levermann. 2020. [Paris Climate Agreement passes the cost-benefit test](#). *Nature Communications*, 11(1):110. DOI: 10.1038/s41467-019-13961-1.
- 39 Fargione, J.E., S. Bassett, T. Boucher, *et al.* 2018. [Natural climate solutions for the United States](#). *Science Advances*, 4(11):eaat1869. DOI: 10.1126/sciadv.aat1869
- 40 Dalkey, N. & O. Helmer. 1963. [An experimental application of the delphi method to the use of experts](#). *Management Science*, 9(3):351–515. DOI: 10.1287/mnsc.9.3.458
- 41 Morgan, M.G. 2014. [Use \(and abuse\) of expert elicitation in support of decision making for public policy](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(20):7176–7184. DOI: 10.1073/pnas.1319946111
- 42 Groves, C. & E.T. Game. 2016. [Conservation planning: Informed decisions for a healthier planet](#). Roberts and Company Publishers, Greenwood Village, Colorado, USA.
- 43 2021. [Error Propagation \(Propagation of Uncertainty\)](#). Statistics How To.
- 44 Paciornik, N., M. Gillenwater, R. De Lauretis, *et al.* 2019. [Chapter 3: Uncertainties](#). In: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- 45 McMurray, A., T. Pearson, & F. Casarim. 2017. [Guidance on applying the Monte Carlo approach to uncertainty analyses in forestry and greenhouse gas accounting](#). Winrock International, Arlington, Virginia, USA.
- 46 Seddon, N., A. Chausson, P. Berry, *et al.* 2020. [Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges](#). *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375:1794. DOI: 10.1098/rstb.2019.0120
- 47 Smith, P., J. Adams, D.J. Beerling, *et al.* 2019. [Land-management options for greenhouse gas removal and their impacts on ecosystem services and the sustainable development goals](#). *Annual Review of Environment and Resources*, 44:255–286. DOI: 10.1146/annurev-environ-101718-033129
- 48 McDonald, R.I., T. Kroeger, P. Zhang, & P. Hamel. 2019. [The value of US urban tree cover for reducing heat-related health impacts and electricity consumption](#). *Ecosystems*, (23):137–150. DOI: 10.1007/s10021-019-00395-5
- 49 McPherson, G., J.R. Simpson, P.J. Peper, *et al.* 2005. [Municipal forest benefits and costs in five US cities](#). *Journal of Forestry*, 103(8):411–416. DOI: 10.1093/jof/103.8.411
- 50 Busch, J., J. Engelmann, S.C. Cook-Patton, *et al.* 2019. [Potential for low-cost carbon dioxide removal through tropical reforestation](#). *Nature Climate Change*, 9:463–466. DOI: 10.1038/s41558-019-0485-x
- 51 Jones, J.P.H., J.S. Baker, K. Austin, *et al.* 2019. [Importance of Cross-Sector Interactions When Projecting Forest Carbon across Alternative Socioeconomic Futures](#). *Journal of Forest Economics*, 34(3-4):205–231. DOI: 10.1561/112.00000449
- 52 Frederick, S., G. Loewenstein, & T. O'Donoghue. 2002. [Time discounting and time preference: A critical review](#). *Journal of Economic Literature*, 40(2):351–401. DOI: 10.1257/002205102320161311
- 53 Arrow, K.J., M.L. Cropper, C. Gollier, *et al.* 2014. [Should governments use a declining discount rate in project analysis? Review of Environmental Economics and Policy](#), 8(2):145–163. DOI: 10.1093/reep/reu008
- 54 Freeman, M.C., B. Groom, E. Panopoulou, & T. Pantelidis. 2013. [Declining discount rates and the Fisher Effect: Inflated past, discounted future? GRI Working Papers 109](#), Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.
- 55 Addicott, E.T., E.P. Fenichel, & M.J. Kotchen. 2020. [Even the representative agent must die: Using demographics to inform long-term social discount rates](#). *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 7(2):379–415. DOI: 10.1086/706885
- 56 Moore, M.A., A.E. Boardman, & A.R. Vining. 2020. [Social discount rates for seventeen Latin American countries: Theory and parameter estimation](#). *Public Finance Review*, 48(1):43–71. DOI: 10.1177/1091142119890369
- 57 McKinsey and Company. 2021. [Why investing in nature is key to climate mitigation](#).
- 58 Friedrich, J., M. Ge, & A. Pickens. 2020. [This interactive chart shows changes in the world's top 10 emitters](#). World Resources Institute Blog.
- 59 Environment and Climate Change Canada. 2020. [Canadian environmental sustainability indicators: Greenhouse gas emissions](#).

- 60 Secretariat of the Convention on Biological Diversity. [The Convention on Biological Diversity](#).
