

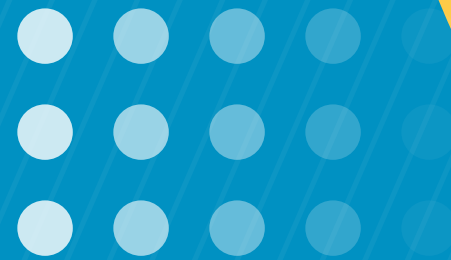


RELATÓRIO . 2021

OPORTUNIDADES PARA O BRASIL EM MERCADOS DE CARBONO

ICC BRASIL
INTERNATIONAL
CHAMBER OF COMMERCE
The world business organization

WAY
CARBON



CARTA DE APRESENTAÇÃO



Gabriella Dorlhiac

Diretora Executiva
da ICC Brasil

Um dos principais desafios do nosso tempo, as mudanças climáticas colocam em risco a vida e meios de subsistência de bilhões de pessoas. Eventos climáticos extremos, perda da biodiversidade, alteração do regime hídrico e desastres naturais cada vez mais frequentes também impactam diretamente a economia, tornando impensável a prosperidade no século XXI sem atuarmos sobre os riscos de uma temperatura global 1,5° C acima dos níveis pré-industriais.

Um recente relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, ligado à Organização das Nações Unidas, deixou claro que a emergência climática é resultado da ação humana. E é pela ação humana que, de forma coordenada entre setor privado, governos e sociedade civil, precisaremos superar este desafio.

Os esforços de cooperação global serão mais do que nunca essenciais e deverão se traduzir em políticas alinhadas à economia e que elevem a nossa ambição pela consecução de estratégias que resultem em impactos climáticos positivos e concretos. A COP26 em Glasgow será um ponto de inflexão da agenda climática global: o sucesso das negociações ditará o

ritmo em que marcos regulatórios – como, por exemplo, mercado regulado de carbono –, incentivos financeiros e mudanças estruturais na forma de produção e consumo permitirão uma descarbonização efetiva até 2050.

O setor privado possui um papel fundamental nessa jornada de transição para uma economia de baixo carbono e é inspirador constatar que cada vez mais empresas estejam se comprometendo com metas de redução de suas emissões, em um exercício fundamental de repensar a forma de se fazer negócios.

Mais do que isso, a necessidade de mitigação dos riscos e das consequências da crise climática nos oferece uma oportunidade de reflexão sobre o país que desejamos e podemos ser. Temos os necessários elementos e a convicção de que é possível aliar desenvolvimento econômico e social à conservação ambiental, criando oportunidades e impulsionando uma nova economia para a País.

É nesse sentido que a ICC Brasil desenvolveu, em parceria com a consultoria WayCarbon, o presente estudo que destaca as oportunidades econômicas para o

Brasil em mercados de carbono, a partir de uma ótica multissetorial. Com um potencial que chega nas dezenas de bilhões de dólares, ainda que este não deva ser foco da solução para crise climática, fica evidente uma gigante oportunidade econômica, de forma a colhermos os frutos da imensa vocação ambiental que o Brasil detém.

Esperamos que as principais conclusões desta publicação possam oferecer subsídios para negociadores, formuladores de políticas, comunidade empresarial e sociedade de forma ampla, em preparação para a COP26 e outros fóruns que serão fundamentais para o sucesso da árdua missão de assegurar um futuro com produção, equilíbrio e qualidade de vida.

A ICC Brasil, um dos capítulos nacionais da Internacional Chamber of Commerce (ICC), foi criada em 2014 com a missão de trazer o setor privado para o centro da agenda de comércio internacional e ampliar a voz da comunidade empresarial brasileira junto a governos e organismos internacionais, na elaboração de projetos voltados para o desenvolvimento econômico, social e melhoria do ambiente de negócios.

A partir de uma abordagem multissetorial, produzimos conhecimento por meio de projetos e iniciativas de *advocacy*, buscando aproximar o setor privado dos órgãos governamentais e de debates globais de organismos multilaterais, como a ONU, OMC e G20, fornecendo subsídios para a elaboração de políticas públicas que sejam benéficas para os negócios e sociedade.

Difundimos localmente também o conteúdo desenvolvido pela ICC global em suas 12 áreas de atuação, organizamos eventos sobre temas de relevância para a economia do país, damos voz às empresas instaladas no Brasil no âmbito global e transmitimos às autoridades governamentais relevantes as posições da ICC sobre questões-chave

para um ambiente de negócios saudável, íntegro e sustentável.

A ICC, globalmente, foi fundada em 1919 com a missão de promover um comércio internacional mais aberto, justo e transparente. Atualmente, a ICC representa a voz das empresas nos mais altos níveis de tomada de decisões intergovernamentais, seja na Organização Mundial do Comércio, no G20 ou nas Nações Unidas, sendo a primeira organização do setor privado com status de observador na Assembleia Geral da ONU. É esta capacidade de conexão entre os setores público e privado que diferencia a ICC como instituição única, respondendo às necessidades de todos os stakeholders envolvidos no comércio internacional e nos temas que estão ao seu redor, como a inovação e a sustentabilidade.

Para saber mais, visite iccbrazil.org



Estabelecida no Brasil desde 2006, a WayCarbon é uma empresa de base tecnológica e a maior consultoria estratégica com foco exclusivo em sustentabilidade e mudança do clima na América Latina. A empresa oferece ao mercado soluções que aliam experiência profissional, inovação e desenvolvimento tecnológico, com o objetivo de transformar a sustentabilidade em um elemento competitivo para o negócio.

A WayCarbon é referência em assessoria sobre mudanças globais do clima, gestão de ativos ambientais e no desenvolvimento de estratégias e negócios visando a ecoeficiência e a economia de baixo carbono. A WayCarbon é uma Empresa B Certificada e é integrante dos principais hubs de inovação no país.

A WayCarbon entende que a agenda de mercado de carbono é estratégica para o país e por meio de sua experiência e inteligência de mercado desenvolve embasamento técnico e inovação financeira para o sucesso da implementação de oportunidades no país, motivação clara para parceria com o ICC Brasil e entrega deste trabalho.

Para saber mais, visite waycarbon.com

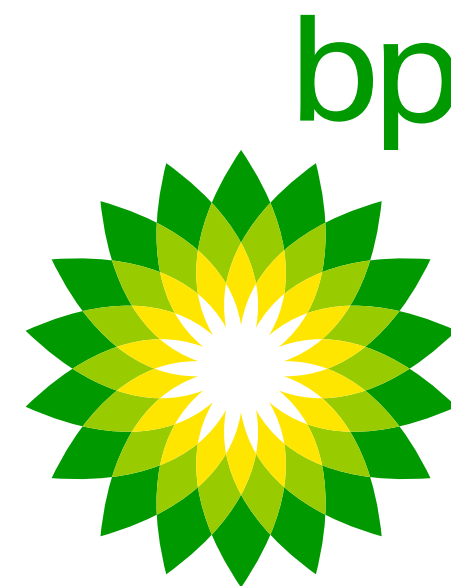
AUTORES


Laura Albuquerque
Letícia Gavioli
Sergio Margulis
Caio Barreto
Fabiana Clemente
Julia Goulart
Sandro Esposito

Revisão técnica

Henrique Pereira
Rodrigo Wanderley
Ana Pinheiro

APOIO:



 Em qualquer página desse relatório, clique nesse botão e retorne aqui, ao sumário.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
CONTEXTUALIZAÇÃO	6
_MERCADOS DE CARBONO	6
_O AMBIENTE DE COMERCIALIZAÇÃO NO MERCADO VOLUNTÁRIO DE CRÉDITOS DE CARBONO	9
_O CONTEXTO DO BRASIL	10
REVISÃO SETORIAL	11
_SETOR AGROPECUÁRIO	12
_SETOR DE FLORESTAS	15
_SETOR DE ENERGIA	18
_SETOR DE TRANSPORTES	22
_SETOR DE INDÚSTRIA	24
_VISÃO SIMPLIFICADA DAS RELAÇÕES INTERSETORIAIS DE MITIGAÇÃO DE GEE	28
IDENTIFICAÇÃO DE ACESSO AOS MERCADOS	29
_ARTIGO 6	29
_MERCADOS DE CARBONO HOJE	30
POTENCIAL OFERTA DE CRÉDITOS	32
_QUAL A DEMANDA POR CRÉDITOS GLOBAL E NACIONAL?	33
_OPORTUNIDADES ECONÔMICAS	35
_BARREIRAS PARA O MERCADO DE CARBONO	37
• 1. MERCADOLÓGICA: ESTRUTURA DE MERCADO E O PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE CRÉDITO DE CARBONO	37
• 2. POLÍTICA: ACORDO DE CONCEITOS	39
• 3. ECONÔMICA	41
ANÁLISE E PRIORIZAÇÃO	43
RECOMENDAÇÕES E MENSAGENS-CHAVE	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS	58

INTRO- DUÇÃO

Este relatório explora as oportunidades para o Brasil no mercado de carbono em seus setores produtivos, especialmente no que diz respeito ao Artigo 6 do Acordo de Paris e aos mercados voluntários de carbono. O estudo traz uma breve contextualização conceitual sobre esses mercados, seguida da identificação das potenciais oportunidades de geração de crédito de carbono por setor produtivo e em suas cadeias associando aos benefícios socioeconômicos. Na sequência, as oportunidades são priorizadas em custo-efetividade e discorre-se em relação ao acesso dessas oportunidades ao mercado e às barreiras identificadas para os setores prioritários. Posteriormente, são apresentadas as oportunidades setoriais priorizadas por tipo de mercado de carbono. Finalmente, são apresentados argumentos e recomendações estratégicas para atuação brasileira em diferentes tipos de mercado de carbono.

CONTEXTUALIZAÇÃO

A pandemia da COVID-19 foi economicamente devastadora, como experimentado em crises financeiras sistêmicas no passado recente e ampliou seu impacto sobre a saúde pública e nosso modo de vida. Tal combinação justifica os pacotes de estímulo que apoiam processos de recuperação mais integrados e por isso governos responderam fornecendo estímulos ou pacotes de ajuda para apoiar os processos de recuperação. Entretanto, a pandemia não é o único desafio da presente década, pois as temperaturas recordes anuais, os crescentes desastres naturais e o declínio da biodiversidade apresentam sinais urgentes de alerta para a longevidade do ser humano na Terra. O aquecimento global, que inequivocamente tem a influência humana, ultrapassará 1,5°C antes do meio do século, mas pode ser minimizado com ação ambiciosa imediata de redução de emissões. (IPCC, 2021)

Os pacotes de recuperação econômica, principalmente nas economias avançadas, têm focado fortemente no desenvolvimento sustentável e neutralidade de carbono. Para garantir que isso seja alcançado de maneira custo-efetiva, eles vêm utilizando mecanismos de regulação e instrumentos de precificação de carbono pois os mercados de carbono podem destravar oportunidades financeiras para os planos de recuperação no pós-pandemia dos países e acelerar

o crescimento sustentável da economia (LONDON SCHOOL OF ECONOMICS AND POLITICAL SCIENCE; UNIVERSITY OF LEEDS, 2020).

As autoridades francesas, por exemplo, reconheceram a importância de introduzir um plano de recuperação econômica que traga um progresso sustentável para a Europa, endereçando as crises climáticas e ecológicas, especialmente na transição energética, considerando a tributação direta nos combustíveis fósseis; ou no âmbito de um reforço do *European Union Emissions Trading Scheme* (EU-ETS); e até mesmo uma combinação entre ambas as políticas (EUROACTIV, 2020). O governo do Reino Unido também considerou em comunicado que as ações para zerar as emissões e limitar os danos das mudanças climáticas ajudarão a reconstruir o país com uma economia mais forte após a pandemia do Covid-19, afirmando que a redução das emissões de gases de efeito estufa e a adaptação às mudanças climáticas devem ser parte integrante de qualquer pacote de recuperação. As medidas incluem apoio a qualificações e pesquisa para desenvolvimento de uma economia adaptada; facilitação para as pessoas caminharem, andarem de bicicleta ou trabalharem remotamente; plantio de árvores, restauração de turfeiras, espaços verdes e outras infraestruturas verdes (COMMITTEE ON CLIMATE CHANGE, 2020).

MERCADOS DE CARBONO

Mercado de carbono é um termo que vem sendo utilizado para expressar dois tipos diferentes de comercialização de ativos ambientais relacionados a emissão de gases de efeito estufa (GEE):

- 1. Direitos de Emissão de GEE** (em inglês, *allowance*) - referente a um sistema de comércio de emissões (em inglês, *Emission Trading System* - ETS)
- 2. Certificados de redução de emissão de GEE** (em inglês, *Certified ou Verified Emission Reduction* - CER/VER) - referente a um mecanismo de compensação (*offset*).

Ambos os tipos de comercialização são denominados mercados de carbono, em que o termo “emissão de GEE” foi simplificado a “carbono”.

Existem dois tipos de Mercado de Carbono, o mercado de carbono regulado e o mercado de carbono voluntário, eles possuem participantes, abrangência, regulamentos e regras específicas, sendo o mercado regulado vinculado a um marco regulatório e o mercado voluntário um mecanismo de compensação sem vínculos regulatórios.

MERCADO REGULADO - ETS

São sistemas regulados em nível internacional, nacional ou regional onde por meio de um marco regulatório se estabelece um limite máximo de emissão de GEE (*cap*) e os agentes que emitem abaixo deste limite podem negociar (*trade*) seus direitos de emissão (*allowances*) com os que emitem acima deste limite. Em alguns casos, setores de intensa emissão e expostos ao comércio internacional poderão ser beneficiados com direitos de emissão adicionais (CEBDS, 2020).

No nível internacional, vigorou o marco regulatório do Protocolo de Quioto com as metas para países desenvolvidos (Anexo 1) e, hoje, vigora o Acordo de Paris com as metas chamadas de NDC (em inglês, *Nationally Determined Contributions*). Já no nível nacional e regional, há outros marcos regulatórios específicos que resultam em cerca de 30 ETS, sendo o maior e mais importante o *European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS)*, entre outros (CPLC, 2021a).

MERCADO VOLUNTÁRIO

Mecanismos de compensação: são sistemas nos quais não há limites máximos de emissão definidos por regulação aos agentes. As metas de redução de GEE não são reguladas mas atendem a metodologias de determinados padrões liderados, em geral, por organizações não governamentais que geram resultados de redução de emissão de GEE na implementação de projetos (CPLC, 2021b). As reduções de emissão são comercializadas entre empresas e indivíduos e atendem a uma meta voluntária corporativa ou individual com créditos gerados por meio de processos certificados por terceira parte, alinhados aos princípios e metodologias que variam entre os padrões existentes. Esses créditos também podem ser usados para atender parcialmente às metas de um mercado regulado, sob um acordo internacional ou políticas domésticas relacionados à mitigação de GEE, desde que explicitamente permitido na regulação ou acordo internacional. Os principais padrões do mercado regulado são Verra, Gold Standard e Social Carbon, entre outros (CEBDS, 2020; CPLC, 2021b).

Nesse sentido, ambos mercados de carbono negociam em tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e), em que uma *allowance* é dita como um crédito de carbono e, igualmente, - uma redução de emissão certificada é dita como um crédito de carbono. Há três ambientes diferentes de comercialização de crédito de carbono: o mercado de carbono regulado no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas Sobre Mudanças Climáticas (sigla em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*); os mercados regulados de carbono regionais, nacionais e subnacionais; e o mercado de carbono voluntário.

O ambiente de comercialização da UNFCCC foi regulado pelo Protocolo de Quioto até 2020 e agora está em transição para as regras do Acordo de Paris. O Protocolo de Quioto estabeleceu um ETS entre os países do Anexo I e estabeleceu dois mecanismos de compensação - o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e a Implementação conjunta. No caso dos MDL, países em desenvolvimento poderiam fornecer créditos de carbono para que países do Anexo I conseguissem atingir suas metas de maneira mais custo-efetiva, e, assim, promover seu desenvolvimento sustentável. Segundo a UNFCCC (2018), 40% dos projetos de MDL engajam com comunidades locais, levando à geração de empregos, promoção da educação e melhorias das condições de vida. Além disso, 27% desses projetos geram benefícios financeiros para a economia local e regional. Nesse sentido, o MDL no Brasil viabilizou US\$ 32 bilhões em investi-

mentos com cerca de 340 projetos, em que o conjunto de projetos de geração de energia renovável correspondeu a 97% do total deste capital investido. A grande mobilização de capital em projetos deste setor foi devido à capacidade do MDL em promover investimentos na geração de energia renovável contribuindo para uma capacidade instalada total de aproximadamente 20 GW (IPEA, 2018).

Novos mecanismos de mercado estão estabelecidos no Artigo 6 do Acordo de Paris e é esperado que suas regras sejam definidas na COP 26 (26ª Conferência das Partes da UNFCCC) em novembro de 2021. A implementação do Artigo 6 pode fornecer uma base política global para um ETS abrangente que sirva como um guarda-chuva entre todos os países participantes do Acordo de Paris sob metas da NDC. O Artigo 6 tem o potencial de aumentar a cooperação internacional em favor da mitigação de emissões, regulamentando troca entre países por meio de transferências de unidades de mitigação (em inglês, *Internationally transferred mitigation outcomes - ITMOs*¹), que podem abrir o caminho para alcançar as metas estabelecidas na NDC com menores custos globais. Essa cooperação custo-efetiva foi claramente ressaltada pelo Instituto Conjunto de Pesquisa de Mudanças Globais, indicando uma redução de custos resultante da colaboração em relação aos atingimentos individuais das metas da NDCs de US\$ 249 bilhões (63%) em 2030, US\$ 345 bilhões (41%) em 2050 e US\$ 988 bilhões (30%) em 2100 (IETA; UNIVERSITY OF MARYLAND; CPLC, 2019).

1. As métricas dos ITMOs também estão pendentes de negociação, é possível que possam incluir outras métricas como capacidade renovável ou hectares de floresta recém-plantada. Além disso, os países também poderiam vincular os seus ETS por meio deste mecanismo.

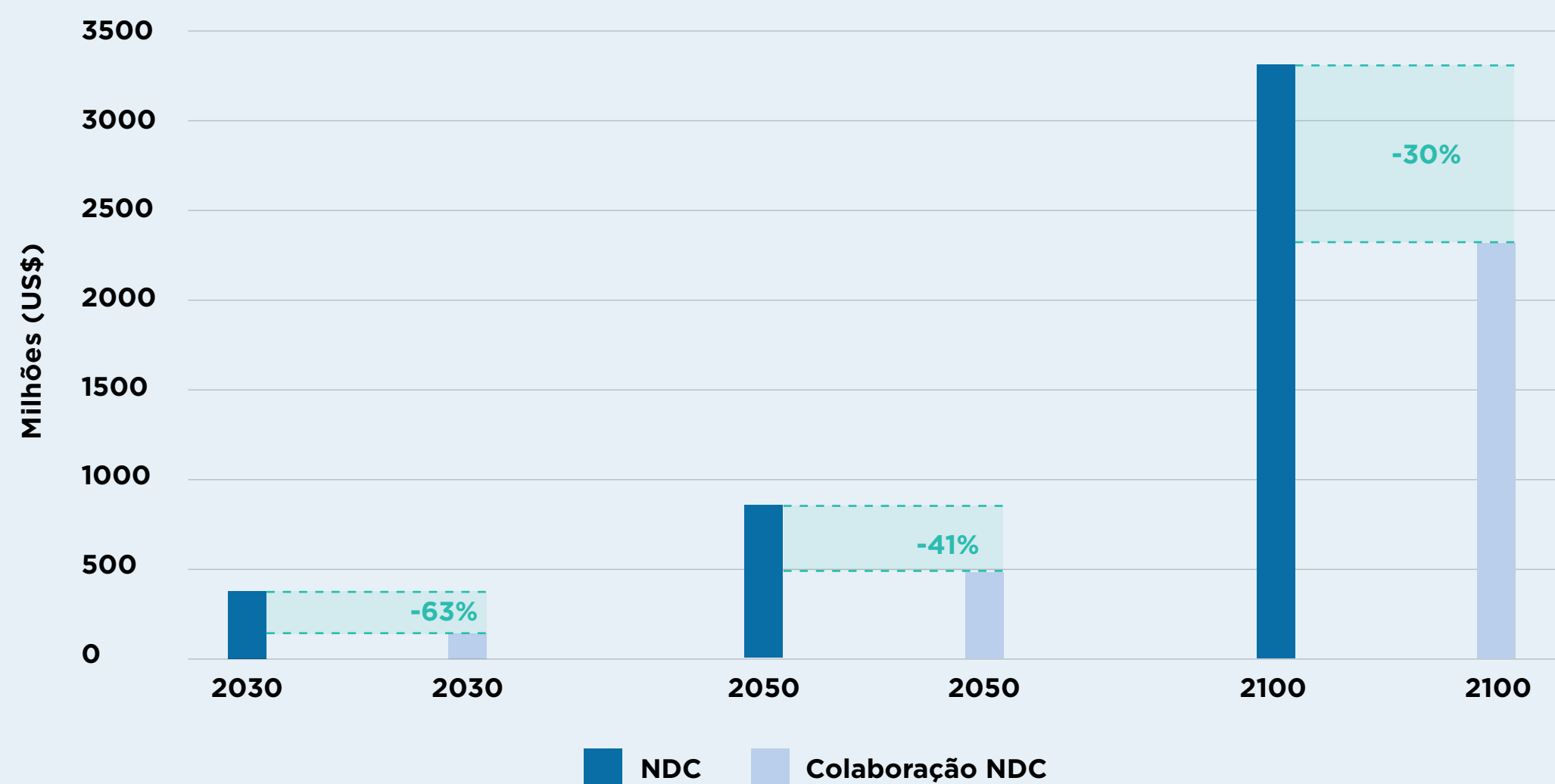


Figura 1: Custos de Mitigação de Emissões - NDC vs. Colaboração NDC
 Fonte: Elaboração própria com base em (IETA; UNIVERSITY OF MARYLAND; CPLC, 2019).

No Artigo 6, destacam-se o Artigo 6.2, que estabelece que os ITMOs podem ser negociadas entre países, e o Artigo 6.4 que permite transferências diretas entre países e o setor privado por meio do chamado Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável (MDS). Portanto, os países participantes favorecidos por abundância de recursos naturais e infraestruturas sustentáveis, e suas respectivas empresas, poderão transferir sua mitigação de emissões com uma vantagem competitiva para outros países não favorecidos (IETA; UNIVERSITY OF MARYLAND; CPLC, 2019).

Como um dos países com o potencial de mitigação mais custo-efetivo, o Brasil tem uma oportunidade

única de utilizar seus setores-chave de baixo carbono nesses novos mecanismos e desempenhar um papel geopolítico estratégico na mitigação da mudança climática. Entretanto, conforme mencionado, as regras do Artigo 6 para a estrutura do MDS e do ITMO, e seus meios de implementação estão condicionados às negociações que ocorrerão na COP 26 (UNFCCC, 2019).

Apesar deste atraso diplomático, há urgência climática e oportunidades econômicas latentes. Por isso, países interessados estão realizando seus pilotos relativos ao Artigo 6 por meio de acordos ou programas bilaterais, tais como os existentes entre o Canadá e Chile e Canadá e México, bem como tratados firma-

dos entre a Suíça e o Peru, e a Suíça e Gana. O Chile e o Peru estão no processo de implementação de projetos de redução de emissões que indicam ter seus ITMOs comercializados com o Canadá e a Suíça, respectivamente. Entre 2015 e 2020, o Canadá, anunciou um financiamento climático internacional de US\$ 2,65 bilhões para ajudar os países em desenvolvimento a enfrentarem os desafios da mudança climática e apoiar sua transição para economias de baixo carbono e resilientes às mudanças do clima (CANADA, 2017). O país apoia técnica e financeiramente o Chile por meio do *Canada-Chile Agreement on Environmental Cooperation* (CCAEC) para redução das emissões de metano no setor de resíduos e adquirirá as unidades de mitigação relativa a esse projeto do Chile para cumprir compromissos na NDC canadense. O CCAEC faz parte do Acordo de Livre Comércio entre o Chile e o Canadá e tem como objetivo que as leis e regulamentos ambientais de ambos os países proporcionem altos níveis de proteção ambiental (CANADA, 2010). Além disso, o México, a Costa Rica e vários países da Ásia e a oeste e leste da África², se juntaram aos pilotos. Esses programas de cooperação apresentarão novas perspectivas para as mudanças climáticas e oportunidades econômicas nesse mercado de carbono (GREINER *et al.*, 2020).