- 61 Gao, F., T. He, Z. Wang, *et al.* 2014. [Multiscale climatological albedo look-up maps derived from moderate resolution imaging spectroradiometer BRDF/albedo products](#). *Journal of Applied Remote Sensing*, 8(1):083532. DOI: 10.1117/1.JRS.8.083532
- 62 Global Carbon Project. 2020. [Supplemental data of Global Carbon Budget 2020 \(Version 1.0\) \[dataset\]](#). Global Carbon Project. DOI: 10.18160/gcp-2020
- 63 IPCC. 2020. [Comprehensive report of China's long-term low-carbon development strategy and transition path research \[in Chinese\]](#). *China Population, Resources and Environment*, 30(11):1-25.
- 64 UNFCCC. 2015. [Enhanced Actions on Climate Change \[in Chinese\]](#).
- 65 Jing, G. 2020. [A series of major climate policies have demonstrated China's commitment to green and low-carbon development \[in Chinese\]](#). *Xinhua News Agency*.
- 66 Zhou, C., T. Mao, X. Xu, *et al.* 2016. [Preliminary analysis of the carbon sink potential of the blue carbon ecosystem in China's coastal zone \[in Chinese\]](#). *Science China Life Sciences*, 46(4):475-486.
- 67 Duan, X., X. Wang, T. Yao, *et al.* 2006. [Advance in the studies on carbon sequestration potential of wetland ecosystem \[J\] \[in Chinese\]](#). *Ecology and Environment*, 15(5): 1091-1095.
- 68 FAOSTAT. [Fertilizers by nutrient \[dataset\]](#).
- 69 Wei, C.Y. 2016. [Study on carbon sink and carbon emission trading in grassland in China \[in Chinese\]](#). *Animal Husbandry of China*, (24) 68-69.
- 70 Meng, L. & H.W. Gao. 2002. [Status quo and restoration strategy of degraded grassland in China \[in Chinese\]](#). China International Grassland Development Conference and the Sixth Congress of the Chinese Grassland Society, 304-307.
- 71 General Office of the State Council (China). 2011. [12th five-year plan on GHG emission control \[in Chinese\]](#). No. 41.
- 72 State Council (China). 2016. [13th five-year plan on GHG emission control](#). No. 61.
- 73 Gao, J. 2019. [How China will protect one-quarter of its land](#). *Nature*, 569:457. DOI: 10.1038/d41586-019-01563-2
- 74 Zhang, X.Q., Q. Xie, & N. Zeng. 2020. [Nature-based solutions to address climate change \[in Chinese\]](#). *Progress in Climate Change Research*.
- 75 The Nature Conservancy China Program. 2021. [Nature-based Solutions: Research and Practice \[in Chinese\]](#). Beijing: China Environmental Publishing Group.
- 76 O Congresso da Colômbia. 2016. [Law 1819 of 2016 \[in Spanish\]](#).
- 77 Ministério do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável (Colômbia). 2017. [Decree 926 of 2017 \[in Spanish\]](#).
- 78 Instituto Humboldt. 2017. [Colombian Biodiversity: Numbers to keep in mind \[in Spanish\]](#). Press bulletin, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- 79 República da Indonésia. 2018. [Indonesia Second Biennial Update Report](#). UNFCCC, Bonn, Germany.
- 80 Griscom, B. W., J. Busch, J., S.C. Cook-Patton, *et al.* 2020. [National mitigation potential from natural climate solutions in the tropics](#). *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794):20190126. DOI: 10.1098/rstb.2019.0126
- 81 Page, S.E., J.O. Rieley, & C.J. Banks. 2011. [Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool](#). *Global Change Biology*, 17(2):798-818. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x
- 82 Gumbrecht, T., R.M. Roman-Cuesta, L. Verchot, *et al.* 2017. [An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor](#). *Global Change Biology*, 23(9):3581-3599. DOI: 10.1111/gcb.13689
- 83 Giri, C., E. Ochieng, L.L. Tieszen, *et al.* 2010. [Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data](#). *Global Ecology and Biogeography*, 20(1):154-159. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x
- 84 Rypdal, K., N. Paciorek, S. Eggleston, *et al.* 2006. [Chapter 1: Introduction to the 2006 guidelines](#). In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- 85 Murdiyarso, D., J. Purbopuspito, J. Boone Kauffman, *et al.* 2015. [The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation](#). *Nature Climate Change*, 5:1089-1092. DOI: 10.1038/nclimate2734
- 86 Alongi, D.M., D. Murdiyarso, J.W. Fourqurean, *et al.* 2016. [Indonesia's blue carbon: A globally significant and vulnerable sink for seagrass and mangrove carbon](#). *Wetlands Ecology and Management*, 24(3):3-13. DOI: 10.1007/s11273-015-9446-y
- 87 IPCC. 2014. [Annex II: Glossary \[Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow \(eds.\)\]](#). In: [Climate Change 2014: Synthesis Report](#). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- 88 Boden, T.A., G. Marland, & R.J. Andres. 2017. [Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions](#). Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. DOI: 10.3334/CDIAC/00001_V2017
- 89 Center for Climate and Energy Solutions. [Global Emissions Data](#).