É importante ressaltar que os vazamentos de emissões³ e as possibilidades de dupla contagem podem ser substancialmente reduzidos com uma abordagem de cooperação enquanto resultam em uma mitigação de emissões com boa relação custo-benefício.

Box 1

Acordo bilateral entre Suíça e Peru

Em outubro de 2020, Suíça e Peru assinaram um acordo bilateral visando aumentar suas ambições climáticas. Alinhado com o artigo 6 do Acordo de Paris, esse acordo prevê a redução das emissões de GEE e a promoção do financiamento de projetos nacionais que implementem tecnologias e práticas de baixo carbono. Conforme apresentado, de acordo com o artigo 6 do Acordo de Paris, um país pode usar a redução excedente de CO₂ de outro país para ajudar a alcançar seu objetivo através de ITMOs.

O acordo entre esses dois países prevê que a Suíça financiará projetos peruanos que implementem tecnologias e práticas com baixas emissões de GEE. Nesse sentido, o investimento de 20 milhões de euros por parte da Suíça é destinado ao programa Tuku Wasi, um programa para aprimorar fogões da população rural do Peru reduzindo não apenas emissões de GEE e de material particulado, como consequente redução de doenças pulmonares que afetam a população. Ao longo da implementação, o Peru irá trabalhar para definir as ações de monitoramento, relato e a verificação das reduções de GEE. Assim, observa-se que a assinatura do acordo entre Suíça e Peru configura-se como um exemplo de como a cooperação entre os países pode facilitar o cumprimento de suas metas climáticas, além de trazer prosperidade e bem-estar para a população (CONFEDERACIÓN SUIZA Y REPÚBLICA DEL PERÚ, 2020; COZIJNSEN, 2020; TUKI WASI, 2021).

2. Dentre os países asiáticos, tem-se: Jordânia, Arábia Saudita, Bangladesh, Mongólia, Myanmar, Japão, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã, Filipinas, Indonésia e Maldivas. Enquanto, dentre os países da África, são englobados: Tunísia, Marrocos, Mali, Senegal, Burquina Fasso, Costa do Marfim, Gana, Benin, República Democrática do Congo, Zâmbia, Zimbábwe, Etiópia, Uganda, Quênia, Ruanda, Moçambique e Egito. / 3. *Carbon leakage*.

O ambiente de comercialização dos mercados de carbono nacionais e regionais é extenso e utilizado em todos os níveis de governo⁴. Em comparação com 2020, a cobertura global de emissões de GEE aumentou mais de 50% e, agora, cobre 16,1% de todas as emissões de GEE no mundo (Figura 2), o que corresponde a 29 ETSs implementados em 2021 (WORLD BANK, 2021a). Este aumento substancial é uma consequência da introdução do ETS na China⁵, a maior iniciativa ETS do mundo em termos de cobertura de emissões, com mais de 4.000 MtCO₂e. Essa iniciativa de um dos maiores parceiros comerciais do Brasil, sinaliza expectativas futuras em relação ao papel dos GEE no comércio exterior sustentável (KRAUSE *et al.*, 2021).

O AMBIENTE DE COMERCIALIZAÇÃO NO MERCADO VOLUNTÁRIO DE CRÉDITOS DE CARBONO

As iniciativas voluntárias comercializam créditos de carbono entre empresas para compensações voluntárias ou cumprimento limitado de metas de ETSs existentes. Mercados voluntários, tais como Gold Standard e Verra existem desde 2003 e 2005 respectivamente e reduziram juntos mais de 681,25 MtCO₂e até 2021 (VERRA, 2021c) (GOLD STANDARD, 2021c). Historicamente, os principais geradores de crédito dos mercados volun-

tários de carbono estão localizados na Índia (23,1 MtCO₂e), nos EUA (14,4 MtCO₂e), na China (10,2 MtCO₂e) e, em sétimo lugar, no Brasil (4,6 MtCO₂e) (DONOFRIO *et al.*, 2020b). Os setores que se destacam nessa geração de créditos são os de florestas e usos da terra, energia renovável e disposição de resíduos. Na China e Índia, os projetos de geração de créditos de carbono se encontram associados, em sua maioria, ao setor de energia renovável, enquanto nos Estados Unidos, os setores de disposição de resíduos, de processos químicos/fábricas industriais e de florestas e usos da terra, se destacaram no volume de projetos de geração de créditos (DONOFRIO *et al.*, 2020b). Já no Brasil, os setores de agropecuária, energia e, especialmente, florestas, se destacam na geração de créditos em projetos VCS (sigla em inglês para *Verified Carbon Standard*), embora também tenha havido emissão de créditos dos setores de transportes e resíduos, em menor montante, em alguns anos da última década (VERRA, 2021a). No

padrão Gold Standard, o Brasil possui créditos de carbono apenas no setor de energia (GOLD STANDARD, 2021a).

O mercado voluntário ainda é tímido frente aos regulados, mas, em 2020, ganhou impulso com os compromissos recentes de grandes grupos empresariais rumo à neutralidade de carbono e com a Força Tarefa para Mercados Voluntários de Carbono (em inglês, *Task Force for Voluntary Carbon Markets*) (IIF, 2021) que visa diagnosticar os desafios deste mercado para identificar as oportunidades de crescimento que serão delineadas. A Força-Tarefa é composta por mais de 40 líderes de seis continentes experientes em relação à cadeia de valor do mercado de carbono do setor financeiro, fornecedores de infraestrutura de mercado, bem como compradores e fornecedores de compensações de carbono (KERSCHNER *et al.*, 2021).

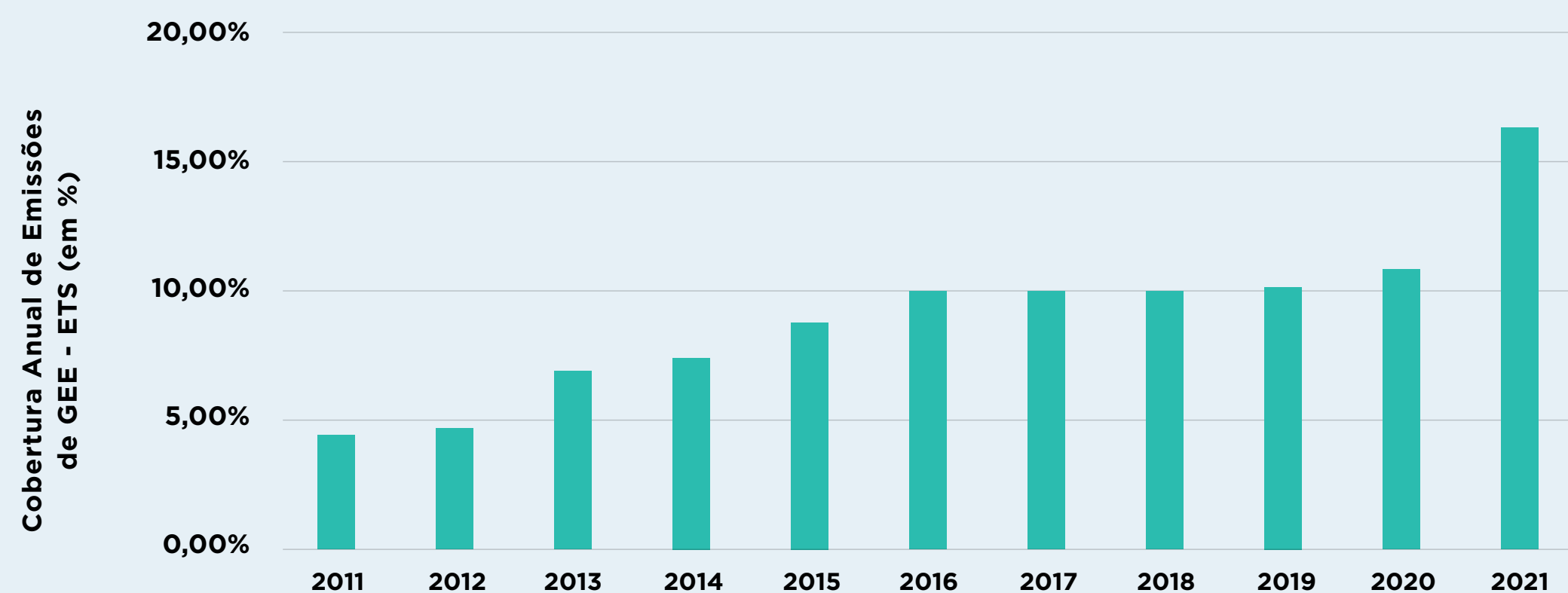


Figura 2: Cobertura das Emissões Anuais de GEE
Fonte: Elaboração própria com base em ICAP (KRAUSE *et al.*, 2021).

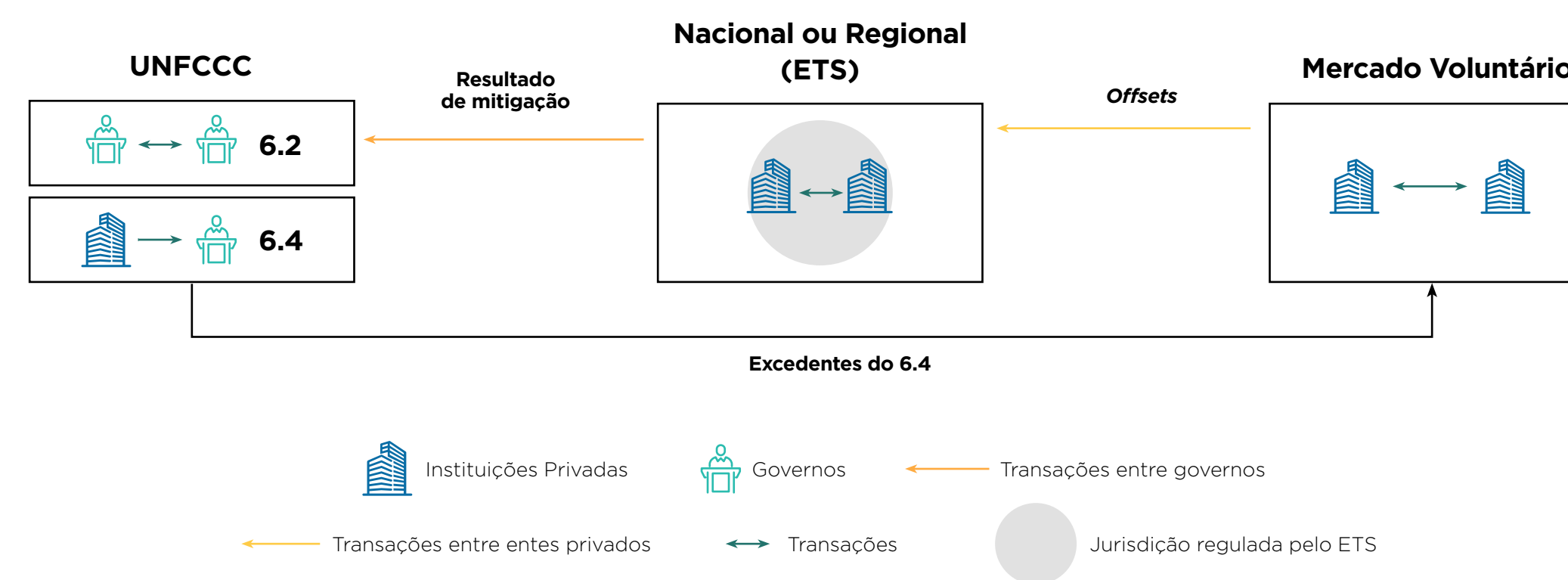


Figura 3: Ambientes de comercialização em mercados de carbono
Fonte: Elaboração própria.

4. Nacionais, regionais (como União Europeia) e subnacionais (como estados, províncias, regiões metropolitanas).

5. A comercialização das permissões nesse mercado está planejada para iniciar antes do final de junho de 2021.

O CONTEXTO DO BRASIL

Em 2015, o Brasil declarou para o Acordo de Paris sua NDC com redução de emissões de GEE de 37% até 2025 e de 43% até 2030 com base nos níveis registrados em 2005 - uma redução para 1.300 MtCO₂e em 2025 e 1.200 MtCO₂e em 2030, respectivamente (FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL, 2016). Em contraste com essa primeira NDC do Brasil, a apresentação atualizada para 2020 não contém números absolutos e, portanto, o setor empresarial, referente às 33 empresas assinantes da carta manifesto “Neutralidade Climática: Uma grande oportunidade”, solicitou metas mais ambiciosas a fim de capitalizar as vantagens competitivas do país para a mitigação das emissões (CEBDS, 2021; UNFCCC, 2020). Por outro lado, em 2021, durante a Cúpula do Clima organizada pelos Estados Unidos, o presidente Jair Bolsonaro afirmou que a neutralidade climática do Brasil deve ser alcançada até 2050 (EPBR, 2021).

Em paralelo, há iniciativas nacionais para reduzir as emissões usando mercados de carbono como instrumento que merecem atenção:

1. PROJETO PARTNERSHIP FOR MARKET READINESS (PMR) BRASIL:

Sob a coordenação do Ministério da Economia e do Banco Mundial, o projeto PMR Brasil teve como objetivo discutir a conveniência e a oportunidade de incluir a precificação de carbono no pacote de instrumentos destinados à implementação da Polí-

tica Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) no período pós-2020. Após quatro anos, o projeto terminou em dezembro de 2020, com a recomendação de um Sistema de Comércio de Emissões - ETS - como o instrumento mais indicado para o Brasil (WORLD BANK, 2020). Corroborando tal indicação, empresas da Iniciativa Empresarial em Clima (IEC) apoiam um ETS nacional desde 2016 (INSTITUTO ETHOS, 2016) e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável propõe que o ETS brasileiro seja para a indústria (CEBDS, 2018a). Posteriormente ao projeto PMR, prevê-se a operação da Partnership for Market Implementation (PMI). Esta visa auxiliar os países participantes a projetar, pilotar e implementar instrumentos explícitos de precificação de carbono alinhados com as prioridades de desenvolvimento interno (WORLD BANK, 2019b). Em abril de 2021, o Brasil enviou ao Banco Mundial um documento de manifestação de interesse em aderir ao PMI. A adoção deste programa poderá ajudar o país na geração de receitas públicas, além de incentivar a inovação e direcionar investimentos (MATSUI, 2021).

2. RENOVABIO

Em dezembro de 2019, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) foi oficialmente lançada para expandir o uso de biocombustíveis na matriz energética nacional brasileira. Por meio da Resolução nº 8, de 18 de agosto de 2020, do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), foi estabelecida a meta do Crédito de Descarbonização (CBIO)

de 24,86 milhões para 2021, representando 24,86 MtCO₂ de emissões evitadas, e foram acordadas as metas para o período até 2030 (BRASIL, 2021c). Vale ressaltar que o Renovabio é uma política de incentivo e não se enquadra a definição de mercado regulado conceituada neste trabalho.

3. POLÍTICA NACIONAL DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS:

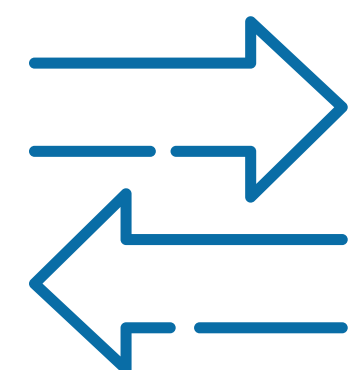
Após o lançamento pelo Ministério do Meio Ambiente em 2020, do Programa Floresta + e do Floresta + Carbono, que previam a geração de créditos de carbono por meio da conservação e recuperação de vegetação nativa dos biomas brasileiros como alternativa de renda adicionais para práticas de proteção florestal, em janeiro de 2021, sob a lei nº 14.119, o Governo Brasileiro estabeleceu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), o Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (CNPSA) e o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA), que definiu conceitos, objetivos, diretrizes, ações e critérios para incentivar a conservação das condições ambientais dos ecossistemas do Brasil (BRASIL, 2020, 2021b). Após a aprovação, a Política ainda precisa ser regulamentada para garantir sua implementação adequada às práticas existentes no Brasil.

4. MERCADO BRASILEIRO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES:

O Projeto de Lei (PL) 528/21 estabelece o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) que regula a transação de créditos de carbono (BRASIL, 2021d). A proposta inicial oferece o desenvolvimento de um mercado voluntário de créditos de carbono para atender empresas ou governos para compensar o impacto ambiental de suas atividades. Este PL está em análise na Câmara dos Deputados e já apresenta propostas de texto substitutivo em tramitação que considera a inclusão de um ETS, em linha com a recomendação do projeto PMR Brasil de se estabelecer um ETS no país.

Dado este contexto, o foco deste trabalho é referente ao mercado de carbono regulado no âmbito da UNFCCC e do Acordo de Paris e do mercado de carbono voluntário.

REVISÃO SETORIAL



O objetivo deste capítulo é pontuar as oportunidades potenciais de geração de crédito de carbono nos setores produtivos, identificar outras oportunidades na cadeia produtiva e seus benefícios socioeconômicos. Nesse sentido, o Brasil possui dois estudos aprofundados a respeito do potencial de mitigação do país e da oportunidade para uma nova economia que embasaram a revisão setorial apresentada. São eles: “Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave” (Opções de Mitigação) do Ministério de Ciência e Tecnologia Inovações e Comunicações

(MCTIC) e “Uma nova economia para uma nova era: elementos para a construção de uma economia mais eficiente e resiliente para o Brasil”, liderado pelo WRI Brasil e pela iniciativa New Climate Economy (NCE). Além disso, foram utilizadas referências específicas para cada setor produtivo e estudos internos de empresas membro do ICC.

Ressalta-se aqui que este estudo entende oportunidade de geração de crédito de carbono como o potencial uso da mitigação gerada no ambiente de comercialização da UNFCCC, no âmbito do Artigo 6 do Acordo de Paris, e no ambiente de comercialização do mercado voluntário. Conseqüentemente, as

tecnologias e medidas selecionadas que compõem o potencial de mitigação de cada setor têm como diretriz guarda-chuva as medidas listadas na primeira versão da NDC brasileira assim como nas metodologias dos programas voluntários VCS e Gold Standard existentes.

Clique no nome de cada um dos setores produtivos ao lado e confira as oportunidades potenciais de geração de crédito de carbono que cada um deles oferece no Brasil.

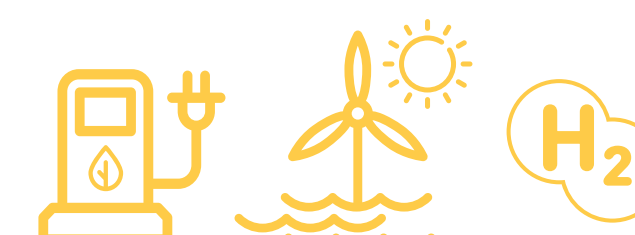
REVISÃO SETORIAL
Em qualquer página dessa sessão, clique nesse botão e retorne a essa página inicial.



SETOR AGROPECUÁRIO



SETOR DE FLORESTAS



SETOR DE ENERGIA



SETOR DE TRANSPORTES



SETOR DE INDÚSTRIA

SETOR AGROPECUÁRIO

Foi o setor produtivo responsável por 6,8% do PIB nacional em 2020 e 27,52% das emissões de GEE em 2019 (BRASIL, 2021e; SEEG, 2021). Visando a mitigação das emissões de GEE, a NDC brasileira apresenta para o setor agropecuário metas objetivas associadas à ampliação das áreas de recuperação de pastagens degradadas (+15 Mha) e de áreas de sistemas integrados de lavoura, pecuária e florestas (ILPF) de +5 Mha para 2030, além do fortalecimento do Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) (UNFCCC, 2016). Nesse sentido, a recuperação de pastagens degradadas (RPD) e sistemas de ILPF representam oportunidades relacionadas a ganhos de produtividade na agricultura, contribuindo, paralelamente, para a mitigação de emissões de GEE (BRASIL, 2017a). Assim, os compromissos adotados pela NDC reforçam e ampliam as metas do Plano ABC⁶ e as estimativas de redução de emissões apresentadas nesta seção levam em conta as tecnologias presentes em ambos os documentos.



TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES

Considerando um cenário de baixo carbono, com relação ao cenário de referência, no período de 2012 até 2050, o projeto Opções de Mitigação estimou potenciais e custos de abatimento⁷ relacionados às medidas voltadas ao setor Agropecuário (BRASIL, 2017a). As medidas analisadas no cenário do projeto apresentam potencial de abatimento acumulado de 2.419,3 MtCO₂e até 2050, com custos variando de -1.978,00 a 1,99 US\$/tCO₂e⁸. **Mais de 98% do potencial de abatimento do setor está concentrado na estratégia de intensificação da pecuária bovina de corte, que inclui a recuperação de pastagens degradadas (RPD), a adubação de pastagens extensivas e o confinamento.** Apesar de apresentar baixo custo marginal de abatimento (US\$ 1,99), esta medida demandaria investimento total de US\$ 4,7 bilhões. Por outro lado, **as estratégias de sistemas integrados - com lavoura e pecuária (ILP) e lavoura, pecuária e florestas (ILPF) - e de agricultura de baixo carbono - que envolve, principalmente, a fixação biológica do**

nitrogênio (FBN) e o plantio direto - possuem custo de, respectivamente, -1.978,00 US\$/tCO₂e e -311,7 US\$/tCO₂e, apresentando assim potencial de geração de receita líquida (BRASIL, 2017a).

Soluções baseadas na natureza (SBN) são aquelas caracterizadas como ações que visam a proteção, o gerenciamento de forma sustentável e a restauração de ecossistemas naturais ou modificados que se relacionam aos desafios da sociedade de modo efetivo e adaptativo, gerando simultaneamente o bem-estar humano e os benefícios da biodiversidade. No que tange o setor agropecuário, tecnologias de abordagens regenerativas na agricultura se caracterizam como ações de SBNs (WRI BRASIL, 2020).

Nesse sentido, apesar dos necessários avanços de assistência técnica e financiamento para que a redução de emissões potencial se concretize, as tecnologias apresentadas já são conhecidas e, inclusive, fazem parte do Plano ABC (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

Box 2

Sistemas, Práticas, Produtos e Processos de produção Sustentáveis do Plano ABC (SPS_{ABC}):

Sistemas, Práticas, Produtos e Processos de produção Sustentáveis do Plano ABC (SPS_{ABC}):

- I. Sistemas em integração (nas modalidades ILPF, ILP, IPF e SAFs) e em plantio direto (SPD);
- II. Fixação biológica do nitrogênio (FBN);
- III. Florestas plantadas;
- IV. Recuperação de pastagens degradadas; e
- V. Tratamento de dejetos animais

Em abril de 2021, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) lançou o Plano ABC+, com horizonte temporal 2020-2030. O documento com a visão estratégica do Plano, aponta que os SPS_{ABC} adotados no ciclo anterior continuarão a ser promovidos, além de outros que demonstrem eficácia no enfrentamento da mudança do clima e que estejam de acordo com os eixos orientadores para 2020-2030. No entanto, as ações e metas do novo ciclo do Plano serão apresentadas somente no “Plano Operativo do ABC+”, a ser publicado no segundo semestre de 2021. De todo modo, as estratégias do ABC+ apresentadas já apontam importantes evoluções no que tange ao monitoramento, relato e verificação (MRV), além da consideração de instrumentos indutores transversais de comercialização de créditos de redução de emissão de GEE para estímulo ao uso dos SPS_{ABC} (BRASIL, 2021g).

6. As metas do Plano ABC incluíam, além de outras, a recuperação de 15 Mha de pastagens degradadas e a ampliação.

7. Quando o custo é negativo, entende-se que a mitigação incorre em benefícios líquidos, ou seja, além de possibilitar redução da emissão de CO₂e, provê retorno financeiro ao longo da vida útil da tecnologia e/ou horizonte de implementação da atividade de baixo carbono. Por outro lado, se o custo for positivo, a mitigação de emissões demandará esforço financeiro para o agente, exceto mediante precificação de carbono no mercado.

8. Os potenciais e custos de abatimento de todas as medidas do estudo diretamente relacionadas ao setor Agropecuário são apresentados no Anexo (Tabela A - 1).



Segundo MANZATTO *et al.* (2020), a adoção dos SPS_{ABC} se configura como um dos principais compromissos do Plano ABC. As estimativas sobre a redução e mitigação das emissões de GEEs decorrentes da ampliação da adoção dos SPSABC, tendo como linha de base o ano de 2010, ano de lançamento do Plano ABC e da finalização da III Comunicação do Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa, foi da ordem de 133,9 a 162,9 MtCO₂e até o prazo final do compromisso em 2020.

O estudo “Modelo para atuação no mercado de créditos de carbono para a agricultura”¹¹, elaborado pela Markestrat Agribusiness e contratado pela Bayer, apresenta uma compilação de ações que promovem a redução de emissões de GEE no setor e ações que promovem a captura de CO₂e. Ademais das medidas já mencionadas, pode-se destacar para a redução de emissões:

- I. a gestão do uso de fertilizantes, com formulação e taxa, momento e lugar de aplicação corretos;
- II. os sistemas de manejo de arroz, com a limitação do tempo de irrigação por inundação e garantia de permanência do nível adequado de resíduo da colheita no campo; e para captura a construção de carbono no solo, através de práticas como a compostagem e o biochar.

Box 3

Agricultura regenerativa

Em 2021, a Nespresso passou a plantar mudas de abacate como parte do projeto “cafeicultura regenerativa” para fazer frente aos efeitos nocivos dos aumentos da temperatura e da estiagem na região do cerrado mineiro. Como benefícios desta estratégia ao longo do tempo, além da diminuição do calor sobre os cafezais, em decorrência das sombras geradas pelos abacateiros, há a diminuição da necessidade de agrotóxicos, fertilizantes e irrigação, podendo também aumentar o nível de nutrientes no solo, além do aumento do sequestro de carbono e de sua fixação no solo. Como consequência, pode-se citar a economia de insumos, a diversificação e aumento das fontes de receita, com a venda dos abacates para a indústria de alimentos e de cosméticos, além do potencial comércio de créditos de carbono (SCHERER, 2021).

BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS

Com a adoção das estratégias de agricultura de baixo carbono, há potencial de geração de receitas. **Em relação aos sistemas de plantio direto, a expansão de 1,2 Mha da área com estes sistemas possui potencial de aumentar em US\$ 9,8 bilhões a receita líquida da atividade até 2050, em decorrência do aumento da**

produtividade agrícola. Já em relação ao uso da FBN, um aumento de 8,8 Mha com uso desta estratégia geraria aumento de receita líquida de US\$ 1,7 bilhão, devido a economia com a compra de fertilizantes tradicionais, principalmente (BRASIL, 2017a).

Em relação às estratégias de sistemas integrados, o trabalho apresenta o potencial de geração de receita líquida adicional de US\$ 8,9 bilhões em decorrência da adoção das estratégias de ILP e de ILPF. Além disso, cita cobenefícios relacionados à implementação das medidas apresentadas acima, além da intensificação da pecuária:

- I. aumento da renda para o produtor;
- II. melhoria da qualidade das condições de trabalho no campo;
- III. diversificação das atividades econômicas; e
- IV. promoção do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2017a).

Outros benefícios provenientes das estratégias apresentadas, para além da redução de emissões de GEE, como a oportunidade de aumento da eficiência produtiva em decorrência da RPD e dos sistemas de ILPF, ou ainda em relação à adoção das estratégias RPD e ILPF: **I.** disponibilidade de linhas de crédito do Plano ABC; **II.** recuperação do potencial produtivo em áreas degradadas; **III.** contribuição para adequação ambiental das propriedades (APPs e Reservas Legais) (CEBDS, 2017a).

Ainda, as estratégias de agricultura de baixo carbono, bem como as práticas de intensificação da pecuária e reforçam a hipótese de que o aumento da produtividade por hectare das atividades agrícolas reduziria a demanda por incorporação de novas áreas para incremento da produção, reduzindo, assim, a pressão sobre o desmatamento. Deste modo, a adoção de tais estratégias representaria uma relação de ganha-ganha. No entanto, o trabalho aponta a necessidade de disseminação de conhecimento e de financiamento para que os ganhos de produtividade e recuperação de pastagens – com valor de investimento de cerca de R\$ 25 bilhões para recuperar 12 milhões de hectares de pastagens degradadas, mas retorno certo, com o prazo de 6,58 anos - sejam ampliados de forma significativa (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

Ademais, o manejo de culturas e de pastagens, bem como a implementação de ILPF podem garantir a competitividade entre os principais fornecedores agrícolas internacionais, especialmente no atual cenário em que parceiros comerciais, como a União Europeia, têm aplicado restrições a produtos originados de cadeias produtivas insustentáveis. Outra oportunidade seria a obtenção de capital de menor custo direcionado a empreendimentos sustentáveis, o que é uma tendência financeira internacional (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

11. Estudo não publicado.



Box 4

Programa Carbono Circular

As atividades de compensação da Natura avançam alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, permitindo a geração de empregos, transferência de tecnologia, reforço das economias locais, capacitação de mulheres e proteção à biodiversidade e aos recursos hídricos. Em 2007, foi lançado o Programa Carbono Neutro, para contabilizar, reduzir e neutralizar as emissões de GEE da empresa. Em média, a cada R\$ 1 investido nos projetos de compensação da Natura é gerado o equivalente a R\$ 31 em benefícios sociais e ambientais. A união dos programas Carbono Neutro e Amazônia, permitiu o desenvolvimento do primeiro projeto próprio de pagamento pela compensação de carbono dentro da própria cadeia produtiva da Natura, prática também conhecida como Carbono Circular (em inglês, *Carbon insetting*). O projeto foi realizado inicialmente em parceria com a Cooperativa de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA) e visa conter o desmatamento na Amazônia e estimular o papel do agricultor familiar no que tange a conservação da vegetação local. Assim, o projeto Carbono Circular, remunera as famílias de pequenos agricultores não somente pela compra de insumos e repartição de benefícios, mas também pelo serviço de conservação ambiental (NATURA, 2018).

O fortalecimento de pequenos produtores pode ocorrer a partir da implantação de sistemas agroflorestais (SAFs), gerando benefícios e serviços sociais, econômicos e ambientais como a geração de renda e a contribuição para a segurança alimentar de famílias por meio de uma produção agroecológica (IPÊ, 2021).

Por fim, as projeções dos modelos apresentadas no estudo, demonstram que os cenários de baixo carbono Nova Economia no Brasil (NEB) e NEB+ gerariam menos emprego em relação ao *Business as Usual* (BAU), embora esse diferencial não chegue a 2% para nenhum dos anos analisados. Porém, é explicado que isso se deveria ao cenário que limita a conversão de terras e diminui a expansão das terras agrícolas observada no cenário BAU. Por outro lado, **a renda para o agricultor aumentaria em mais de 40%, em 2030, nos cenários NEB e NEB+, devido ao aumento da produtividade** (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

OPORTUNIDADES PARA A CADEIA PRODUTIVA

Existem outras tecnologias relacionadas aos setores agropecuário e florestal que podem proporcionar oportunidades para a cadeia produtiva. A produção de etanol de milho de segunda safra é um exemplo relevante. **Enquanto o biocombustível reduz as emissões entre 71% e 100% em comparação com a gasoli-**

na, a rotação entre soja e milho gera fluxos de renda atraentes para os produtores. O sistema de rotação utiliza os insumos do primeiro plantio e protege o solo e não compete com a produção de alimentos. Além disso, o processo de fabricação do etanol de milho de segunda safra gera subprodutos para alimentos altamente nutritivos para animais chamados grãos secos de destilaria, diminuindo a demanda por milho e soja para ração animal (MOREIRA *et al.*, 2020). Ela também tem o potencial de gerar bioeletricidade com possibilidade de inserção do excedente na rede elétrica. **A construção de uma usina que produza 500 milhões de litros/ano de etanol de milho pode gerar cerca de 8,5 mil empregos diretos e indiretos ao longo da fase de construção e valor agregado de US\$ 206 milhões. Na fase de operação, a mesma usina gera 4,5 mil empregos por ano e valor agregado de cerca de US\$ 283 milhões por ano** (MOREIRA *et al.*, 2020).

Entretanto, uma grande dificuldade para os setores agropecuário e florestal são as ações de Monitoramento, Relato e Verificação, dificultadas pela heterogeneidade de solos e climas encontrados no Brasil, bem como a precisão e confiabilidade das informações reportadas (PEROSA *et al.*, 2019). Por esses motivos, o novo ciclo do Plano ABC + (2020-2030) busca viabilizar mecanismos de MRV alinhados a critérios aceitos internacionalmente, que permitirão estabelecer incentivos econômicos e instrumentos de mercado para remunerar os sistemas sustentáveis de produção (BRASIL, 2021g).

Box 5

PPP e tecnologias aliadas à agricultura de baixo carbono

A aplicação das medidas relacionadas ao setor agropecuário também pode estimular setores tecnológicos, a exemplo da estratégia utilizada pela Bayer em parceria público-privada (PPP) com a Embrapa. Nesta parceria, foram selecionados 500 produtores de milho e soja que estão em conformidade com o Código Florestal brasileiro e são clientes da plataforma digital Climate FieldView. A plataforma é um importante pilar para garantir a coleta e transparência de dados, armazenando análises sobre o solo, a temperatura, o volume de pulverização de fertilizantes e agrotóxicos, e o desempenho das máquinas nas lavouras, desde o plantio até a colheita. A partir da PPP mencionada, os produtores são instruídos a adotar boas práticas agrícolas, como a rotação de culturas e o plantio direto. Assim, a plataforma garante a melhor tomada de decisão pelo produtor e consultores ao longo do tempo. Posteriormente, após a divulgação dos dados da plataforma, será possível verificar todo o histórico de implementação do manejo mais sustentável, dados de produtividade e o acúmulo de carbono em solo nas áreas. Em uma etapa posterior do projeto, pretende-se remunerar os produtores que reduzirem as emissões de GEE (SCHERER, 2021). Isso será feito através da construção de uma rede de alianças com empresas parceiras, conectando produtores participantes a benefícios exclusivos, como acesso a crédito financeiro diferenciado e seguros agrícolas mais atrativos.

12. Valores apontados por WRI BRASIL e NEW CLIMATE ECONOMY (2020) através de dados do BACEN (2019).

SETOR DE FLORESTAS

A mudança do uso do solo e florestas é responsável por 44,5% das emissões nacionais de GEE, sendo também a que apresenta maior custo-efetividade de redução (SEEG, 2021). O reflorestamento é geralmente avaliado como uma melhor opção de mitigação no setor florestal para o curto prazo devido à facilidade de implementação desde que amparados em uma lógica econômica que o justifique, assim com o manejo florestal sustentável e a restauração florestal (CEBDS, 2017b).



TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES

O projeto Opções de Mitigação estimou os potenciais e custos de abatimento relacionadas às medidas voltadas ao setor que, por se relacionarem à proteção, ao manejo e à restauração de florestas, são consideradas soluções baseadas na natureza. **Considerando o cenário de baixo carbono, as medidas relacionadas ao setor analisadas no estudo possuem em conjunto um potencial de abatimento de 2.565 MtCO₂e e custos variando de -0,38 a 9,22 US\$/tCO₂e¹³ para o período 2012-2050.** Embora a estratégia de florestas plantadas tenha custo total negativo e, portanto, apresente potencial de geração de receita líquida - devido à finalidade comercial da madeira para uso energético proveniente dos plantios adicionais -, a estratégia de redução de desmatamento é a que possui maior capacidade de abatimento de emissões de GEE. Por outro lado, além de representar o menor potencial de abatimento entre as estratégias estudadas para o setor florestal, a restauração florestal também apresenta o maior custo entre elas (BRASIL, 2017a).

Um estudo desenvolvido no âmbito do projeto PMR Brasil estimou um grande potencial para a geração de créditos de carbono florestal. Foram três as abordagens analisadas. A primeira, de geração de ativos na modalidade de unidades de remoção (RMUs) a partir da restauração florestal, permitiria o abatimento de 500 MtCO₂e com valor de abatimento em torno de R\$ 20 por tCO₂e. O potencial dessa abordagem poderia chegar até a 2.400 MtCO₂e, apesar de os valores de abatimento crescerem exponencialmente para remoções totais a partir de 2.000 MtCO₂e. Quanto à abordagem de florestas plantadas, estimou-se que, caso fosse possível gerar créditos temporários de carbono (tCERs¹⁴) em projetos no padrão de MDL, haveria a potencial emissão de 416 MtCERs, com mais da metade a um custo marginal de abatimento inferior a R\$ 2,50 por tCER. Por fim, levando-se em conta o risco de desmatamento, estimou-se o potencial de abatimento a partir da emissão de créditos do desmatamento evitado, que seria da ordem de 11.000 MtCO₂e, sendo que, desse total, aproximadamente 1.000 MtCO₂e teria custo marginal de menos de

R\$ 5,00 por tCO₂e no cenário estudado de uma governança ambiental forte (WORLD BANK, 2021b).

Outros potenciais foram mapeados pela Indústria Brasileira de Árvores (IBA). Segundo o trabalho, 7,8 milhões de hectares de áreas de plantios florestais de entes privados, em 2015, foram responsáveis pelo estoque de 1,7 bilhão de toneladas de CO₂e, enquanto os 5,6 milhões de hectares de áreas de conservação de vegetação nativa têm potencial de estocar 2,48 bilhões de toneladas de CO₂e (IBÁ, 2017). Adicionalmente, é importante considerar o potencial de sequestro de carbono nos manguezais, marismas, sapais e tapetes de ervas marinhas presentes no território brasileiro, dado que o país possui a segunda maior área de mangue do mundo (aproximadamente 1,4 milhão de hectares), centenas de hectares de tapetes de ervas marinhas e extensas áreas de marismas e pântanos salgados (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2018).

13. Os potenciais e custos de abatimento de todas as medidas do estudo diretamente relacionadas ao setor de Florestas são apresentados no Anexo (Tabela A - 2).

14. Representa a permissão para emitir uma tonelada métrica de CO₂e. O CER temporário é um CER (reduções certificadas de emissões) emitido para uma atividade de projeto de florestamento ou reflorestamento no MDL que expira ao final do período de compromisso subsequente àquele onde foi emitido (KRUG, 2004). Assim, o tCER foi utilizado na lógica de projetos de MDL que são mensuradas as atividades florestais que promovem continuamente a remoção de carbono em categorias específicas de uso da terra, sendo possível envolver diferentes arranjos temporais para emissão de créditos devido ao risco de não-permanência dos estoques de carbono (WORLD BANK, 2021b). Por outro lado, no âmbito da VERRA, a questão do risco de permanência é endereçada através da aplicação de um buffer e uma abordagem de Long Term Average Benefit (LTBA).



É importante destacar que, no Brasil, há diversas populações indígenas e tradicionais nas regiões de interesse de projetos de carbono no setor florestas que, historicamente, atuam na preservação ambiental e podem contribuir para o desenvolvimento desses projetos. Assim, faz-se relevante a participação dessas populações diretamente afetadas no processo decisório e discussões acerca destes projetos (CEBRI, 2021).

BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS

No Brasil, o setor florestal é responsável pela geração de aproximadamente 7 milhões de empregos (CNI, 2021a). Além dos inúmeros benefícios para a saúde física e mental, fornecidos pelas florestas, tem-se o ecoturismo, um segmento capaz de estimular a geração de postos de trabalho e de renda no país. Parques possuem potencial de contribuir com R\$ 44 bilhões para a economia brasileira em que, desse montante, para cada R\$ 1 bilhão, 22 mil empregos podem ser criados (CNN, 2021).

A redução dos desmatamentos e das queimadas geram benefícios ecológicos de valor quase incalculável principalmente nos biomas Amazônia e Cerrado.

Além da biodiversidade, todos os serviços da floresta em pé são preservados, como a manutenção dos ciclos hidrológicos, absorção de carbono da atmosfera, o microclima e o clima regional, manutenção de nu-

trientes. Adicionalmente, há uma maior regularização fundiária na região e uma maior diversidade de produtos explorados em Unidades de Manejo Florestal. A redução das queimadas está associada à redução da incidência de doenças respiratórias e da perda de carbono florestal. A adoção de estratégias associadas, como o pagamento por serviços ambientais e o incentivo ao manejo florestal sustentável e aos produtos florestais não madeireiros, propiciam a diversificação das atividades econômicas (BRASIL, 2017a).

Além disso, há oportunidades de negócios através de serviços ambientais e de mercados de créditos, assim como a geração de emprego e renda e o desenvolvimento da bioeconomia local. O plantio de espécies nativas em larga escala e sua exploração em moldes sustentáveis podem posicionar o Brasil na liderança em exportações no mercado internacional de madeira tropical. Essa estratégia proporciona, adicionalmente à captura de carbono decorrente do aumento de biomassa das florestas, a redução do desmatamento ilegal para a produção de madeira e a diminuição de erosão e de perda de fertilidade dos solos, aprimorando a qualidade e disponibilidade de água. **A restauração florestal quando ocupa pastagens com níveis máximos de degradação, pode alcançar taxas de retorno sobre o investimento entre 13% e 28%, compatíveis com as taxas verificadas em investimentos em infraestrutura básica de saneamento.** Entre os benefícios dos ILPF há ainda destaque para o aumento da

biodiversidade local. (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

Também estão entre os benefícios socioeconômicos relacionados às medidas de redução de desmatamento e restauração florestal:

- I. alto custo-efetividade das opções de mitigação do setor, em comparação aos demais setores cobertos pela NDC, o que favorece fluxo de investimentos;
- II. incentivo e fortalecimento de uma economia de base florestal, incluindo novas oportunidades de negócio em biomateriais, bioquímicos e bioenergia;
- III. desenvolvimento de arranjos produtivos locais (APL) ou a integração das atividades florestais a cadeias de valor existentes, fomentando negócios e agregando valor aos produtos de base florestal;
- IV. valoração do Capital Natural e dos Serviços Ambientais, através da implementação da Cota de Reserva Ambiental (CRA) e de pagamento por serviços ambientais (PSA), por exemplo;
- V. uso econômico da Reserva Legal;
- VI. benefícios para o setor privado ao se posicionar de forma clara, alinhando os objetivos de preservação e recuperação florestal e de geração de novos negócios (CEBDS, 2017b).

Box 6

Desmatamento zero + investimentos na Amazônia

Um recente estudo do NEMEA/Cedeplar-UFMG elaborou um cenário de desmatamento zero com investimentos para setores intensivos em terras agropecuárias no Bioma Amazônia. Tais investimentos, condicionados ao desmatamento zero, resultariam no aumento da produtividade da terra, reduzindo a área destinada à produção agropecuária no setor e, conseqüentemente, gerando ganhos ambientais. O investimento total estimado pelo modelo como o necessário para neutralizar os impactos negativos da política de desmatamento zero correspondeu a R\$ 1,45 bilhões em 20 anos. Em contrapartida, neste mesmo período de 20 anos, seriam evitadas as emissões de 40.000 GgCO₂e e o desmatamento de 10 milhões de hectares, além de um aumento no PIB do Bioma de 0,68% (R\$ 2,7 bilhões) e no emprego de 0,48% (DOMINGUES; CARDOSO; MAGALHÃES, 2021).



Box 7

Restauração florestal na Mata Atlântica

A Suzano, Procter & Gamble e WWF-Brasil se uniram em parceria para o planejamento conjunto da restauração da Mata Atlântica no Espírito Santo. A iniciativa, alinhada a outros projetos de recuperação de mata nativa implementados pela Suzano, faz parte do compromisso divulgado P&G de ter todas as operações neutras em carbono ao longo desta década. O projeto tem como objetivo garantir a proteção e recuperação da Mata Atlântica a partir de um movimento que engloba aspectos sociais, ambientais e de desenvolvimento sustentável. As ações no Espírito Santo são lideradas pelo WWF-Brasil e contam com o apoio e a expertise da Suzano na geração de renda para comunidades locais. A recuperação da paisagem florestal na Mata Atlântica produz benefícios para a biodiversidade e a população da região, além de contribuir para a segurança hídrica e a captura de carbono a partir das áreas preservadas e recuperadas.

OPORTUNIDADES PARA A CADEIA PRODUTIVA

São diversas as oportunidades para a cadeia produtiva decorrentes da aplicação de estratégias de baixo carbono no setor florestal. Por exemplo, ao tratar do restauro das áreas de preservação permanente (APP) de produtores familiares, há a possibilidade de incrementar a oferta de frutas e produtos não madeireiros. Para médios e grandes proprietários, a recuperação de pastagens degradadas através do reflorestamento possibilita a recuperação da qualidade do solo; a melhoria do bem-estar animal, aumentando a qualidade da pecuária; além da oferta de produtos não madeireiros e de madeiras de alto valor agregado, destinados à produção de móveis e edificações. Outras possibilidades de geração de produtos relacionados a outros setores são bioprodutos, - como bioplásticos, bioquímicos e biolubrificantes - e biocombustíveis, através do uso de resíduos de madeira em termelétricas e da produção de energia a partir da biomassa florestal, por exemplo. As próprias atividades de restauração e reflorestamento geram empregos e renda devido às atividades de plantio, coleta de sementes e manutenção das áreas (CEBDS, 2017b).

Box 8

Tecnologia privada no monitoramento de florestas

Assim como no setor agropecuário, a aplicação das medidas relacionadas ao setor florestal também pode estimular setores tecnológicos, como através de mecanismos de monitoramento. A Microsoft, por exemplo, está desenvolvendo uma ferramenta com sensores e imagens por satélite que monitora o crescimento das árvores e faz uma estimativa da quantidade de carbono capturada da atmosfera com base na melhoria da cobertura do solo (SCHERER, 2021).

Box 9

Sociobiodiversidade e tecnologias modernas para o desenvolvimento sustentável da Amazônia

O projeto Amazônia 4.0, coordenado pelo climatologista Carlos Nobre, busca incentivar a economia local de forma sustentável de modo a aumentar o valor agregado sobre os produtos locais, como o açaí, e, assim, aumentar a renda das comunidades locais. Para tanto, o projeto visa criar biofábricas para a produção do produto final, como no caso do cacau. Além disso, o projeto também originou os laboratórios criativos da Amazônia, com vistas a criar soluções e produtos agregados para o que é extraído da floresta. Com isso, espera-se que, vendo a possibilidade de aumento da renda através dos produtos da floresta, os produtores locais tenham maior interesse na proteção da floresta amazônica e se posicionem contra o desmatamento (JORNAL DA USP NO AR, 2021).

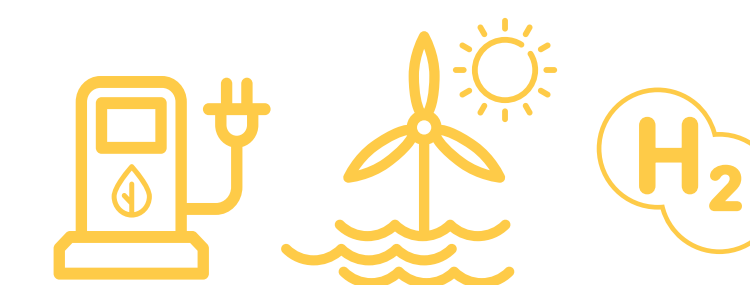
SETOR DE ENERGIA

Com matriz elétrica única no mundo, o Brasil se destaca com 83,2% de geração renovável. O país vem apresentando um forte crescimento na geração de energia eólica e solar nos últimos anos, passando, respectivamente, de 2.177 GWh em 2010 para 55.986 GWh em 2019 (cres-

cimento de 2.571%) e de 2 GWh para 6.655 GWh (crescimento de 332.650%) (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EPE, 2020). Atualmente a energia eólica corresponde a 10,4% da geração brasileira enquanto a solar representa 1,87% (ANEEL, 2021).

O setor energético como um todo foi responsável por 19% das emissões de GEE em 2019, sendo historicamente um dos setores com maior aumento de emissões no país entre 1990 e 2019, devido, principalmente, ao setor de transporte, responsável por 47% das emissões do setor energético (SEEG, 2020).

Para reduzir o efeito das emissões de GEE no transporte, o Brasil conta com uma série de políticas públicas de incentivo a geração e consumo de biocombustíveis, como os mandatos de adição obrigatória de etanol na gasolina, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e o RenovaBio. Dessa forma, o consumo de biocombustíveis vem aumentando no país, com projeção de crescimento de 3,7% ao ano para o consumo interno de etanol carburante e de 4,7% para o consumo de biodiesel entre 2021 e 2030, segundo o Plano Decenal de Expansão da Energia (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020).



TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES

O projeto Opções de Mitigação estimou potenciais e custos de abatimento relacionados ao setor de energia, considerando um cenário de baixo carbono do modelo, para o período até 2050 (BRASIL, 2017b). Entre as principais medidas de mitigação apresentadas, e que estão relacionadas às medidas da NDC e as aceitas pelos padrões voluntário VCS e Gold Standard, o potencial total de abatimento poderia chegar a 1.273,4 MtCO₂e até 2050, caso as medidas fossem aplicadas de forma conjunta¹⁵. O custo de abatimento varia de -5,5 a 24.185,0 US\$/tCO₂ entre as medidas. Destacam-se a instalação de turbinas hidrocínéticas e a repotenciação das usinas existentes, ambas no subsetor hidroelétrico, sendo esta última próxima da custo-efetividade.