- 90 Cameron, D.R., D.C. Marvin, J.M. Remucal & M.C. Passero. 2017. [Ecosystem management and land conservation can substantially contribute to California's climate mitigation goals](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(48):12833-12838. DOI: 10.1073/pnas.1707811114

- 91 Graves, R.A., R.D. Haugo, A. Holz, *et al.* 2020. [Potential greenhouse gas reductions from Natural Climate Solutions in Oregon, USA](#). PLoS One. DOI: 10.1371/journal.pone.0230424
- 92 Cook-Patton, S.C., T. Gopalakrishna, A. Daigneault, *et al.* 2020. [Lower cost and more feasible options to restore forest cover in the contiguous United States for climate mitigation](#). *One Earth*, 3(6):739–752. DOI: 10.1016/j.oneear.2020.11.013
- 93 Fargione, J., D.L. Haase, O.T. Burney, *et al.* 2021. [Challenges to the reforestation pipeline in the United States](#). *Frontiers in Forests and Global Change*. 4. DOI: 10.3389/ffgc.2021.629198
- 94 Ricke, K., L. Drouet, K. Caldeira, *et al.* 2018. [Country-level social cost of carbon](#). *Nature Climate Change*, 8:895–900. DOI: 10.1038/s41558-018-0282-y
- 95 United Nations. 1992. [Convention on biological diversity](#).
- 96 Reid, W.V., H.A. Mooney, A. Cropper, *et al.* 2005. [Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report](#). Island Press, Washington, D.C.
- 97 Bartholemew, S. 2015. [What does climate justice mean to you?](#) Climate Generation Blog.
- 98 Environmental Justice Initiative. n.d. [The Climate Justice Declaration](#). School of Natural Resources and Environment, University of Michigan.
- 99 The Nature Conservancy. n.d. [Tanzania: Tuungane Project](#). Nature.org.
- 100 United Nations. 2007. [The United Nations declaration on the rights of Indigenous Peoples](#).
- 101 International Labour Organization. 1989. [Indigenous and Tribal Peoples Convention](#). C169.
- 102 The Nature Conservancy. 2020. [The Nature Conservancy’s Human Rights Guide for Working with Indigenous Peoples and Local Communities](#).
- 103 Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA). 2018. [Power analysis: A practical guide](#).
- 104 University of California, Davis & University of Michigan, Ann Arbor. 2018. [Building equitable partnerships for environmental justice](#).
- 105 Terry, G. 2009. [No climate justice without gender justice: an overview of the issues](#). *Gender & Development*, 17(1):5–18. DOI: 10.1080/13552070802696839
- 106 Pearse, R. 2016. [Gender and climate change](#). *WIREs Climate Change*, 8(2):e451. DOI: 10.1002/wcc.451
- 107 United Nations General Assembly. 2015. [Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development](#). A/RES/70/1.
- 108 Burns, B. & T. Daniel. 2020. [Pocket guide to gender equality under the UNFCCC](#). European Capacity Building Initiative (ECBI).
- 109 Rights and Resources Initiative. 2015. [Who owns the world’s land? A global baseline of formally recognized Indigenous and community land rights](#). Washington, D.C.: RRI
- 110 Lipsett-Moore, G.J., N.H. Wolff, & E.T. Game. 2018. [Emissions mitigation opportunities for savanna countries from early dry season fire management](#). *Nature Communications*, 9 (2247). DOI: 10.1038/s41467-018-04687-7
- 111 Goldstein, A. 2016. [Not so niche: Co-benefits at the intersection of forest carbon and sustainable development](#). Forest Trends’ Ecosystem Marketplace.
- 112 Parresol, Bernard R. 2002. [Biomass](#). Encyclopedia of Environmetrics (ISBN 0471 899976). 1:196-198.
- 113 UN Environment Programme – World Conservation Monitoring Centre. 2019. [Biodiversity A-Z website](#). UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- 114 Nordhaus, W.D. 2017. [Revisiting the social cost of carbon](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(7)1518–1523. DOI: 10.1073/pnas.1609244114
- 115 European Commission. 2014. [Eurostat: Statistics Explained](#).
- 116 General Secretariat of the Council Directorate. 2011. [Climate change: Key terms in 23 languages](#). European Union.
- 117 Denchak, M. 2019. [Greenhouse Effect 101](#). Natural Resources Defense Council (NRDC).
- 118 UNFCCC. 2021. [REDD+ Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation: Overview](#).
- 119 USFS. 2016. [Valuing Ecosystem Services: Carbon Sequestration](#).
- 120 IUCN. 2020. [Nature-based solutions](#).

Próxima página: Pôr-do-sol na Tallgrass Prairie National Preserve perto de Strong City, Kansas, Estados Unidos. @ Ryan Donnell/TNC