15. Os potenciais e custos de abatimento das principais medidas do setor podem ser consultados no Anexo (Tabela A - 3).

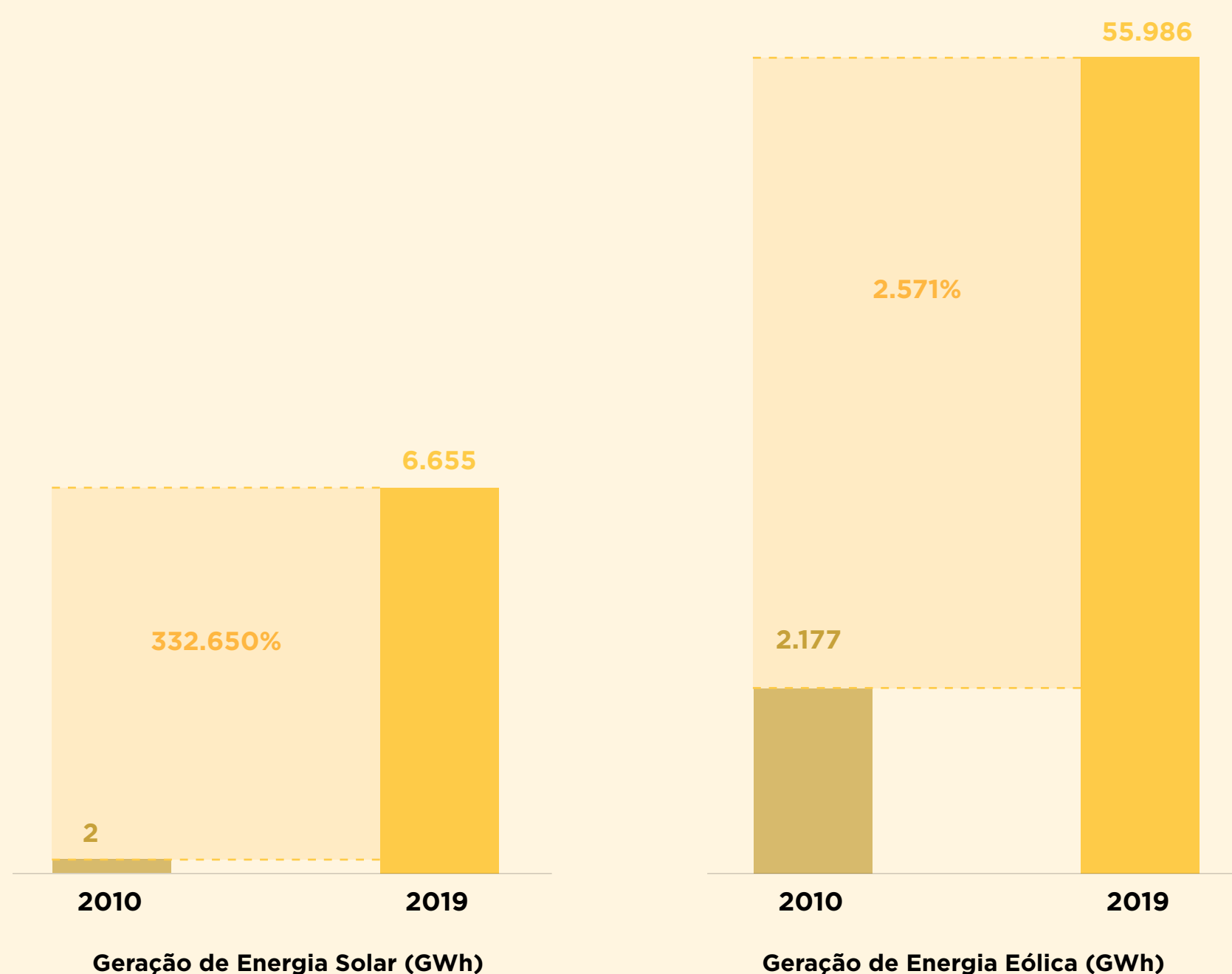
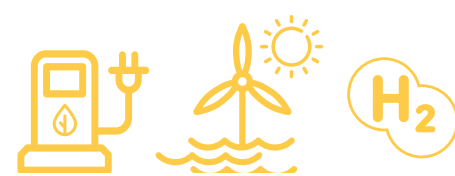


Figura 4: Geração de energia solar e eólica no Brasil, 2010 e 2019
Fonte: Adaptado de Ministério De Minas e Energia; EPE (2020).



Box 10

Instalações solares fotovoltaicas (PV) flutuantes abrem novas oportunidades para aumentar a capacidade de geração solar

O aproveitamento solar fotovoltaico das superfícies das usinas hidrelétricas pode ser uma boa alternativa para grandes instalações operadas de forma flexível, podendo ser usada para aumentar a produção de energia desses ativos e ajudar a gerenciar períodos de baixa disponibilidade de água, permitindo que a usina hidrelétrica opere no modo de “pico” em vez de “carga de base”, com benefícios mútuos, já a energia hidrelétrica pode suavizar a produção solar variável operando em um modo de “acompanhamento de carga”. Outras possíveis melhorias são: a redução da evaporação e melhoria da qualidade da água, devido à redução de crescimento de algas. Entretanto, ainda existem desafios para sua implantação, entre eles, a falta de um histórico robusto desse tipo de investimento; incerteza em torno dos custos e sobre a previsão do impacto ambiental; e a complexidade técnica do projeto, construção e operação na água (especialmente segurança elétrica, questões de ancoragem e amarração e operação e manutenção) (WORLD BANK, 2018).

Outro destaque seria o aproveitamento eólico, levando-se em conta o potencial brasileiro em extrair energia de ventos a alturas mais elevadas e em zonas litorâneas, via usinas eólicas *offshore*¹⁶ (FERREIRA, 2020). As medidas de menor custo de abatimento incluem, o aumento de geração de energia elétrica nas destilarias a partir do uso intensivo na caldeira e do coprocessamento da palha, no setor de biocombustíveis, e o, aumento de eficiência nas termelétricas de petróleo e gás natural devido ao potencial de geração de receita líquida, demonstrando, assim, a custo-efetividade dessas medidas que, portanto, são chamadas de *no regret* (BRASIL, 2017b).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de biocombustíveis, com 25% da produção mundial, atrás dos Estados Unidos, país responsável por 42% da produção (IEA, 2020). Apesar das principais fontes de produção de biocombustíveis brasileiros serem a cana-de-açúcar e a soja, outros insumos podem ser utilizados como a mamona, dendê, girassol e palma, plantas oleaginosas presentes no semiárido das regiões Norte e Nordeste, que contam com incentivos fiscais para a agricultura familiar para os produtores que compram matérias primas de agricultores familiares enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) (IPEA, 2005). Considera-se ainda o potencial de uso em tecnologia de bioenergia com captura e armazenamen-

to de carbono (BECCS - do inglês *Bioenergy with Carbon Capture and Storage*) no Brasil (KÖBERLE, 2018).

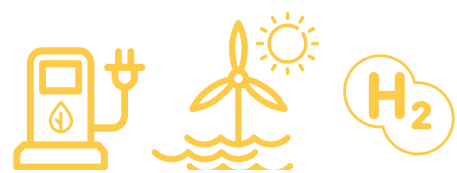
No uso de biomassa, dadas as características edafoclimáticas do país, é possível obter diversas fontes desses materiais como alternativa para o uso energético, como resíduos da cana-de-açúcar (bagaço, palhas, vinhaças); resíduos da indústria madeireira; palhas da cultura de soja e milho etc. (EPE, 2018). Essa disponibilidade permite o aproveitamento de subprodutos para a geração energética, principalmente os subprodutos do processamento da cana-de-açúcar, responsáveis pela geração de 16,7% da energia consumida na indústria brasileira em 2019 (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EPE, 2020). Nesse cenário, **a produção de etanol de segunda geração (E2G) surge como uma oportunidade para expandir o aproveitamento de subprodutos para a geração energética, com potencial de produção de até 10 bilhões de litros até 2025**, com a vantagem de que os resíduos destinados à produção do E2G podem ser utilizados em períodos de entressafra, quando as usinas estão ociosas (BNDES, 2016).

Box 11

Cogeração de gás residual de processos

A Siemens Energy projetou uma planta de cogeração movida a gás residual de processo com alto teor de hidrogênio com a finalidade de reduzir o uso de água e as emissões de CO₂ para a Braskem, maior produtora de resinas termoplásticas das Américas e líder mundial na produção de biopolímeros, na unidade de Mauá (SP). Devido a problemas de qualidade da rede e baixa eficiência no consumo de gás, o Brasil tem um histórico de perdas de produção e altos custos de manutenção. Como a Braskem atende, entre outras regiões, a extensa cidade de São Paulo com mais de 12 milhões de habitantes, a empresa também precisava reduzir seu impacto ambiental, minimizando o uso de água e as emissões de CO₂. Em parceria com a Siemens Energy, a Braskem encontrou uma solução: o projeto do Polo Petroquímico do ABC, em Mauá, vai modernizar o sistema de geração de energia da região, resultando em maior eficiência na produção, e ao mesmo tempo melhorar os indicadores de sustentabilidade da empresa.

16. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética, o Brasil possui um potencial técnico de 700 GW para geração de energia eólica offshore em locais de profundidade até 50 metros.



Box 12

Utilização do Etanol de Segunda Geração no Brasil

Com tecnologia disruptiva, nova planta da *joint-venture* Raízen integra nova estratégia do Grupo Shell - a segunda planta de E2G será integrada ao parque de bioenergia Bonfim, que além da produção de açúcar, etanol de primeira geração e energia elétrica a partir da biomassa da cana, também abriga a primeira planta de Biogás da Raízen, inaugurada em outubro de 2020. A previsão é que a nova planta entre em operação em 2023. Com o início da operação dessa segunda unidade, a capacidade total de produção da Raízen será de aproximadamente 120 milhões de litros de etanol E2G por ano. O E2G é obtido a partir da biomassa de cana-de-açúcar, em vez do caldo usado na produção tradicional. O anúncio da nova unidade em Guariba atende a crescente demanda pelo produto no mercado internacional, com a maior parte do seu volume já comercializado em contratos de longo prazo com um player global. Com o domínio da tecnologia, a Raízen se consolida como o único produtor mundial a operar duas plantas de etanol celulósico em escala industrial (MIAN, 2021).

Além das tecnologias consideradas no projeto Opções de Mitigação, merece destaque o hidrogênio verde - gerado a partir da eletrólise, que utiliza a corrente elétrica para separar o hidrogênio da água. Para que o hidrogênio seja considerado verde, é necessário que a energia da hidrólise provenha de energia renovável. Em dezembro, foi criada uma aliança - a *Green Hydrogen Catapult* - com sete das maiores empresas do mundo produtoras de hidrogênio a partir de energia renovável, com o objetivo de tornar viável a construção de 25 gigawatts de capacidade de hidrogênio verde até 2026 (MACHADO, 2021). Deste modo, o custo do combustível poderia ser reduzido para US\$2/kg ao longo do período. Atualmente, o custo do hidrogênio verde está entre US\$3 e US\$6,55/kg (DICHROSTOPHER, 2021).

BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS

Um aumento do uso de fontes de energia renovável na indústria pode produzir impactos positivos na geração de empregos e de renda, uma vez que empregos nas cadeias de energia renovável apresentam, usualmente, maior intensidade em mão de obra em relação às cadeias de fontes de energia fóssil. **O Brasil, por sua vez, se mostra uma potência no que se relaciona à mão de obra empregada no setor de energias renováveis, principalmente na cadeia da bioenergia, contando com quase 839 mil empregos na geração de biocombustíveis, correspondente a quase 70% dos empregos gerados relacionados a energias renováveis**

(IRENA, 2019). Estima-se que, através da compra de certificados de redução de emissão de GEE (CER) a partir de projetos de MDL em todo o seu portfólio, 8,74 milhões de pessoas ganharam acesso à energia renovável, 14.500 novas oportunidades de trabalho foram criadas e 1,31 milhões pessoas, principalmente mulheres e crianças, estão se beneficiando de melhor qualidade do ar, entre outros cobenefícios (UNFCCC, 2018).

Em relação aos cobenefícios de medidas no setor de biocombustíveis, a produção de biodiesel permite a redução nos custos variáveis de energia decorrentes da eficientização produtiva proveniente das tecnologias de purificação. Enquanto a implementação de tecnologias associadas à produção de biocombustíveis avançados, como etanol e cogeração, além de permitir a criação de novos postos de trabalho em regiões rurais, gera maior valor agregado mediante o uso produtivo de biomassa (BRASIL, 2017c). Há, ainda, vantagens logísticas no que tange ao aproveitamento de combustíveis provenientes de biomassa em localidades afastadas de grandes centros de consumo e que carecem de infraestrutura, como a geração de benefícios sociais e ganhos em eficiência energética (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

Dentre os cobenefícios associados à adoção das atividades de baixo carbono aplicáveis nos setores de fontes renováveis de geração de eletricidade, também se encontram aqueles relacionados à segurança

energética e à criação de conteúdo local de componentes de painéis fotovoltaicos (FV) e energia solar concentrada (em inglês, *Concentrating Solar Power* - CSP). No Brasil, as regiões Nordeste e Centro-Oeste detêm condições consideradas muito boas de irradiação quando comparado a regiões cuja energia solar já alcançou uma participação mais significativa na matriz elétrica, como é o caso de países como a Alemanha e Itália (BRASIL, 2017d). Os benefícios da geração própria de energia com a fonte solar superam eventuais custos aos consumidores brasileiros, sendo capaz de gerar R\$ 139 bilhões em novos investimentos ao país até 2050 (ABSOLAR, 2021a). No que tange a geração de empregos, desde 2012 a geração de energia solar já atingiu 166 mil empregos acumulados no país (ABSOLAR, 2021b). Já no setor de geração de energia eólica, a ABEEólica estima que os R\$ 66,95 bilhões de investimentos realizados entre os anos de 2011 e 2019 foram capazes de criar, em média, mais de 498 mil empregos por ano nas regiões do Nordeste e Sul do Brasil - regiões que concentram a maior parte das usinas eólicas (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Em relação aos cobenefícios associados à eficiência energética em usinas termoeletricas a gás natural e óleo, destaca-se a redução de custos operacionais com ganho de competitividade no longo prazo (BRASIL, 2017e). Já oportunidades relacionadas a sistemas elétricos de baixo carbono se associam ao aumento da eficiência energética, ligado à redução da necessidade de novas usinas, de novas redes de energia



elétrica e redução de custos relativos ao consumo de combustível. Tal aumento de eficiência contribui para uma maior sustentabilidade setorial, com potencial impacto sobre tarifas de energia elétrica. Além disso, a utilização racional de energia promove maior segurança energética para o país e menor exposição à dependência externa (CEBDS, 2017c). Adicionalmente, a resposta à demanda de energia deve ser aprimorada com o uso de tecnologias de *smart grid* e *smart meters*, melhorando a capacidade dos consumidores tomarem decisões referentes ao consumo de energia. Com isso, espera-se que haja uma redução no acionamento de usinas térmicas para que a demanda máxima seja atendida, assim como uma redução nos custos de geração (REGO *et al.*, 2019).

OPORTUNIDADES PARA A CADEIA PRODUTIVA

Para as oportunidades relacionadas à utilização de novas tecnologias e de combustíveis de baixo carbono, como os biocombustíveis e o biogás, embora ainda pouco utilizados, possuem grande potencial para a geração de energia distribuída, agregando valor às indústrias que produzem grandes quantidades de resíduo orgânico, como as dos setores alimentícios, de saneamento ambiental e sucoenergéticos. No que tange a expansão da produção de biodiesel, assim como do etanol, há ganhos econômicos e sociais relevantes em sua cadeia de produção, também observados como cobenefícios da medida de expansão dos biocombustíveis (CEBDS, 2017c).

Box 13

Tecnologia fortalecendo a cadeia de biocombustíveis

A Embrapa está conduzindo um projeto apoiado na tecnologia blockchain para o armazenamento, registro, organização e rastreamento dos produtos do setor sucroalcooleiro, de modo a garantir a confiabilidade e segurança das informações sobre a origem das matérias-primas e insumos. Apesar de a ideia inicial ter sido a rastreabilidade da cadeia da cana-de-açúcar como forma de agregar valor ao produto, o projeto mostrou o potencial da tecnologia ser aproveitada também pelos produtores de biocombustíveis, que se mostraram interessados em usá-la para a calculadora de eficiência energética e ambiental (RenovaCalc) do Renovabio, de forma a possibilitar a emissão de créditos de descarbonização (CBios) do programa (MACHADO, 2021b).

Em relação ao segmento solar, a cadeia de valor solar fotovoltaica compreende fabricantes e fornecedores de bens, e todos os serviços relacionados ao segmento. Além dessa cadeia de energia ser a que mais contrata no mundo em fabricação, instalação, operação e manutenção, a geração distribuída de energia gera oportunidades para os pequenos negócios no segmento fotovoltaico, como o alcance de um mercado potencial maior e mais abrangente (SEBRAE, 2018). A cadeia de valor associada ao segmento eólico também gera oportunidades para a inserção de pequenos negócios, como prestação de serviços de consultoria (SEBRAE, 2018).

A tecnologia de aproveitamento energético a partir da decomposição de resíduos (WtE, sigla em inglês para Waste-to-Energy), referente ao processo de geração de energia na forma de eletricidade e calor, também se configura como uma oportunidade para o setor energético por ser uma fonte de energia, além de permitir a gestão de resíduos com um método eficiente de descarte final (SUN *et al.*, 2020). A possibilidade de tornar o processo neutro em carbono, de modo a restringir a incineração a resíduos derivados de combustíveis não fósseis, torna o WtE ainda mais atrativo. O processo do WtE, além de evitar as emissões de CO₂ geradas pelo uso de combustíveis fósseis, elimina potenciais emissões de metano provenientes de aterros sanitários, evitando assim qualquer possível liberação desse gás no futuro (HETTIARACHCHI; KSHOURAD, 2019).

SETOR DE TRANSPORTES

É o setor responsável por 47% das emissões do setor de energia, sendo que este colabora em 13,8% das emissões nacionais. É previsto que o setor de transportes será responsável por 55% do incremento das emissões nacionais até 2025. No setor, há um grande conjunto de oportunidades de fácil acesso associadas, principalmente, à liderança tecnológica e políticas energéticas como PROALCOOL e Renovabio no país, que favorecem a produção de energéticos renováveis, como os biocombustíveis, cuja projeção de participação na matriz energética dos transportes em 2030 é de cerca de 30% (BRASIL, 2021f).



TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES

Ao se considerar um cenário de baixo carbono, o projeto Opções de Mitigação estimou os potenciais e custos de abatimento relacionados às medidas voltadas para o setor de transportes ao longo do período de 2012 até 2050. Verificou-se que as medidas, se aplicadas de forma conjunta, teriam o potencial de abatimento acumulado de 1.575 MtCO₂e até 2050, com custos variando de -36,68 a 441,98 US\$/tCO₂e.

As medidas com maiores potenciais de abatimento estão concentradas especialmente no modo rodoviário e incluem os veículos híbridos; caminhões pesados mais eficientes, e automóveis flex mais eficientes. A mudança modal de automóveis para ônibus urbanos e metrô foi a medida que apresentou maior potencial de abatimento¹⁷. Em relação aos custos de abatimento, a efetivação de automóveis híbridos apresentou o maior custo, enquanto a implementação de ônibus urbanos mais eficientes apresenta um custo de abatimento negativo, apresentando assim um potencial de geração de receita líquida. Tal implementação demanda menores esforços, sendo focada em melhorias incrementais nos ônibus de modo a

torná-los 30% mais eficientes. Por fim, destaca-se novamente a mudança modal de automóveis para ônibus urbanos e metrô, por apresentar o menor custo de abatimento entre as medidas estudadas, depois da implementação de ônibus urbanos mais eficientes (BRASIL, 2017f).

BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS

Destacam-se a geração de empregos, desenvolvimento local, oportunidades de acesso e apoio a comunidades mais pobres (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020). Estima-se que os investimentos necessários para a melhoria da infraestrutura de transportes de carga representariam cerca de 2% do PIB, trazendo um retorno em apenas três anos (ANTONACCIO *et al.*, 2018).

Estão entre os cobenefícios associados à eficiência energética, à mudança modal e ao uso de biocombustíveis, provenientes de transformações na matriz de transporte no sentido da efficientização dos modos que perpassa a economia de combustíveis, englobam melhorias na segurança energética nacional, que se relaciona à redução da dependência de petróleo, além da

redução de custos operacionais no setor e maior propagação tecnológica (BRASIL, 2017f).

O aumento da eficiência energética no setor de transportes gera benefícios associados à saúde pública dada a redução de poluentes atmosféricos e aumento da segurança nas ruas dada a redução de acidentes. Em regiões metropolitanas, grande parte dos acidentes e congestionamentos envolvem caminhões com mais de 20 anos, uma vez que veículos mais antigos necessitam de mais peças, se tornando mais propícios a acidentes. Nesse sentido, a renovação da frota de caminhões para a garantia de melhor eficiência energética e maior eficiência econômica, também é responsável por proporcionar a maior segurança em ruas e estradas (BRASIL, 2017f). No que tange os custos de saúde, estes podem ser significativamente reduzidos através de investimentos em infraestrutura de transporte público limpo e eficiente, podendo reduzir congestionamentos e acidentes, além de melhorar a qualidade do ar, principalmente em grandes centros urbanos (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

17. Os potenciais e custos de abatimento de todas as medidas podem ser consultados no Anexo (Tabela A - 4).



Investimentos na expansão do transporte público e na melhoria da eficiência dos veículos podem levar à criação de mais de 3 milhões de empregos líquidos anualmente em cidades da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), e entre 3 milhões e 23 milhões de empregos líquidos anualmente em cidades não pertencentes a OCDE, no período até 2050 (GOULDSON *et al.*, 2018). A mudança modal de veículos leves para transporte público também possibilita a redução no nível de congestionamento nas cidades (BRASIL, 2017f). É observado que os custos de congestionamento, através do tempo perdido e do combustível desperdiçado, somam mais de 1% do PIB na maioria das cidades desenvolvidas, e até 10% do PIB nas cidades em desenvolvimento (GOULDSON *et al.*, 2018). Ademais, a mudança modal permite alcançar melhorias na qualidade de vida da população associadas à maior acessibilidade e incentivos a programas culturais e centros históricos, com iniciativas de compartilhamento de bicicletas e uso de veículos elétricos (BRASIL, 2017f). O valor dos benefícios para a saúde dos investimentos em infraestrutura cicloviária pode chegar a mais de cinco vezes o necessário de investimento (GOULDSON *et al.*, 2018).

A utilização de combustíveis alternativos com baixa emissão de carbono, como os biocombustíveis, também contribui para melhorias na segurança energética ao permitir a diversificação do consumo de combustíveis no setor, além de auxiliar na geração de empregos e de renda na indústria e no meio rural (BRASIL, 2017f).

OPORTUNIDADES PARA A CADEIA PRODUTIVA

As oportunidades no setor de transportes se relacionam a tecnologias de baixo carbono associadas à ganhos de eficiência e oportunidades de inserção de novas tecnologias no setor, infraestruturas de baixo carbono, principalmente para a integração e mudança modal e para mobilidade urbana e combustíveis de baixo carbono.

Oportunidades associadas a medidas de eficiência podem abranger melhorias incrementais, tecnologias de hibridização e eletrificação e ações relacionadas ao gerenciamento da demanda. **Para a indústria automotiva, oportunidades de eficiência incremental podem ocorrer pelo *downsizing* de motores, que vem ganhando espaço nessa indústria, com potencial de redução de até 15% das emissões de GEE em veículos leves, podendo alcançar 30% em configurações híbridas.** Outra oportunidade associada a eficiência incremental é a redução de peso de veículos. As medidas de redução de peso envolvem a cadeia de valor de maneira mais ampla, permitindo a geração de oportunidades para diferentes segmentos da indústria, englobando, principalmente, o setor siderúrgico, petroquímico e de autopeças. Ademais, tecnologias de hibridização e eletrificação *plug-in* se encontram associadas ao ganho de eficiência disruptiva (CEBDS, 2017d).

A ampliação da participação de combustíveis de baixo carbono diminui a dependência do setor de transportes a combustíveis fósseis. O incentivo à produção de biocombustíveis também se relaciona à geração de novos mercados, que podem se beneficiar com a tendência de regulações a favor da transição para combustíveis mais limpos. Além disso, a ampliação do uso de biocombustíveis permite o desenvolvimento de pilhas a combustível de etanol para caminhões em longas distâncias, proporcionando além de ganhos de eficiência, também a redução da vulnerabilidade da logística brasileira a variações nos preços internacionais do diesel e, auxiliando na mitigação do impacto negativo na balança comercial devido à necessidade de importar diesel, já que as refinarias brasileiras não possuem capacidade de produzir combustível suficiente para atender à demanda do país (WRI BRASIL e NEW CLIMATE ECONOMY 2020).

No que tange à mudança modal no transporte de passageiros e carga, há possibilidades promissoras para a redução da intensidade energética de deslocamentos em que a transição de parte da demanda do transporte individual para o transporte público permite o menor consumo de energia por passageiro-quilômetro percorrido. (CEBDS, 2017d).

Existem ainda oportunidades associadas ao ramo tecnológico advindas do setor de transportes, como a implantação de Sistemas Inteligentes de Transportes (SIT), que contribuem para a integração de di-

ferentes modos capazes de reduzir o deslocamento em centros urbanos em 15% a 20%, além de permitir a redução de emissões de poluentes em 10%. Em termos financeiros, há previsões que o mercado para SITs no mundo deverá atingir US\$ 2,5 trilhões por ano em 2025 (CEBDS, 2017d). Adicionalmente, soluções de IoT, Nuvem e Inteligência Artificial (IA) podem ajudar a fornecer a inteligência de dados para a otimização do tráfego e do trânsito por meio dos sensores automatizados, que também impactam em custos operacionais mais baixos devido à diminuição do tempo de inatividade e manutenção otimizada usando sensores e dispositivos inteligentes.

SETOR DE INDÚSTRIA

A indústria nacional representa 20,4% do PIB brasileiro e responde por 5% das emissões brutas nacionais, com uma queda de 2% em relação ao total emitido no ano anterior (2018) (CNI, 2021b; SEEG, 2020). Entretanto é indicado tanto pelo setor empresarial (CEBDS, 2018b), quanto pela academia por Santos (2018) e pelo Projeto PMR Brasil (2021a) como chave para um ETS nacional. Portanto, para a identificação de oportunidades serão considerados neste trabalho os mesmos setores dos trabalhos mencionados: cimento, ferro-gusa e aço (siderurgia), alumínio, cal e vidro, papel e celulose e químico, todos parte da indústria de transformação e com recorte para as oportunidades de mitigação em seus processos.

A partir dos potenciais de abatimento identificados nos subsetores selecionados, estima-se um potencial de mitigação de emissões acumulado de 261 MtCO₂ ligados às medidas descritas na primeira NDC brasileira. Vale pontuar que a NDC para o setor industrial possui caráter bastante genérico, não especificando tecnologias e sim medidas de cunho geral.



TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES

Cada um desses subsetores possui seu universo específico de oportunidades de mitigação com novos padrões de tecnologias limpas, ampliação de medidas de eficiência energética e ampliação de infraestrutura de baixo carbono.

No setor cimenteiro, o projeto Opções de Mitigação estimou potenciais e custos de abatimento relacionados a medidas voltadas ao setor com potencial acumulado até 2050, no cenário BC, de aproximadamente 90 MtCO₂e, com custo de abatimento variando entre -7 a -161 US\$/tCO₂ (OLIVEIRA, 2019)¹⁸. O setor cimenteiro possui no aumento de eficiência dos fornos e, principalmente, na redução da proporção clínquer/cimento as principais oportunidades de abatimento de emissões, adicionalmente à redução gradativa do coque de petróleo com a substituição, principalmente, por maior utilização de biomassa e gás natural - combustíveis com menor fator de emissão - e o coprocessamento de resíduos (CEBDS, 2017e).

18. Os potenciais e custos de abatimento de todas as medidas analisadas no estudo para o setor cimenteiro podem ser consultados no Anexo (Tabela A - 5).

19. Os potenciais e custos de abatimento de todas as medidas analisadas no estudo para o setor ferro-gusa e aço podem ser consultados no Anexo (Tabela A - 6).

Box 14

Coprocessamento de sementes de açaí na produção de cimento

A Votorantim Cimentos vem utilizando, desde 2017, a semente do açaí em substituição a combustíveis fósseis utilizados nos fornos de cimento. Em 2017, cerca de 550 mil toneladas de semente de Açaí foram produzidas no estado do Pará e uma parte dessas sementes, antes descartadas, passam agora por um processo de secagem e substituem parte do coque de petróleo utilizado nos fornos. Com isso, é possível reduzir a emissão de gases de efeito estufa na fábrica e no transporte do coque, que agora é importado em menor quantidade (VOTORANTIM, 2018).

No setor ferro-gusa e aço, o projeto Opções de Mitigação traz resultados voltados ao setor com potencial acumulado até 2050, também no cenário BC, de aproximadamente 54 MtCO₂ com custos de abatimento entre -330,35 e 150,07 US\$/tCO₂¹⁹. A medida

mais representativa é a implementação de novas tecnologias de fornos nas usinas integradas (especialmente o SCOPE - *Super Coke Oven for Productivity and Environmental Enhancement*) e recuperação de calor sensível nos fornos (BRASIL, 2017h). As opções existentes envolvem a eficiência energética dos processos produtivos, oportunidades relativas a reaproveitamento de gases e calor dos processos para fins energéticos e mesmo a utilização de carvão vegetal sustentável como fonte renovável de energia. Esta última pode ser um diferencial competitivo do setor no Brasil, já que atualmente apenas o país utiliza largamente esse insumo de maneira eficiente. O parque siderúrgico futuro brasileiro ainda contará com coque, mas haverá uma penetração maior de fontes de energia renovável, em especial o carvão vegetal sustentável que pode ter penetração de até 50% na siderurgia em 2050 (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).



Box 15

Carvão Vegetal como fonte energética no tratamento térmico das pelotas

A siderurgia Vallourec utiliza 100% de carvão vegetal como fonte energética no tratamento térmico das pelotas. Para isso, construiu uma instalação adequada ao uso do carvão vegetal, adaptando equipamentos construídos para o uso do carvão mineral, referentes ao processo de queima, controle de processos de produção, procedimentos de operação e manutenção. A nova instalação adaptada para o uso dessa fonte energética demonstrou não só uma boa viabilidade econômica, mas também uma grande redução na emissão de gases de efeito estufa (IBRAM, 2021).

No setor químico, o potencial de abatimento acumulado até 2050, no cenário BC, é de aproximadamente 46,7 MtCO₂e, com custos de abatimento entre -70 a 81 US\$/tCO₂, sendo as principais medidas ligadas a eficiência de sistemas motores, e a adoção de gás natural em caldeiras e fornos em substituição a combustíveis mais carbono intensivos, como coque, carvão, óleo diesel e óleo combustível (BRASIL, 2017i)²⁰. Dentre as medidas de processo e medidas emergentes, des-

taca-se a química verde pela rota renovável de produção de eteno, pois, apesar de ainda emergente no mundo, essa tecnologia já é dominada e adotada no Brasil. Excluindo-se a análise da produção da matéria-prima (que pode aumentar os custos da medida), a rota de eteno verde seria capaz de mitigar mais de 30 MtCO₂e no horizonte de análise até 2050 a custos negativos, entre -19 e -1 US\$/tCO₂ (CEBDS, 2017e).

Box 16

Polietileno Verde

A Braskem iniciou a produção do polietileno verde em escala industrial e comercial em 2010, um plástico produzido a partir da cana-de-açúcar em vez do petróleo ou do gás natural. Desde a plantação da cana-de-açúcar até a produção do etanol, os fornecedores devem atender aos princípios “Compra Responsável de Etanol” da Braskem, que cobre aspectos do desenvolvimento sustentável como o respeito à biodiversidade e boas práticas ambientais. Como o material produzido possui as mesmas propriedades dos polietilenos de origem fóssil, também pode ser reciclável dentro da mesma cadeia de reciclagem do polietileno tradicional. (BRASKEM, 2021).

Nos setores de produção de Cal e Vidro observa-se potencial acumulado de redução de emissões de 14,2 MtCO₂e até 2050 com custos de abatimento entre -53,90 e 292,20 US\$/tCO₂²¹. A medida com maior potencial é a substituição de coque por gás natural no setor de cal (BRASIL, 2017j). Para a indústria de vidro, a maior reciclagem de vidro usado como constituinte da mistura de matéria-prima é uma excelente oportunidade pois mitiga-se 1 tCO₂ a cada 6t de vidro reciclado e utilizado na produção, além de fortalecer os elos da cadeia de reciclagem do vidro (ABIVIDRO, 2019).

Na produção de alumínio primário, o potencial acumulado de abatimento de emissões foi estimado em cerca de 39,4 MtCO₂ até 2050 com custos de abatimento entre 0,16 e 326,08 US\$/tCO₂ onde se destacam medidas de recuperação de calor nos fornos (BRASIL, 2017j)²². Há também medidas relacionadas a redução do efeito anódico que reduzem as emissões de perfluorcarbonos (PFCs).

No setor de Papel e Celulose, o potencial nos cenários BC em 2050, é de 16,7 MtCO₂, com custos de abatimento entre -330,70 e 929,50 US\$/tCO₂, sendo as medidas mais representativas a aplicação de secadores específicos e a utilização de prensas mais eficientes. Em um cenário com inovação o potencial de mitigação aumenta em 26% (BRASIL,

2017k)²³. Lembra-se aqui que este setor possui um alto potencial de captura de carbono por via do armazenamento direto no solo, acumulado pelo crescimento de florestas plantadas e/ou nativas descrito na seção do setor florestal (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

Box 17

Redução dos efeitos anódicos

A Albras (2008) implementou um novo programa computacional com objetivo de controlar e reduzir os efeitos anódicos da produção de alumínio metal. A atividade envolveu dois estágios: o primeiro foi a instalação de um “Algoritmo de Detecção Prévia do Efeito Anódico”, baseado no comportamento de resistência da célula, para reduzir a frequência do efeito anódico; o segundo estágio foi a instalação de outro algoritmo, integrado ao primeiro, que permite uma redução adicional na frequência do efeito anódico. Entre os anos de 2006 e 2015, o projeto reduziu 802.860 toneladas equivalentes de CO₂ (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC); MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES, 2017).

20. Os potenciais e custos de abatimento de todas as medidas analisadas no estudo para o setor químico podem ser consultados no Anexo (Tabela A - 7).

21. Os potenciais e custos de abatimento de todas as medidas analisadas no estudo para o setor de cal e vidro podem ser consultados no Anexo (Tabela A - 8).

22. Os potenciais e custos de abatimento de todas as medidas analisadas no estudo para o setor de alumínio podem ser consultados no Anexo (Tabela A - 9).



Box 18

Tecnologia de captura e armazenamento de carbono

A tecnologia de captura e armazenamento de carbono (em inglês, *Carbon Capture and Storage* – CCS) configura-se como um método para evitar emissões de dióxido de carbono em sua fonte, além de possibilitar a redução em larga escala de CO₂ já presente na atmosfera através de tecnologias de remoção deste (GLOBAL CCS INSTITUTE, 2020). Nesse sentido, o CCS inclui três tecnologias: a de captura, a de transporte e a de armazenamento. O processo de captura inclui a separação do CO₂ dos gases gerados a partir de vários procedimentos. Uma vez separado, ocorre o transporte de CO₂ capturado para um local adequado para seu armazenamento através de dutos. Por fim, há a injeção de CO₂ em formações rochosas subterrâneas profundas (VERIFIED MARKET RESEARCH, 2020). A tecnologia CCS pode desempenhar um papel fun-

damental na redução de emissões de CO₂ do setor industrial. Os subsetores de cimento, ferro e aço e químicos emitem carbono devido à natureza de seus processos industriais, configurando-se como os subsetores mais difíceis de descarbonizar. Assim, a tecnologia CCS se configura como uma das soluções disponíveis mais economicamente viável para o alcance de emissões líquidas zero em indústrias destes subsetores. Estima-se que, para alcançar um resultado climático consistente com o acordo de Paris, o CCS deve abater 29 bilhões de toneladas de CO₂ entre 2017 e 2060 nesses subsectores. Essa tecnologia é especialmente aplicável na indústria de produtos químicos, entregando 14 bilhões toneladas de CO₂ abatidos para 2060 (GLOBAL CCS INSTITUTE, 2020).

Por fim, é importante ressaltar que o aumento dos custos de energia estimula medidas de eficiência energética que são especialmente adotadas no setor de cimento e produtos químicos e, em menor medida, na indústria siderúrgica e em outros setores (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

BENEFÍCIOS SOCIOECONÔMICOS

O setor apresenta benefícios econômicos ligados à redução do custo relativo ao consumo de combustível e energia, devido à otimização dos processos de combustão e instalação de equipamentos mais eficientes; e, ao consumo de matéria-prima, devido ao uso de opções mais viáveis economicamente e com melhor custo-benefício ou de material reciclado; possui retorno financeiro adicional e redução de custos devido à valorização econômica dos resíduos e ao menor volume destinado à disposição, características da economia circular; assim como redução dos custos de logística a partir da integração modal, que permite a redução da participação do modo rodoviário no setor, responsável pelo maior custo por quilômetro percorrido (CEBDS, 2017f).

As medidas de eficiência energética e de processo, e o reaproveitamento de subprodutos como matéria prima em diferentes linhas de produção terão papel ainda mais crítico na economia de médio e lon-

go prazo. Medidas de mitigação na indústria como eficiência energética, impactam positivamente cadeias de prestação serviços, gerando oportunidades de negócio e conseqüentemente novas receitas como a de pequenas e médias empresas como as ESCOS (Empresas de Engenharia, especializada em Serviços de Conservação de Energia); a substituição parcial de matéria-prima, especialmente em gusa, cimento e aço fortalece os elos das cadeias de reciclagem destes materiais podendo facilitar a estruturação da coleta e distribuição desses recicláveis gerando mais empregos com serviços auxiliares e renda local, assim como valorizar as ofertas locais de biomassa alternativa e materiais recicláveis.

Também há a geração de emprego e renda por meio do aumento da competitividade dos polos de produção associadas à fase de implementação das tecnologias de baixo carbono (BRASIL, 2017g). Estima-se que a geração de emprego em um cenário de nova economia definido pelo WRI seja de cerca de 11% maior do que no cenário *Business as Usual* (BAU), com 19,7 milhões de empregos nesse setor em 2040 (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

23. Os potenciais e custos de abatimento de todas as medidas analisadas no estudo para o setor de cal e vidro podem ser consultados no Anexo (Tabela A - 10).



Adicionalmente, o setor apresenta benefícios a partir da adoção de tecnologias, como computação em nuvem e *big data*, que agregam dados como a localização, a inclinação do terreno e a composição do solo, no intuito de municiar o trabalho das empresas que monitoram as áreas plantadas.

Box 19

Geração de receitas pela indústria na cadeia de resíduos agrícolas

Um projeto ambiental de energia renovável no estado do Ceará, certificado pelo Gold Standard, substituiu em cinco fábricas de cerâmica o uso de combustível oriundo de lenha ilegal por resíduos agrícolas e industriais. Tal substituição gerou US\$ 4,5 milhões em receitas para as comunidades locais, melhorou as condições de trabalho, aumentou a disponibilidade de água e evitou o desmatamento de 1.750 hectares em dez anos, além de reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) em 36.173 toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) por ano (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

OPORTUNIDADES PARA A CADEIA PRODUTIVA

Há grande interação da indústria com os demais setores da economia pois há interdependências entre os setores energia, transportes e florestas provendo a capacidade da indústria em atingir, de forma ampla, reduções de emissão de GEE. O setor de energia pode fornecer combustíveis de baixa intensidade de carbono via produção de biocombustíveis e biomassa e ampliar o teor renovável da geração elétrica. O setor de transportes pode contribuir para a redução de emissões da indústria por meio de novas infraestruturas que permitam a integração modal e a eletrificação de modos de carga, em especial o ferroviário. **Uma maior integração de infraestrutura fornecerá, além da mitigação de emissões, oportunidades para ganhos de eficiência e redução de custos logísticos.** Além disso, o setor florestal ampliará a oferta de biomassa que poderá ser utilizada para a produção de energia, tanto elétrica quanto térmica, ou consumida como uma matéria-prima renovável (CEBDS, 2018b).

Por fim, a digitalização possibilita a melhoria do monitoramento de todo o processo de produção, resultando em:

I. a alocação de equipamentos com maior eficiência, otimizando processos;

II. velocidade na identificação de problemas e redução de gargalos;

III. aumento da eficiência no uso de recursos, tal como a energia elétrica; e

IV. a redução de custos (CEBDS, 2017f).

Nesse sentido, a transição para a Indústria 4.0, configura-se como uma tendência positiva para o setor. A integração da indústria com o aumento da informação proporcionado pelas tecnologias características da Indústria 4.0, são responsáveis pela oportunidade de aumento da produtividade neste setor através da otimização de processos, ganhos de eficiência no gasto e emprego de insumos, ampliação dos retornos crescentes de escala e diminuição do custo de produção e do custo marginal da produção (CEBDS, 2017f).

VISÃO SIMPLIFICADA DAS RELAÇÕES INTERSETORIAIS DE MITIGAÇÃO DE GEE

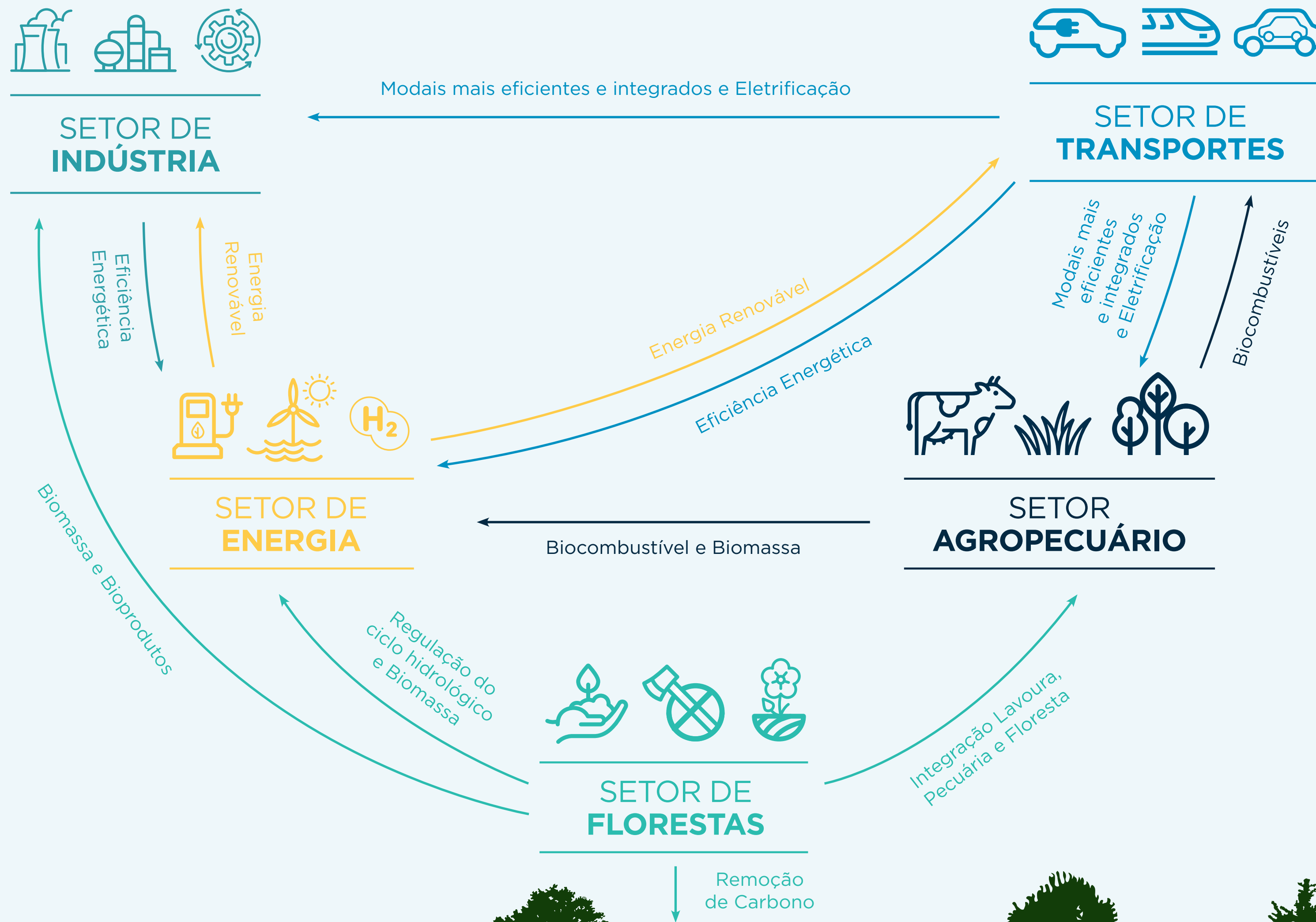


Figura 5: Relações intersetoriais de mitigação de GEE
Fonte: Elaboração própria.

IDENTIFICAÇÃO DE ACESSO AOS MERCADOS



As oportunidades potenciais de geração de crédito de carbono listadas na Revisão Setorial apontam reduções de GEE extremamente relevantes, inúmeros benefícios socioeconômicos e oportunidades de avanço na cadeia produtiva. Entretanto o caminho entre caracterizar a potencial geração de crédito e emitir o crédito é longo e complexo e se conecta intrinsecamente com a conceituação feita na contextualização desse trabalho, no qual crédito de carbono será: I. o direito de emissão de GEE ou II. certificado de redução de emissão de GEE.

Portanto, antes de identificar o potencial acesso de créditos aos mercados de carbono, no que tange oferta e demanda, é necessário definir em mais detalhes o que seria cada tipo de mercado abordado neste trabalho, que são os mercados a serem regulamentados sob os Artigos 6.2 e 6.4 do Acordo de Paris, e os mercados voluntários, que em tese transacionariam no Artigo 6.2 um direito de emissão e no 6.4 e no mercado voluntário um certificado de redução de emissão de GEE.

ARTIGO 6

ANTECESSORES

Até 2020, vigorou o protocolo de Quioto que estabeleceu um ETS entre países de Anexo I e não Anexo I do qual o Brasil fazia parte, e dois mecanismos de compensação - a Implementação Conjunta e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Até 2017, o Brasil ocupava o terceiro lugar em número de projetos do MDL ficando atrás da China e da Índia,

com um potencial de redução de até 379,8 milhões de toneladas equivalentes de CO₂ (tCO₂e). Em números de Certificados de Redução de emissão (CERs, sigla em inglês) efetivamente emitidas pelo Conselho Executivo do MDL, o Brasil ocupava o quarto lugar, correspondendo a aproximadamente 124 milhões de tCO₂e evitadas (IPEA, 2018).

Tabela 1: Participação de cada país em aspectos do MDL (nov/2004 a abr/2017)

	Atividades de projeto MDL registradas por país	Potencial de Redução Anual de GEE por país em projetos MDL	CERs Emitidos por país anfitrião
China	48,4%	59,4%	57,1%
Índia	21,1%	11,5%	12,6%
Brasil	4,4%	4,9%	6,8%
Coreia do Sul	ND*	2,0%	8,9%

*Não informado no documento de referência.
Fonte: IPEA (2018).

Entre novembro de 2004 a abril de 2017, 342 atividades de projeto foram registradas no Conselho Executivo do MDL pelo Brasil, com um pico de atividades em 2006, quando o MDL começou a se estabelecer no mercado de carbono, e outro pico em 2012, marco do final do primeiro período de cumprimento dos compromissos do Protocolo de Quioto. Em relação às CERs emitidas aos participantes das atividades de projeto MDL do Brasil, destacam-se os anos de 2007 e 2008, que concentraram juntos cerca de 20% do total de CERs emitidas, devido ao reflexo da competição global para incentivar projetos de redução de emissões, e o biênio de 2011 e 2012, com 26% do total de CERs emitidas, possivelmente devido à incerteza quanto à continuidade do MDL após a finalização do primeiro período do Protocolo de Quioto (IPEA, 2018).

Historicamente, as atividades de projetos de MDL predominantes no Brasil foram relacionadas ao setor de energia e de resíduos, correspondendo a projetos de hidrelétricas, com 27,5% dos projetos registrados; seguido por projetos de biogás (18,4%); eólicas (16,7%); gás de aterro (15,2%); e biomassa energética (12%). Esses cinco tipos de atividade totalizaram 83% do total das 379,8 MtCO₂e de redução estimada de emissões de GEE das atividades de projeto MDL do Brasil até abril de 2017 (IPEA, 2018).

ARTIGOS 6.2 E 6.4

Com a regulamentação do artigo 6 do Acordo de Paris, prevista para a COP 26 em novembro de 2021, há

dois novos mecanismos que diferem dos anteriores por considerarem que, com o Acordo de Paris, todos os países signatários passam a ter metas de redução de emissões, mesmo que essas metas possuam métricas distintas ou diferentes períodos para cumprimento (EVANS; GABBATISS, 2018).

O Artigo 6.2 visa estabelecer um mecanismo para a comercialização de resultados de mitigação internacionalmente transferidos contratados diretamente entre países parte do Acordo. Esse mecanismo permitiria a um país que cumpriu sua meta de redução de emissões de sua NDC vender qualquer superação a um país que tenha ficado aquém de seus próprios objetivos, semelhante ao direito de emitir. Permite-se, assim, que os países comercializem voluntariamente “resultados de mitigação” para uso em relação às NDCs do Acordo de Paris, desde que promovam o desenvolvimento sustentável, garantindo ao mesmo tempo integridade ambiental e transparência (EVANS; GABBATISS, 2018).

Já o Artigo 6.4 visa um novo mercado internacional de carbono, governado por um órgão da ONU, para o comércio de reduções de emissões criadas em qualquer parte do mundo pelo setor público ou privado (EVANS; GABBATISS, 2018), semelhante ao certificado de redução de emissão de GEE. Esse mecanismo seria baseado em um sistema de geração de créditos acima de uma linha de base que indica como as emissões evoluíram sem o incentivo do instrumento de mercado (SEROA DA MOTTA, 2021a).

A regulamentação do Artigo 6, tanto 6.2, como 6.4, vem enfrentando algumas barreiras para o seu estabelecimento, como questões relacionadas ao ajuste correspondente, em que há o ajuste de metas de emissões de GEEs previstas nas NDCs de forma equivalente à quantidade de créditos de carbono ou resultados de mitigação vendidas para outros países, e questões relacionadas às regras para a transferência de créditos, metodologias e tipos de projetos válidos na transição do Protocolo de Quioto para o Acordo de Paris²⁴.

MERCADOS DE CARBONOS HOJE

Tanto os mercados regulados quanto o mercado voluntário apresentaram aumento nas transações de

créditos de carbono nos últimos anos. O valor total dos mercados globais de carbono cresceu 34%, atingindo € 194 bilhões, com registro acumulado de mais de 14.500 projetos de crédito de carbono. Houve a geração de quase 4 bilhões de tCO₂ de créditos de carbono até 2020 com destaque para o setor florestal que emitiu mais crédito do que os demais setores (42% no total dos últimos 5 anos) com aumento nas transações de compensação florestal e a aparente preferência por projetos que geram cobenefícios. Mais da metade de todos os créditos foram emitidos por projetos MDL (MARKESTRAT *et al.*, 2020), o que mudou a partir de 2018, quando quase dois terços dos créditos foram emitidos por mecanismos independentes no mercado voluntário, conforme Gráfico 1.

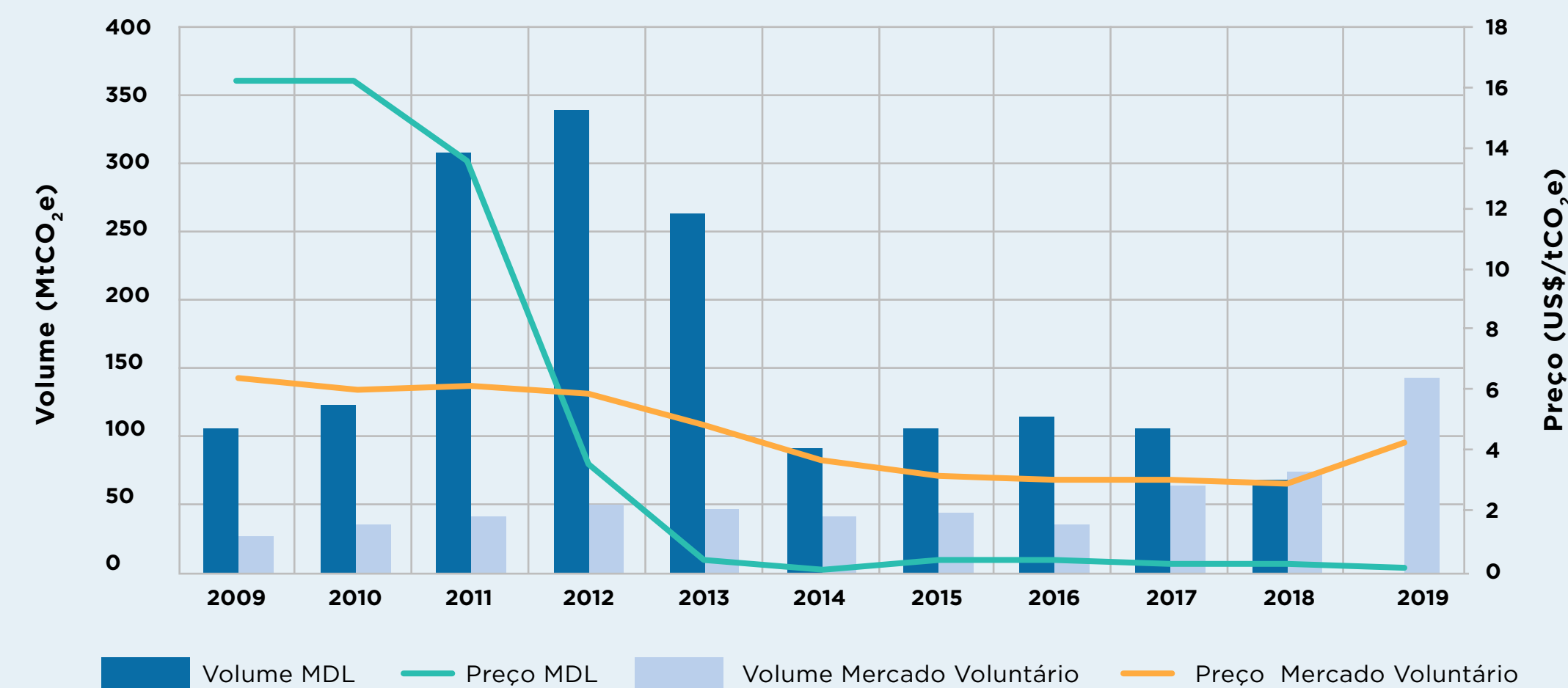


Gráfico 1: Volumes e preços médios MDL e mercado voluntário no mundo, 2009 a 2019
Fonte: Elaboração própria com base em dados retirados de Donofrio *et al.* (2020a) e World Bank (2019a).

24. Para mais detalhes sobre as especificidades dos mecanismos criados pelos Artigos 6.2 e 6.4, verificar Quadro B - 1 dos Anexos.

O volume de emissões globais de créditos de carbono no mercado voluntário foi de 142 MtCO₂e, em 2019, sendo que 66,2% do volume transacionado globalmente naquele ano correspondeu a padrão VCS.

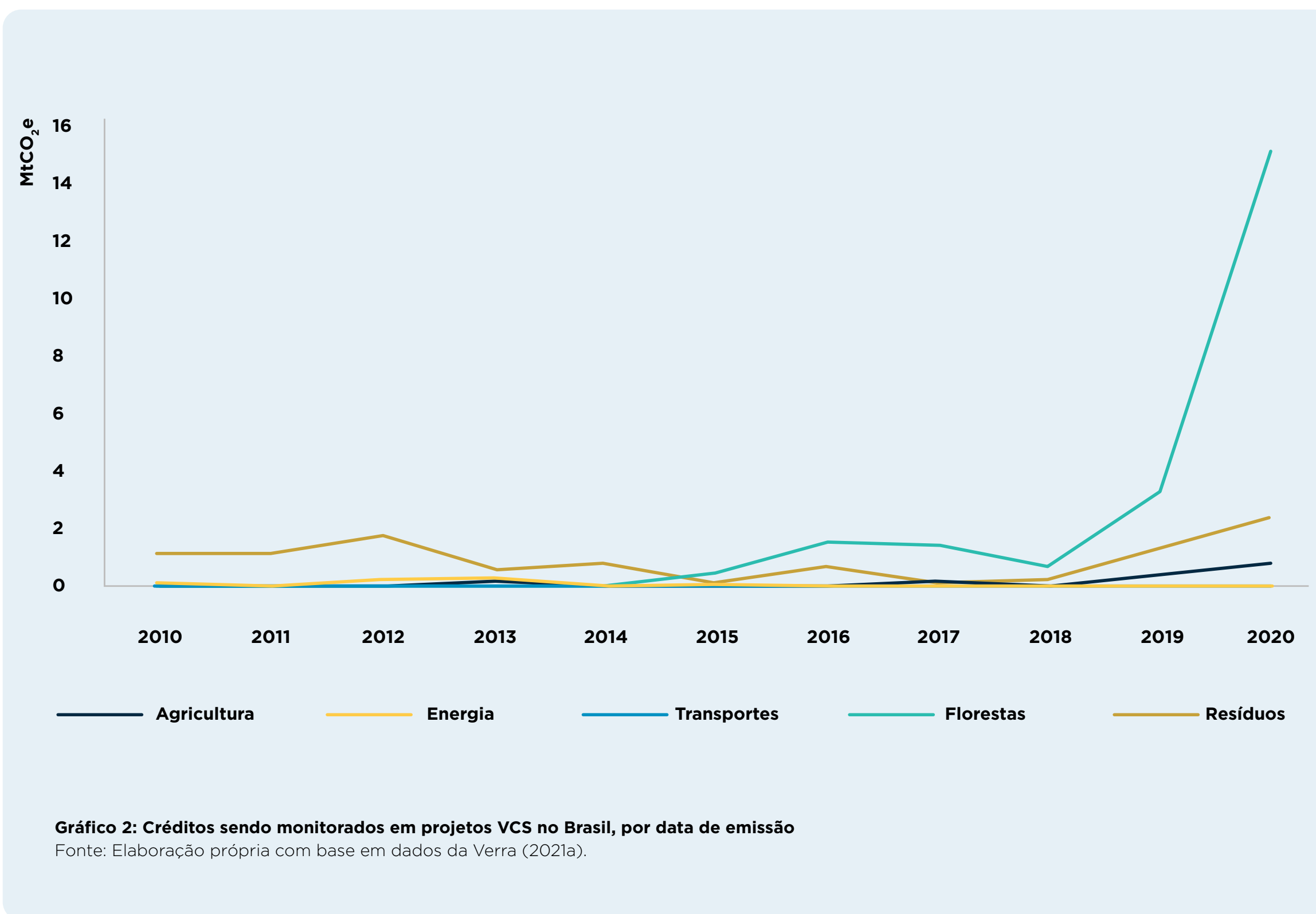
No Brasil, foram emitidos 5,08 MtCO₂e créditos pelo programa VCS, representando 3,6% dos créditos voluntários emitidos globalmente naquele ano (DONOFRIO *et al.*, 2020a; VERRA, 2021a). No país, esse é o único padrão voluntário que inclui em seu escopo

os setores de agropecuária e projetos REDD (Redução de emissões por degradação florestal e desmatamento), e, mesmo em relação a projetos de energia que também têm registros no Gold Standard, o VCS é mais representativo, com 58 projetos registrados, enquanto a plataforma Gold Standard possui apenas 14. Na Índia e na China, a maioria dos projetos são de energias renováveis, enquanto nos Estados Unidos, a destinação de resíduos, os processos químicos, flo-

restas e uso da terra são os projetos que mais transacionam créditos, em volume. (DONOFRIO *et al.*, 2020b).

O Brasil teve ainda um expressivo crescimento na geração de créditos nos anos de 2019 e 2020, em especial na geração de créditos por ativos florestais, conforme o Gráfico 2, possivelmente devido à alta de preços de reduções advindas das Soluções Basea-

das na Natureza, que cresceram 30% no ano de 2020, aliada à forte preferência de compradores por *offsets* advindos de projetos em países em desenvolvimento (DONOFRIO *et al.*, 2020a; S&P GLOBAL, 2020).



Box 20

O setor financeiro rumo a escalar o mercado de carbono

Neste contexto de intensas transações nesse mercado, as instituições financeiras estão atuando em oportunidades. O Itaú, por exemplo, em parceria com bancos de outras partes do mundo, criou um projeto em que tem por objetivo apoiar o mercado voluntário de compensações de carbono, removendo barreiras existentes à compra, com precificação e padrões bem estabelecidos a fim de possibilitar compromissos de neutralidade. Este projeto, cujo piloto deve ser lançado em agosto, pretende facilitar uma maior entrega de projetos de compensação de carbono de alta qualidade, um *marketplace* para negociação de créditos de carbono com transparência quanto aos preços e maior liquidez de mercado, a criação de um forte ecossistema em respaldo ao mercado de compensações e o desenvolvimento de ferramentas

para ajudar os clientes a gerenciar o risco climático (ITAÚ UNIBANCO, 2021).

Outro exemplo é a cooperação técnica entre o BNDES e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para estudar um incentivo à restauração florestal para ampliar as opções de compensação de emissões do setor de petróleo e gás, de forma a alinhar estratégias de reflorestamento e aproximar o Brasil de suas metas de descarbonização assumidas no Acordo de Paris. Os resultados dessa cooperação irão subsidiar um documento com a proposição de instrumentos para a compensação de emissões considerando a incorporação de benefícios coletivos relacionados à água, biodiversidade, solo e microclima (BNDES; EPE, 2021).

25. Dados do volume médio de MDL se encontram disponíveis apenas até o ano de 2018.

POTENCIAL OFERTA DE CRÉDITOS



Partindo-se da atual participação de 3,6% do Brasil no mercado voluntário VCS, nos próximos anos se vislumbra uma participação correspondente de cerca de 10%, uma vez que países que transacionavam percentuais superiores ao Brasil, em 2019, especialmente a Índia, possuíam projetos atrelados ao setor de energia renovável os quais não são mais permitidos em novos registros de projetos no padrão VCS desde janeiro de 2020. Para 2030, a *Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets* estima um potencial anual, em média, de 10.000 MtCO₂ para a geração de créditos, embora aponte que seria mais provável uma oferta de, em média, de 3.000 MtCO₂, devido a barreiras de complexidade e taxa necessária para a es-

calada dos projetos, de complexidade geográfica, de riscos e de falta de atratividade financeira (IIF, 2021).

A partir desses dados, o potencial de oferta de créditos foi estimado. Priorizou-se os setores Agropecuária e Florestas por suas medidas de mitigação de emissões apresentarem maiores potenciais de abatimento e melhores relações de custo-efetividade, conforme apresentado no capítulo anterior, e o setor de Energia que apresenta um potencial de mitigação mapeado para o Brasil que contém inovação tecnológica a ser explorada e se destaca pela grande experiência que o país tem com os projetos de MDL. Sendo assim, é possível considerar dois seguintes cenários para estes setores produtivos brasileiros, levando-se em conta que a tendência de participação setorial permaneça pela experiência setorial já adquirida nos processos de obtenção de crédito de carbono, conforme indicado no Quadro 1, a seguir.

Em relação à oportunidade econômica advinda desses cenários, a possibilidade mais conservadora - Brasil representando 3,6% de um mercado de 3.000 MtCO₂ em 2030 e com o preço médio praticado de 2009 a 2018 (4,6 US\$/tCO₂)²⁷ - teria o potencial de gerar US\$ 493 milhões provenientes das vendas totais de créditos de carbono no país. Já em um cenário otimista - Brasil representando 10% de um mercado de 10.000 MtCO₂ em 2030 e com um preço em patamar necessário para que aconteça uma queda rápida e prolongada nas emissões de carbono de 100 US\$/tCO₂²⁸ - os créditos de carbono vendidos poderiam gerar até US\$ 100 bilhões em 2030.

Para o mercado voluntário, considera-se que a não-elegibilidade do setor de energia desde 2020 resulta em uma potencial geração de créditos apenas residual, referente a projetos anteriores a esta mudança e que podem apresentar geração de crédito até 2030. Esse valor não deve variar e afetar significativamente a potencial geração de créditos do mercado voluntário. Logo, considera-se apenas os potenciais referentes aos setores de agropecuária e florestas. Deste modo, o potencial total de geração de créditos, em 2030, é de 80 MtCO₂e para o cenário conservador e 750 MtCO₂e para o cenário otimista. Com isso, o Brasil pode suprir de 5% a 37,5% da demanda global, atrelada a compromissos empresariais, em 2030.

Quadro 1: Créditos emitidos em 2019 e cenários de potencial emissão (MtCO₂) em 2030, por setor, no Brasil²⁶

Principais setores fornecedores de créditos de carbono	Créditos emitidos no Brasil - 2019 (MtCO ₂)	Cenários de oferta global de 10.000 (MtCO ₂) - 2030		Cenários de oferta global de 3.000 (MtCO ₂) - 2030	
		3,6%	10%	3,6%	10%
Total	5,08	357	1.000	107	300
Agropecuário	0,46	32	90	10	27
Energia	1,27	89	250	27	75
Florestas	3,35	236	660	71	198

Fonte: Elaboração própria.

26. A fim de prover uma noção da ordem de grandeza dessas projeções, considera-se que, em 2019, as emissões de totais dos setores da economia brasileira e dos setores agropecuário, de energia e de florestas correspondem a 2.175,63 MtCO₂e, 598,67 MtCO₂e, 413,67 MtCO₂e e 968,06 MtCO₂e, respectivamente (SEEG, 2021).

27. Preço médio com base em dados de Forest Trends' Ecosystem Marketplace *et al.* (2019). 28. Para mais detalhes, vide Houlder and Livsey (2021).

Por outro lado, apesar das indefinições conceituais relacionadas a tipos de projetos elegíveis ao Artigo 6.4, entende-se que o mercado de carbono sob o Artigo 6.4 poderia contemplar a totalidade do potencial de emissões de créditos estimado acima para o Brasil em 2030, 107 MtCO₂e no cenário conservador e 1.000 MtCO₂e no cenário otimista. Com isso, o Brasil pode suprir de 2% a 22% da demanda global pelo mecanismo estabelecido pelo artigo 6.4 do Acordo de Paris, em 2030.

Diferentemente do mercado voluntário, o mecanismo estabelecido pelo Artigo 6.4 inclui os projetos do setor de energia, pois para esse setor é possível estabelecer duas premissas: I. de que tanto no Artigo 6.4 quanto no mercado voluntário a instituição geradora do crédito será um ente privado escolhendo o mercado onde irá operar o projeto e, II. visto o potencial de mitigação no setor de energia mapeado para o Brasil conter inovação tecnológica a ser explorada (vide Capítulo de Revisão setorial e Tabela A - 3) há projetos potenciais nesse setor. Essa premissa está alinhada às discussões correntes em relação aos tipos de projeto aceitos no âmbito da UNFCCC (SEROA DA MOTTA, 2021b).

Ainda sobre o setor de energia, para o Brasil, a expectativa é que os setores produtivos que usam energia elétrica como insumo, principalmente o setor de energia e o setor indústria sejam beneficiados já que a matriz elétrica é majoritariamente renovável. O diferencial de intensidade de carbono na ma-

triz em relação a outros países pode funcionar como uma vantagem competitiva atraindo investimentos de acordo com o que será definido para os mercados de carbono a partir da implementação do Artigo 6º do Acordo de Paris (SEROA DA MOTTA, 2021a), dado a manutenção do crescimento da parcela renovável e redução da parcela fóssil na matriz elétrica.

Já o mercado de carbono sob o Artigo 6.2, alternativamente, também poderia servir como meio para a transação dos resultados de redução de emissões dos projetos relacionados aos setores apresentados no Quadro 1, uma vez que é possível incluir projetos privados nos pacotes que irão compor o ITMO. No entanto, sob este mecanismo, também pode-se incluir resultados de implementação de políticas públicas robustas que cubram produtores de diferentes tamanhos que possibilitem escalar seus resultados de forma coletiva. Neste aspecto, já se observa uma tendência nos planos e programas governamentais relacionados aos setores de agropecuária e florestas de instrumentos que estimulam a geração de créditos de carbono, a exemplo do Plano ABC+ e Floresta+ Carbono além de estudos jurisdicionais apontados no capítulo anterior. Em um cenário, em que o país contabilize os benefícios dos resultados de mitigação de suas políticas públicas de forma estruturada e transparente com monitoramento frequente e regular, passa a ser possível estabelecer contratos bilaterais com outros governos para venda destes resultados alcançados, dado o cumprimento da NDC nacional. Neste contexto, o potencial de suprimento

da demanda global pelo Brasil seria ainda maior que o estimado de até 22% referente ao artigo 6.4, em 2030. Mais uma vez, os setores florestal e agropecuário que possuem baixo custo de abatimento de emissões apresentam grandes oportunidades.

Especialmente ao se analisar a importância do bioma Amazônia no contexto de oportunidades de geração de ativos de carbono através de atividades florestais, verifica-se que do potencial de geração de 2.400 MtCO₂e de créditos da restauração de passivo de reserva legal no território nacional até 2030, cerca de dois terços (1.600 MtCO₂e) corresponderia à Amazônia. Do potencial total, cerca de 2.000 MtCO₂e corresponderia às áreas que podem ser restauradas a baixo custo, inferior a R\$35 por tonelada.

Quanto ao desmatamento evitado, ao se considerar as áreas que apresentam significativo risco de desmate até 2030 e, por isso, teriam potencial de emissão de crédito de carbono, dois terços se localizam no bioma Amazônia, o que representa um potencial de 5.300 MtCO₂e de um total de 8.000 MtCO₂e para o território nacional. Para as áreas menos valorizadas, estima-se um potencial teórico de cerca de 5.000 MtCO₂e até 2030, com custo marginal de até R\$ 5,00 a tonelada. Com isso, ressalta-se o potencial do setor florestal brasileiro na participação de mercados de carbono, com especial destaque ao bioma Amazônia (WORLD BANK, 2021b).

Ainda, em relação ao potencial de ITMOs, seria possível pensar em políticas e programas que resultem em

redução de emissões como o já mencionado Plano ABC+, o Programa Siderurgia Sustentável, os Planos de Combate ao Desmatamento e Programas de Eficiência Energética que poderiam compor uma extensa carteira de resultados de mitigação, com suas respectivas arquiteturas de monitoramento, dado cumprimento da NDC. Por fim, é possível sugerir também que um ETS nacional bem-sucedido, que cumpra com suas metas de reduções, possa se tornar uma oportunidade de oferta de crédito desse sistema globalmente.

QUAL A DEMANDA POR CRÉDITOS GLOBAL E NACIONAL?

GLOBAL

A demanda global e nacional por créditos de carbono possui de forma simplificada duas origens: os compromissos regulados, como as metas da NDC dos países e mercados de carbono regulados, e; os compromissos voluntários, como as metas de compensação de zero emissões líquidas²⁹, ou *net-zero*.

Para a demanda global, a partir das metas NDC ratificadas no Acordo de Paris, estima-se que até 2030 países como Estado Unidos, Japão, Austrália, Coreia do Sul e países da União Europeia demandarão aproximadamente 4.500 MtCO₂ por ano (IETA; UNIVERSITY OF MARYLAND; CPLC, 2019). Pode-se entender esse valor como a demanda do Artigo 6.

29. Quando as "emissões antropogênicas de gases com efeito de estufa para a atmosfera são equilibradas com remoções antropogênicas durante um período específico" (IPCC, 2018). Quando as "emissões antropogênicas de gases com efeito de estufa para a atmosfera são equilibradas com remoções antropogênicas durante um período específico" (IPCC, 2018).

Já a partir dos compromissos voluntários, um número crescente de empresas multinacionais tem se comprometido a neutralizar as suas emissões de carbono. Mais que triplicando o número de 2019, 1.565 empresas tinham anunciado publicamente seus compromissos em outubro de 2020 (NEWCLIMATE INSTITUTE; DATA-DRIVEN ENVIROLAB, 2020). Além disso, mais de 20% das 2.000 maiores empresas do mundo declaram que se comprometem em neutralizar suas emissões (IETA, 2021). Há previsão de que a demanda voluntária anual por créditos de carbono possa atingir de 1.500 a 2.000 MtCO₂ em 2030 e de 7.000 a 13.000 MtCO₂ em 2050, dependendo do cenário de preços. Em comparação com o mercado em 2020, esses números indicam um crescimento de 15 vezes até 2030 e de até 100 vezes até 2050 na demanda global por créditos de carbono voluntários (BLAUFELDER; LEVY; PINNER, 2021).

Segundo a Trove Research, a demanda do *Voluntary Carbon Markets* (VCM) foi cerca de 95MtCO₂e em 2020, o que representa 0,2% das emissões globais. Até 2050, é esperado que essa demanda cresça entre 10 e 30 vezes em relação à 2020, dado o crescimento da quantidade de empresas que assumem compromissos neutralizarem suas emissões. Conforme a demanda pelos créditos cresce, os custos dos projetos também devem aumentar, à medida que projetos de menor custo se esgotam. Atualmente, a média de preço da tonelada de carbono é entre 3 e 5 dólares, podendo ficar entre 20 e 50 dólares até 2030, chegando até US\$100 se os governos assumirem os pro-

jetos de menor custo primeiro. Com o aumento esperado da demanda até 2030, o mercado voluntário seria responsável por cerca de 5% das reduções de emissões exigidas pelas NDCs dos países em 2030 e 2% das reduções necessárias para cumprir a meta de 1,5°C de Paris em 2030 (UCL; TROVE RESEARCH; LIEBREICH ASSOCIATES, 2021).

NACIONAL

No contexto de uma NDC válida para todos os setores da economia e a ausência de uma base de dados nacional de metas de redução de emissão, a WayCarbon sugere estimar a potencial demanda por créditos de carbono no Brasil a partir de um cenário hipotético em que boa parte das empresas brasileiras estabelecem metas de zero emissões líquidas baseadas na ciência³⁰ e as emissões residuais seriam compensadas com créditos de carbono. Para tal estimativa, conceituou-se que boa parte das empresas brasileiras poderiam ser representadas pelo setor produtivo mais relevante em termos de emissões de GEE de Escopo 1 e Escopo 2. Segundo o Registro Público de

Emissões (2019) a indústria de transformação representa 46,7% das emissões relatadas, portanto este grupo foi selecionado. Aplicou-se então, a ferramenta de definição de meta baseada em ciência, elaborada pela iniciativa *Science Based Targets* (SBTi) (CARILLO PINEDA *et al.*, 2020). Para isso, determinou-se como ano base 2019 e ano meta 2034 (limitado pela ferramenta), e utilizou-se a abordagem absoluta, cuja redução percentual das emissões absolutas exigidas por um determinado cenário é aplicada a todas as empresas igualmente. Foi considerado apenas um cenário com restrição para o aquecimento de 1,5°C já que, a partir de 2022, metas com menor ambição não serão mais aceitas pela SBTi. Segundo a ferramenta, para os subsetores de ferro e aço, cimento, alumínio, papel e celulose, edifícios de serviço, deve-se ter uma redução de 63% das emissões de escopo 1 e 2 para estar bem abaixo do cenário de 1,5°C. Como resultado dessa abordagem, neste cenário hipotético, haverá potencial demanda por créditos de carbono no Brasil correspondente às emissões residuais de 26,8 MtCO₂.

Tabela 2: Abordagem de descarbonização setorial para a indústria de transformação brasileira.

Cenário	Emissões de Escopo 1 e 2 (MtCO ₂ e)	
	2019	2034
1,5°C	72,5	26,8

Fonte: Elaboração própria.

30. Metas baseadas na ciência se caracterizam como aquelas usadas pelas empresas para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, possuindo como objetivo a redução do aquecimento para 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (CARILLO PINEDA *et al.*, 2020).

Box 21

Potencial demanda para o mercado voluntário em um ETS nacional

Conforme apontado no capítulo de contextualização, há perspectivas de uma possível implementação de um ETS nacional, levando-se em conta os desdobramentos do projeto PMR Brasil, a manifestação de interesse do governo brasileiro na participação da fase de implementação do projeto, o PMI, além de possíveis encaminhamento que se delineiam com alterações na redação do PL 528/21. Essa perspectiva de estabelecimento de um ETS no Brasil, coloca-se também como uma oportunidade ao mercado voluntário nacional, especialmente ao setor florestal, uma vez que o Relatório Síntese do projeto PMR Brasil apontou como um dos resultados do estudo o papel fundamental e surpreendente que os *offsets* tiveram nas simulações. Mesmo nos cenários mais restritivos modelados no estudo, a grande oferta de *offsets* florestais permitiu a contenção dos custos de conformidade, uma vez que ampliaria o escopo dos setores regulados - não estando o florestal entre eles -, conferindo maior flexibilidade no cumprimento das metas de redução de emissões. Além disso, o estudo apontou o potencial de geração de mais R\$ 2 bilhões em receita para provedores de *offsets*, evidenciando as oportunidades de incentivar e destravar investimentos no país, ampliando o alcance do sinal de preços de carbono e, assim, a eficiência da mitigação nacional como um todo (WORLD BANK, 2020).

OPORTUNIDADES ECONÔMICAS

Apesar da recente desaceleração econômica, os registros de projetos para mercados de crédito de carbono aumentaram 11% em 2020 em comparação com 2019. Essa tendência é impulsionada por padrões de certificação de crédito de carbono independentes, administrados por organizações terceirizadas privadas, que contribuíram com 50% dos créditos em 2020, dos quais 96% foram transacionados voluntariamente pelas empresas (WORLD BANK, 2021a).

O crescimento dos compromissos corporativos voluntários é a principal força motriz por trás do constante aumento da demanda por crédito de carbono. Como mencionado anteriormente, até outubro de 2020, 1.565 empresas adotaram compromissos de neutralidade em emissões, metade delas indicando que as compensações de carbono serão parte integrante de sua estratégia de transição. De acordo com o Banco Mundial, 75% dos créditos independentes ainda a serem emitidos têm compradores na fila. Embora menor que a demanda voluntária, a demanda por créditos para tributação de carbono ou obrigações de conformidade com o ETS também é crescente, vide recente início da operação do mercado de carbono chinês em julho de 2021, um ETS nacional com cobertura de 40% das emissões do país (WORLD BANK, 2021a). No entanto, questões profundas permanecem sobre a escala limitada e a eficácia do esquema inicial de comércio

de emissões, incluindo o baixo preço³¹ atribuído à poluição. Inicialmente, o mercado abrangerá 2.225 produtores de energia, responsáveis por lançar aproximadamente 13,92 bilhões de CO₂e na atmosfera em 2019 (EUROACTIV, 2021).

Um estudo examinou as tendências de emissões e oportunidades de redução de 2020 até 2035 em 28 países membros da UE e 34 outros países. Seu modelo inclui os setores de energia, transporte, indústria e silvicultura e uso do solo. Além disso, foi realizada a classificação dos países em relação à sua importância em termos de emissões, na qual a importância do Brasil fica clara (PIRIS-CABEZAS; LUBOWSKI; LESLIE, 2019).

Este estudo indica ainda que os sistemas globais de comércio de emissões (ETS) podem melhorar o cumprimento das metas de emissão além de serem mais econômicos do que o esperado. Até o momento, cada Sistema de Comércio de Emissões (ETS) impulsionou o aumento dos custos de mitigação em suas localidades, enquanto sistemas globais proporcionariam estabilidade aos custos de mitigação e quase o dobro do valor de resultados de mitigação em comparação com valores de mercados não internacionais.

A prevenção do desmatamento foi identificada como o principal fator para ganhos de ambição. Incluir REDD+ (sigla em inglês para *Reducing Emissions from De-*

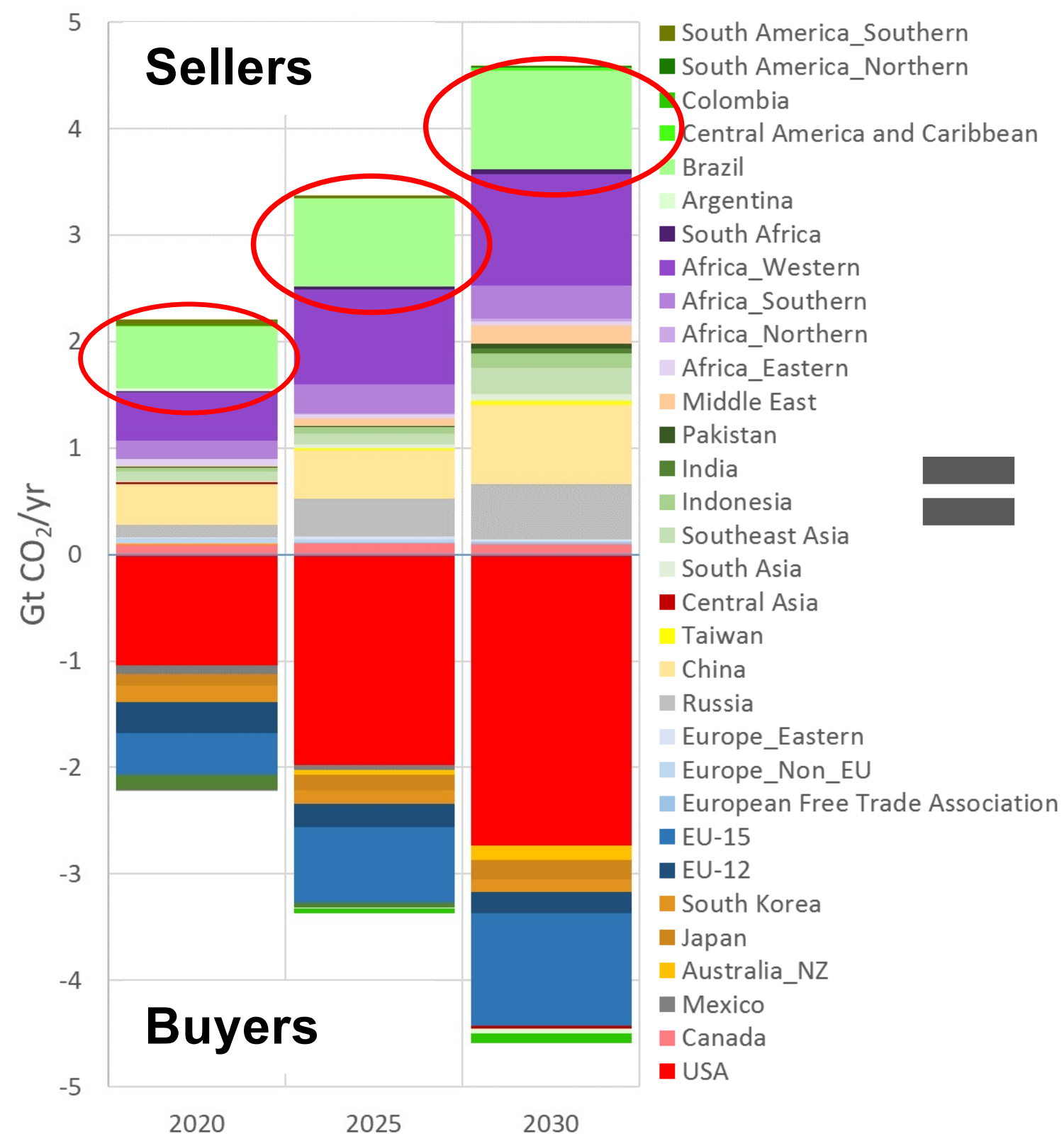
forestation and forest Degradation) para o comércio global produz o maior potencial de economia de custos. REDD+ tem a capacidade de abastecer o mercado global com reduções de baixo custo, 55% das oportunidades custo-efetivas globais entre 2020-2035. No entanto, os benefícios potenciais ainda podem permanecer subestimados, visto que os pesquisadores não incluíram a emissão de outros gases além de CO₂ nas atividades agrícolas ou de reflorestamento e melhoria do manejo florestal. Por último, a economia geral de custos é de 96% referente ao comércio internacional, enquanto apenas 4% são baseados no comércio doméstico. Portanto, o Brasil pode desbloquear uma grande oportunidade no comércio de créditos de carbono evitando o desmatamento por meio de REDD+ (PIRIS-CABEZAS; LUBOWSKI; LESLIE, 2019).

Outro estudo apontou que a implementação do Artigo 6.2 do Acordo de Paris abriria a possibilidade de redução de até US\$ 320 bilhões para o atingimento das NDCs, de forma cooperativa, dos países signatários do Acordo em 2030. Isso se daria partir de reduções de emissões da forma mais custo-efetiva, de modo que os países em condições mais desfavoráveis neste aspecto comprariam resultados de redução de emissões de países em condições mais favoráveis (IETA; UNIVERSITY OF MARYLAND; CPLC, 2019). A exemplo da parceria entre Peru e Suíça, descrita no capítulo de Contextualização, destaca-se que a parceria entre países por meio de um ITMO pode facilitar o

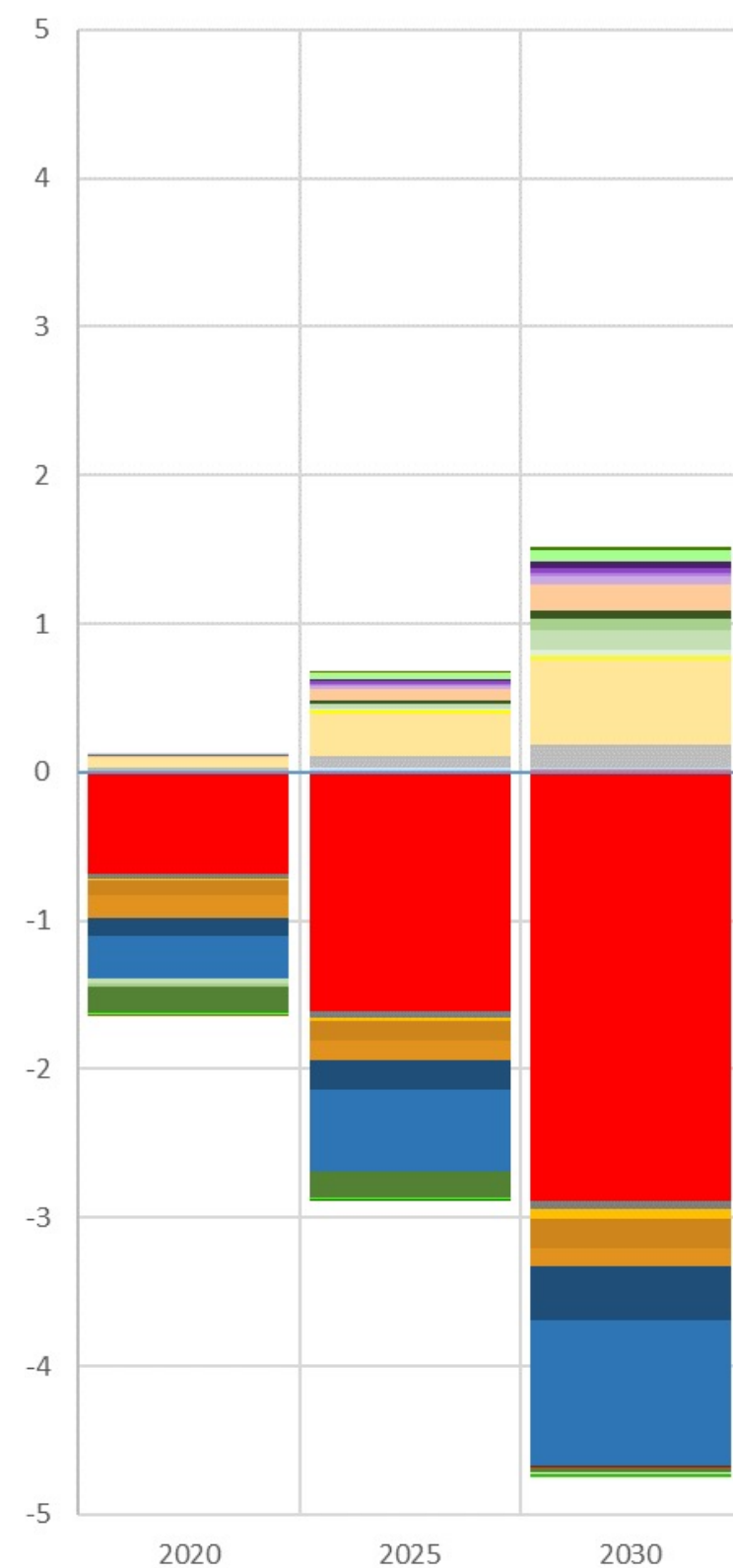
cumprimento das metas climáticas de cada um, além de trazer ganhos econômicos e bem-estar social uma vez que seus projetos tenham ações de monitoramento, relato e a verificação das reduções de GEE acordados entre as partes (COZIINSEN, 2020). A Figura 6, a seguir, explicita que o Brasil possui grande potencial em se tornar vendedor de resultados de redução de emissões, especialmente em um cenário com a inclusão do setor de mudança do uso do solo e florestas que apresenta quase que a totalidade desse potencial, podendo chegar a vender resultados correspondentes à redução de cerca de 1.000 MtCO₂ em 2030.

31. Segundo a Agência Reuters, no primeiro dia de negociação, a tonelada de carbono (tCO₂e) fechou o dia em 7,92 dólares, uma alta de 6,7% em relação ao preço de abertura. O governo chinês ainda está negociando a inclusão de outros setores no ETS como metalurgia, metais não-ferrosos e produtos químicos (REUTERS, 2021).

Buyers and Sellers under Article 6



Fossil Fuel and Industry



Land Use Change and Forestry

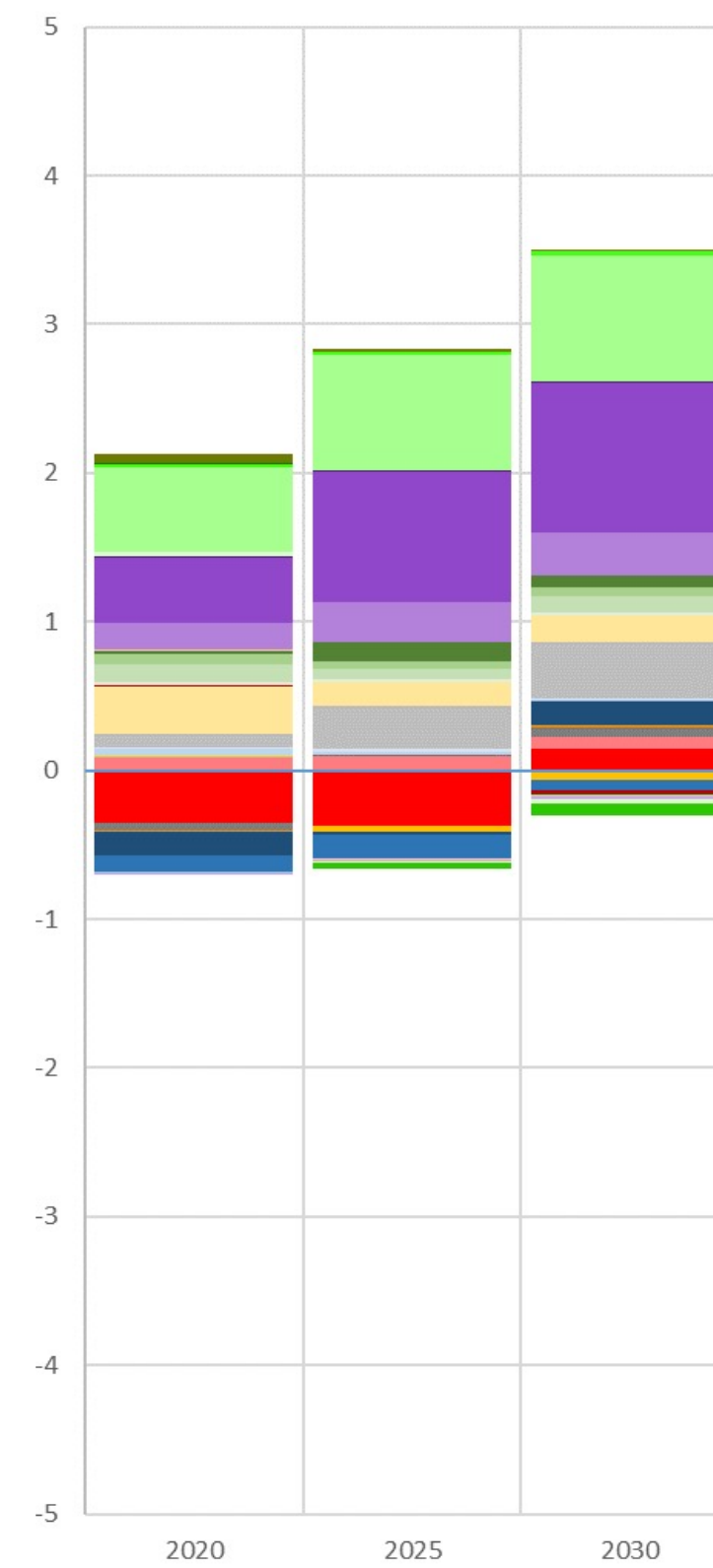


Figura 6: Potenciais compradores e vendedores de resultados de redução de emissões sob o Artigo 6
Fonte: De Clara (2021).

Em outro estudo, o Brasil tem a oportunidade de mitigar emissões para cumprir sua NDC a um custo total de redução de US\$ 26 bilhões. Esta previsão é baseada nos custos de oportunidade da redução do desmatamento e reduções de custo-benefício em outros setores. Com a implementação do Acordo de Paris, o Brasil poderia reduzir ainda mais suas emissões e se beneficiar da geração de receita do excedente de redução. Para capitalizar esta oportunidade de receita, o Brasil deve reduzir as emissões no curto prazo para capturar os preços futuros mais altos do carbono em seus novos contratos. Portanto, possíveis adiamentos da implementação de políticas se traduziriam em oportunidades monetárias perdidas. As projeções conservadoras dos preços futuros do carbono mostram que o Brasil poderia exceder suas metas existentes e gerar receitas substanciais negociando as reduções do excedente. O país poderia gerar um valor líquido positivo de US\$ 19 bilhões³² em valor presente de 2016 até 2030. Se o Brasil investir mais na obtenção de mais reduções de curto prazo, poderia capturar preços de carbono futuros mais elevados e gerar uma receita líquida adicional de US\$ 27 bilhões entre 2020 e 2030 e US\$ 40 bilhões entre 2030 e 2035 (ENVIRONMENTAL DEFENSE FUND, 2016). Assim, como essa negociação de excedentes de redução de emissões em relação à meta da NDC se configura dentro do escopo do mecanismo do artigo 6.2, esses números destacam as oportunidades que o Brasil tem em atingir a meta de sua NDC em curto prazo e com a formação de um ITMO brasileiro.

32. Desconsiderando o custo de restauração para 12 milhões de hectares, pois, segundo o estudo o custo líquido de reflorestar esta área é incerto e variaria de cenários com custos negativos a cenários com custos líquidos de até \$ 9 bilhões, dependendo da taxa de desconto e das premissas subjacentes.

BARREIRAS PARA O MERCADO DE CARBONO

1 MERCADOLÓGICA: ESTRUTURA DE MERCADO E O PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE CRÉDITO DE CARBONO



O mercado voluntário ganhou força e, atualmente, é a opção para projetos realizados no Brasil, entretanto com as negociações em torno do Artigo 6 de Paris, CORSIA e expectativa de regulação do mercado brasileiro, o movimento pode mudar (MARKESTRAT *et al.*, 2020). Entretanto, os custos vinculados ao processo de certificação do crédito de carbono são altos e demandam um volume grande de crédito de carbono que compense esse investimento adicional aos

custos de implementação do projeto, muitas vezes viáveis apenas para grandes empresas com disponibilidade de capital para tal investimento. O Quadro 2, abaixo, resume estimativas de custos fixos de certificação envolvidos em um projeto de crédito de carbono no mercado voluntário. O valor mínimo anual de redução para viabilizar um projeto seria de 15.000 tCO₂e considerando o preço médio de 5 US\$/tCO₂e.

Quadro 2: Custos aproximados de um projeto de crédito de carbono registrado

Informação	Valor
Custo de Elaboração de Documentação de Projeto	Específico por projeto
Potencial de redução anual mínimo para viabilidade financeira (tCO ₂ e)	15 mil
Custo de Validação (US\$)	30 mil a 40 mil
Custo de Abertura de Conta (US\$)	500
Custo de Registro (US\$)(1)	10 mil + taxa anual
Custo de Verificação (US\$)(2)	30 mil
Custo de Manutenção (3)	Específico por projeto
Custos de Monitoramento	Específico por projeto
Custo de emissão de crédito (US\$/crédito)(4)	US\$ 0,025 a 0,30 a depender do programa, período creditício e quantidade de créditos

Fonte: Elaboração própria.

Notas:

- (1) Valor teto para registro;
- (2) Para projetos florestais, sugere-se que a verificação seja realizada a cada 5 anos;
- (3) Valor por projeto para manter o necessário para o monitoramento;
- (4) Um crédito corresponde a 1 tCO₂e.

A certificação traz maior confiabilidade, mas também algumas barreiras para o processo de geração de créditos. A opção de não certificar créditos de carbono, embora tenha menor investimento comparado e menor custo do crédito gerado, promove a redução do custo de oportunidade e necessita de monitoramento e auditoria para conferir credibilidade e de metodologias e métodos que comprovem adicionalidade resultando na mesma rigidez, mas sem o selo. Já a geração com um padrão, apesar de dar mais credibilidade à operação e proporcionar mais oportunidades de mercado e experiência pensando em atender o mercado regulado, resulta em um processo mais lento, custoso – conforme Quadro 2- e burocrático, dependendo de sua complexidade.

Além do mais, cada padrão possui características próprias que podem influenciar na complexidade dos processos. Comparando os padrões VCS e Gold Standard, muito reconhecidos no mercado de carbono mundial, pode-se considerar que: o VCS, que atua apenas no mercado voluntário, tem menor complexidade e flexibilidade, não possui cobenefícios diretamente atrelados³³, é mais rápido e tem menor custo; enquanto o Gold Standard é mais completo, com cobenefícios, e possibilita a atuação nos mercados regulado e voluntário, o que lhe proporciona um processo mais complexo e burocrático e maior de custo. A escolha entre

os tipos de padrão depende do grau de exigência dos potenciais compradores. Geralmente, no Brasil não há uma condição para a certificação para os compradores desde que seja por um padrão reconhecido, o mercado americano aceita bem o VCS e o europeu o Gold Standard (MARKESTRAT *et al.*, 2020).

Além dessa barreira, outros desafios permanecem para o mercado voluntário. Os créditos de carbono não são semelhantes e, geralmente, os de alta qualidade dificilmente estão disponíveis. Se esses créditos de alta qualidade forem escassos, as empresas podem perder a confiança nas soluções de mitigação oferecidas resultando em redução da demanda. Essa condição é semelhante à demanda do Artigo 6 do Acordo de Paris em que a demanda depende muito da segurança da estrutura de contabilidade implementada. Tal fato é explicitado pelas 21 iniciativas-piloto do Artigo 6 que estão em vigor para desenvolver capacidades, estabelecer a infraestrutura necessária e facilitar as transferências entre países parte do Acordo de Paris (WORLD BANK, 2021a).

A escassez desses créditos de alta qualidade se deve à variação das metodologias de contabilidade e verificação de tipo de crédito e à rara definição de seus cobenefícios, que também pode proporcionar o aumento do tempo de finalização do

projeto. Há selos que podem ser agregados aos créditos e dar maior credibilidade valorizando os projetos (VERRA, 2021b).

A complexidade dos projetos de carbono é uma barreira, pois há critérios de avaliação determinantes para a elegibilidade dos projetos que precisam ser considerados. São eles (CAREPA, 2021):

- I. a aderência às metodologias registradas, determinante para apuração do volume de créditos;
- II. a comprovação da adicionalidade, para garantir que o benefício proporcionado por essa atividade realmente tenha um diferencial significativo nos aspectos ambiental, econômico-financeiro e de implantação;
- III. a temporalidade, que traz diversas travas com destaque para o alinhamento entre a intenção efetiva de geração dos créditos e implantação dos projetos;
- IV. a confiabilidade, comprovada meticulosamente por verificações tanto dos próprios organismos de registro quanto da 3ª parte autorizada;
- V. e a conferência dos stakeholders, comprovando os impactos diretos às partes interessadas e a própria aplicabilidade de seu registro para geração de créditos.

Há ainda uma tendência de que os projetos tenham cada vez mais complexidade metodológica para assegurar a qualidade dos créditos. No caso

das soluções baseadas na natureza, considera-se como principais barreiras ao investimento em escala a preocupações com a integridade ambiental em torno da permanência, a adicionalidade, as linhas de base e a falta de um padrão internacional de contabilidade de créditos (IETA, 2021). Destaca-se que a adicionalidade depende do conjunto de receitas e custos de projetos, assim como do contexto do projeto no território que será implementado. Portanto, a existência de receita no projeto não impede a adicionalidade.

Cada setor possui particularidades quanto a complexidades metodológica dos projetos. O setor agropecuário, por exemplo, apesar das grandes oportunidades relacionadas à escala, enfrenta desafios relacionados à medição e monitoramento (KARL PLUME, 2021). Já os projetos florestais, quanto à sua temporalidade, devem ser registrados em até 5 anos de seu início de implantação para que seus créditos tenham elegibilidade junto ao VCS (CAREPA, 2021).

33. Porém permite certificações adicionais nesse sentido.

2

POLÍTICA: ACORDO DE CONCEITOS



AJUSTE CORRESPONDENTE

Frente aos impasses da regulamentação do Artigo 6, um grupo de 32 países, composto por países em desenvolvimento e a maioria das nações da União Europeia, criou suas regras próprias de mercado, adotando os “Princípios de San José para Alta Ambição e Integridade nos Mercados Internacionais de Carbono (em inglês, *San José Principles - SJPs*)” durante a COP25 em 2019. Esses princípios têm o objetivo garantir a integridade ambiental do Acordo de Paris evitando a dupla contagem por meio de ajustes correspondentes nas NDCs e proibindo o uso de créditos do Protocolo de Quioto no Acordo de Paris (SE-ROA DA MOTTA, 2021a).

Box 22

Os Princípios de San José (SJPs)

- Garante a integridade ambiental e permite a maior ambição de mitigação possível;
- Oferece uma mitigação geral nas emissões globais, indo além das abordagens de neutralidade para ajudar a acelerar a redução das emissões globais de gases de efeito estufa;
- Proíbe o uso de unidades pré-2020, unidades e permissões de Quioto e quaisquer reduções subjacentes ao Acordo de Paris e outras metas internacionais;
- Garante que a contagem dupla seja evitada e

que todo uso de mercados para objetivos climáticos internacionais esteja sujeito aos ajustes correspondentes;

- Evita discussões em níveis de emissões, tecnologias ou práticas intensivas em carbono incompatíveis com o cumprimento da meta de temperatura de longo prazo do Acordo de Paris;
- Aplica metodologias de alocação e de linha de base que apoiam a realização da NDC do país e contribuem para a meta do Acordo de Paris;
- Usa a equivalência de CO₂ para relatar e contabilizar as emissões e remoções, aplicando integralmente os princípios de transparência, precisão, consistência, comparabilidade e integridade;
- Usa infraestrutura e sistemas centralizados e publicamente acessíveis para coletar, rastrear e compartilhar as informações necessárias para uma contabilidade robusta e transparente;
- Garante incentivos para progressão e apoia todas as Partes na direção de metas de emissão para toda a economia;
- Contribui com recursos financeiros quantificáveis e previsíveis para cobrir os custos de adaptação em países em desenvolvimento que são particularmente vulneráveis aos efeitos adversos das mudanças climáticas;
- Reconhece a importância do desenvolvimento de capacidades para permitir a participação mais ampla possível das partes nos termos do Artigo 6;
- Reconhece a importância do Artigo 6.8 no apoio às partes na implementação de seus PADs por meio de abordagens não mercantis (DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO, 2019).

Os países do SJP incluem Reino Unido, Suíça, Suécia, Alemanha, França e Espanha que são historicamente os principais compradores de créditos de carbono do Brasil na vigência do Protocolo de Quioto (MDL). Logo, **uma posição brasileira contrária aos SJP traz alto risco para a comercialização dos créditos nacionais no novo mecanismo.** A adesão aos Princípios de San José pode orientar e viabilizar a inclusão das soluções climáticas com base na natureza na regulamentação do Artigo 6 do Acordo de Paris. **A não aceitação dos ajustes correspondentes no mecanismo do Artigo 6.4 ameaça à integridade ambiental do Acordo de Paris, prejudicando a reputação do país, além de criar barreiras complexas de adicionalidade** (SEROA DA MOTTA, 2021a).

Para não haver perdas de competitividade para o Brasil com a questão contábil referente ao ajuste correspondente e as regras para a transferência de créditos, o país depende o preço futuro de vendas de CERs seja superior a US\$ 39/tCO₂ e do cumprimento integral da NDC brasileira, com suas medidas adicionais e foco para o desmatamento ilegal zero (CNI, 2020).

Há também a preocupação com a transferência internacional de resultados da mitigação de emissões oriundas de *offsets* de REDD+ no âmbito da NDC brasileira. No Acordo de Paris, o REDD+ está regulamentado pelo Artigo 5, que se refere às ações para conservar os reservatórios de gases de efeito estufa, dentre os quais estão as florestas, mas não há de-

finição em relação à elegibilidade das iniciativas de REDD+ no âmbito do Artigo 6. Caso o REDD+ seja incluído dentre os mecanismos do Artigo 6, é esperada como consequência a redução da capacidade doméstica de mitigação de emissões em função da transferência internacional de resultados REDD+ (EPE, 2020). Como redução de emissões desse setor de Florestas é geralmente considerada de baixo custo de implementação em relação a outros setores, um país anfitrião precisa avaliar sua disposição para transacionar internacionalmente *offsets* de REDD+ uma vez que poderão ser necessários não apenas recursos do REDD+ pela preservação e conservação de florestas, mas também de outras ações com maiores custos marginais de abatimento para atingir as metas de sua própria NDC (EPE, 2020). Entretanto, no caso de não cumprimento da NDC, deverá haver cuidados adicionais com impactos em outros setores, como a indústria, na qual eventuais ajustes correspondentes relacionados aos *offsets* de REDD+ poderiam proporcionar o aumento de custos e perda de competitividade, provocando um maior esforço de mitigação não previsto (CNI, 2020).

Especificamente em relação a competitividade de setores, é essencial que haja clara governança climática estabelecida nacionalmente para que a contabilização nacional de cumprimento da NDC e das conexões entre os diversos projetos de crédito de carbono via Artigo 6.2, 6.4 e do mercado voluntário possam oferecer segurança aos compradores,

transparência ao sistema e resultem em reduções reais de GEE, mantendo a integridade ambiental.

No que tange o Artigo 6, como todos os países signatários do Acordo de Paris têm metas próprias de redução de emissões de GEE, ao acordar na venda de ITMOs, os governos precisarão atentar para não aprovar transferências de redução de emissão necessárias ao cumprimento de NDC de seus próprios países. Ou seja, será fundamental aprofundar o conhecimento dos esforços de mitigação necessários para cumprir a NDC, os custos para alcançá-las e como essa equação se traduz em intervenções de mitigação específicas, para não comprometer suas próprias metas devido à venda excessiva de ITMOs (EPE, 2020).

TRANSIÇÃO DE QUIOTO PARA PARIS

O Brasil, que hospeda projetos de MDL ainda em andamento, demanda que se permita uma transição dos créditos de projetos de MDL, suas metodologias e unidades para o regime do Acordo de Paris com o intuito de proporcionar segurança aos investimentos realizados nesses projetos no âmbito do Protocolo de Quioto. Entretanto, outros países temem que uma transição completa possa minar a ambição do regime climático internacional, permitindo que as metas sejam cumpridas sem esforço adicional efetivo visto a existência de um estoque de créditos pré-2020 (EPE, 2020). A transição com-

pleta proporcionaria uma oferta potencial de créditos de MDL muito grande em relação à demanda estimada, o que levaria a preços de créditos muito baixos e menor interesse do setor privado prejudicando o mecanismo do Artigo 6.4 desde seu início (EVANS; GABBATISS, 2018). Assim, essa transição terá que ser ajustada e temporária, com vencimento dos créditos de carbono gerados no MDL para o Acordo de Paris, para não se tornar outro risco comercial e reputacional, uma vez que os principais compradores de créditos de carbono estão dentro do SJP e não aceitam a inclusão desse tipo de crédito (SEROA DA MOTTA, 2021a).

O Brasil tem ainda defendido que princípios que se referem ao mecanismo do Artigo 6.4 também sejam incluídos no ITMO, de forma a garantir os mesmos objetivos de ambição e financiamento para ambos os instrumentos. São eles: o princípio da mitigação geral das emissões globais (OMGE) para aumentar a ambição do Acordo e o princípio descrito no Artigo 6.6, que estabelece que uma parte das receitas nas transações do mecanismo seja utilizada para financiamento de atividades de gestão do Artigo 6; e adaptação de países vulneráveis, chamado Repartição De Fundos (SOP, em inglês, *Share of Proceeds*). O aumento de preço resultante da adoção desses princípios nas transações nos dois instrumentos seria vantajoso para os países onde a obtenção de reduções excedentes à meta da NDC custaria mais que em países com NDCs menos ambiciosas (SEROA DA MOTTA, 2021a).

3 ECONÔMICA



TENDÊNCIA DOS GREEN DEALS

Outra barreira que o Brasil pode enfrentar é a pressão dos *Green Deals* sobre seus parceiros comerciais. Os *green deals* são planos para transição para uma economia sustentável anunciados por potências econômicas mundiais dos quais destacam-se o *Green Deal* Europeu e o Americano. Em especial, esses planos dão as diretrizes para a transição de baixo carbono, com metas para os anos de 2030 e 2050, através de mecanismos regulatórios e de mercado.

O *Green Deal* Europeu é, por enquanto, o mais avançado em termos de proposições para as políticas de transição, prevendo uma redução entre 50 e 55% dos GEEs emitidos em 1990 até o ano de 2030. Como propostas, o Comitê Europeu analisa a ampliação da precificação de carbono além dos setores abrangidos pelo ETS atual, como a inclusão dos setores de construção civil e transportes; a intensificação geral de eficiência energética; maior uso de energias renováveis; intensificação, flexibilidades e um escopo mais amplo da legislação sobre Uso do Solo, Mudança do Uso do Solo e Setor Florestal. A depender do sucesso e das interações dessas políticas implementadas, segundo estimativas do Comitê, o preço da tonelada de carbono

pode ficar entre 32 e 65 euros em 2030 (COMISSÃO EUROPEIA, 2020b). Para que essas metas sejam alcançadas, o Acordo de Paris e uma forte diplomacia e liderança internacional serão os principais instrumentos utilizados. No contexto internacional, um mecanismo proposto para reduzir as emissões na União Europeia é o mecanismo de ajuste de carbono na fronteira, o CBAM, da sigla em inglês, instrumento que impõe a taxação de produtos importados de jurisdições com política climática mais permissiva, como tentativa de evitar o *carbon leakage*³⁴ (COMISSÃO EUROPEIA, 2020a).

De acordo com a proposta divulgada, os importadores deverão fornecer dados de emissão das mercadorias, assim como o cálculo para estimar essas emissões. A taxa sobre o carbono emitido deverá cobrir as emissões diretas e indiretas através de certificados digitais que representam uma tonelada de CO₂ embutido no produto importado.

Hoje, o Brasil não está entre os mercados afetados pelo CBAM, que iniciará a fase de transição em 2023 e durar até 2026, contemplando os setores de aço, ferro, alumínio, cimento, fertilizantes e eletricidade. No final do período de transição, a Comissão Euro-

34. Fenômeno no qual as empresas migram para países com regras ambientais mais permissivas na tentativa de reduzir os custos associados à redução de emissões de gases de efeito estufa.

peia avaliará se deve aumentar a cobertura setorial do CBAM, incluindo mais produtos e se cobrirá as emissões indiretas (COMISSÃO EUROPEIA, 2021). Segundo Moreira (2021), o maior risco para o Brasil seria no mercado de polpa de celulose, já que o país é o segundo maior exportador dessa mercadoria para a Europa, com 44% das importações europeias em 2019.

Além da União Europeia, os Estados Unidos também não descartam a possibilidade de utilizar o CBAM: de acordo com a Agenda de Política Comercial de 2021 divulgada em março, o governo americano afirma que pretende trabalhar com parceiros comprometidos com o combate às mudanças climáticas, incluindo a exploração e o desenvolvimento de abordagens regulatórias e de mercado para abordar as emissões de gases de efeito estufa no sistema de comércio global, conforme apropriado às abordagens domésticas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos EUA, considerando, inclusive, o uso de ajustes de fronteira de carbono (U.S. TRADE REPRESENTATIVE, 2021). Posteriormente, em julho de 2021, a ideia foi endossada pelo senador republicano Jeff Merkey que afirmou que há muito suporte para a ideia com o propósito do imposto financiar o pacote de recuperação econômica. A proposta, no entanto, ainda não é consensual no governo, dada a declaração do representante do EUA para o cli-

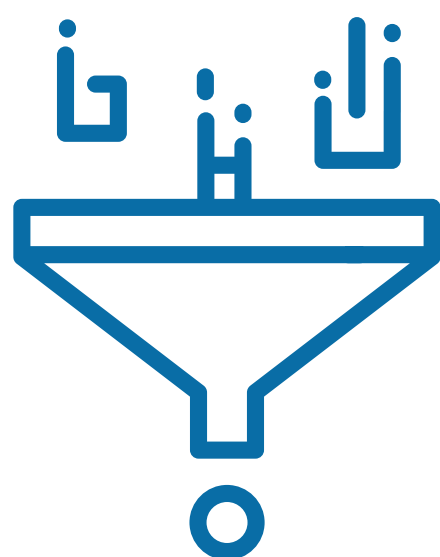
ma, John Kerry, alertando que esse deveria ser um último recurso para a política climática (TAYLOR, 2021).

Para o Brasil, o risco é que essas políticas afetem a competitividade do país frente à concorrência estrangeira, dado que haveria um aumento no preço dos produtos exportados (UNCTAD, 2021). Adicionalmente, a possível criação de “Clubes Climáticos”, conforme defendido por William D. Nordhaus, como um mecanismo para reduzir o “efeito carona” pode impactar negativamente o comércio de países com regulação climática mais permissivas (NORDHAUS, 2015). Em setores não abrangidos inicialmente pelo CBAM europeu, já há movimentos pressionando para que o Brasil tenha regulamentações mais rígidas, como no setor florestal, em que o Conselho de Manejo Florestal (Forest Stewardship Council), enviou uma carta aberta para o setor com a finalidade de incentivar o mercado de madeira de origem sustentável certificada no Brasil e informar as necessidades atuais e esperadas do mercado europeu (FSC, 2021).

Um mecanismo de ajuste de fronteiras para o Brasil foi considerado por Appy, Watanabe Jr. e Kishinami (2016), ressaltando o risco de que esse mecanismo seja entendido como medidas protecionistas na Organização Mundial de Comércio, mas que o risco poderia ser mitigado com uma

demonstração tecnicamente consistente de que os valores cobrados nas importações (e/ou resarcidos nas exportações) correspondem efetivamente ao impacto da tributação de carbono. Idealmente, o tributo deveria ainda corrigir distorções atuais do sistema tributário brasileiro, sem causar impacto fiscal e sem onerar ainda mais o setor produtivo. Em agosto de 2020, os economistas Bernard Appy e Ana Paula Vescovi voltaram a defender uma tributação do carbono em evento promovido pelo jornal Valor Econômico (VALOR ECONÔMICO, 2020).

ANÁLISE E PRIORIZAÇÃO



Para atuar nos mercados de carbono, todos os setores produtivos têm opções com custos de abatimento negativo, com exceção do subsetor industrial de alumínio, e trazem oportunidades para as cadeias produtivas como aumento no número de empregos, fortalecimento de elos das cadeias produtivas e diversificação das atividades econômicas, além de cobenefícios associados. Ainda, **analisando-se a relação custo-efetividade das medidas de mitigação, há destaque para os setores Agropecuário e Florestal por seus altos potenciais, 2.419 e 2.565 MtCO₂e, e baixos custos de abatimento, entre -1978,00 e 1,99 e entre -0,38 e 9,22 US\$/tCO₂e, respectivamente** (BRASIL, 2017a).

Dessa forma, pode-se dizer que as melhores oportunidades de geração de créditos estão nos setores Agropecuário e de Florestas com as estimativas de mitigação entre 10 e 90 MtCO₂e e entre 75 e 660 MtCO₂e respectivamente, demonstrando a relevância das soluções baseadas na natureza para o Brasil. No setor agropecuário, há estimativas de investimento de cerca de R\$ 25 bilhões para recuperar 12 milhões de hectares de pastagens degradadas com retorno em cerca de 6,5 anos (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020). Também há estimativas de aumento na receita líquida até 2050 de US\$ 9,8 bilhões em relação à adoção de sistemas de plantio direto com a expansão de 1,2 Mha da área; de US\$ 1,7 bilhão com o uso de uso da

fixação biológica do nitrogênio (FBN) em área de 8,8 Mha; e de US\$ 8,9 bilhões para estratégias de sistemas integrados (BRASIL, 2017a). O setor florestal pode alcançar taxas de retorno sobre o investimento entre 13% e 28% quando ocupa somente pastagens com níveis máximos de degradação (WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY, 2020).

Há ainda diversos benefícios socioeconômicos associados a oportunidades de geração de créditos de carbono para estes setores. O setor Florestal propicia a diminuição de erosões, manutenção na biodiversidade local e aprimoramento da qualidade, disponibilidade da água. Este setor é ainda responsável pela geração de aproximadamente 7 milhões de empregos no Brasil (CNI, 2021a). Os parques possuem potencial de contribuir com R\$ 44 bilhões para a economia brasileira proporcionando a criação de 88 mil empregos (CNN, 2021). Este setor produz ainda efeitos positivos à saúde humana relacionados com a redução de desmatamentos e queimadas e com o ecoturismo. Pela natureza deste setor é importante destacar a relevância da participação de populações indígenas e tradicionais diretamente afetadas em discussões acerca dos projetos de carbono florestal sendo incluídas nas consultas a partes interessadas (CEBRI, 2021). O setor Agropecuário também tem como cobenefícios a redução da pressão sobre o desmatamento por meio da diversificação das atividades econômicas, que proporciona novas fontes de renda aos produtores rurais, além da melhoria da qualidade das condições de trabalho no campo, aumento da eficiência produtiva, recuperação do potencial produtivo em áreas degradadas, garan-

tir a competitividade entre os principais fornecedores agrícolas internacionais, o fortalecimento de pequenos produtores e a contribuição para a segurança alimentar de famílias.

Há ainda oportunidades no âmbito do Artigo 6 para o setor de Energia dependendo do que for definido no escopo dos tipos de projeto aceitos em seus mecanismos, já que desde 2020, este setor não apresenta elegibilidade para o mercado voluntário. Destacam-se dentro deste setor as cadeias de biocombustíveis e de fontes renováveis de geração elétrica, pelas vantagens logísticas e segurança energética, e a geração de novos empregos com quase 839 mil novos empregos com a geração de biocombustíveis (IRENA, 2019), 166 mil com a geração de energia solar desde 2012 (ABSOLAR, 2021a) e 498 mil por ano para a geração de energia eólica entre 2011 e 2019 (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Neste sentido, o biogás e recuperação energética agregam valor aos resíduos de outros setores.

Estima-se que através da compra de Certificados de redução de emissão de GEE (CERs) a partir de projetos de MDL em todo o seu portfólio, 8,74 milhões de pessoas ganharam acesso à energia renovável, 14.500 novas oportunidades de trabalho foram criadas e 1,31 milhões pessoas, principalmente mulheres e crianças, estão se beneficiando de melhor qualidade do ar, entre outros cobenefícios. Cerca de 40% dos projetos de MDL engajavam com comunidades locais, levando à geração de empregos, promoção da educação e melhores condições de vida. Além disso, 27% desses projetos geram benefícios financeiros para a economia lo-

cal e regional. Assim como projetos de MDL, projetos no âmbito do Artigo 6 e no mercado voluntário também tem o potencial de gerar grande impacto positivo na sociedade brasileira por meio de seus cobenefícios socioeconômicos (UNFCCC, 2018).

Estes setores citados acima foram priorizados nesta análise, uma vez que os setores Agropecuária e Florestas apresentam maiores potenciais de abatimento e melhores relações custo-efetividade e o setor de Energia apresenta um potencial de mitigação mapeado para o Brasil que contém inovação tecnológica a ser explorada. Portanto, foi feita uma estimativa do potencial de geração de créditos do Brasil para esses setores considerando o contexto atual de crescimento do mercado voluntário e a regulamentação do Artigo 6 do Acordo de Paris. **Estimou-se, por meio de uma projeção baseada nos dados do VCS, que o Brasil teria um potencial de gerar créditos de carbono entre 107 e 1.000 MtCO₂ e para 2030, aproximadamente entre 30 a 300 vezes a emissão da cidade de Belo Horizonte no ano de 2020 (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2021) para estes setores, gerando receitas entre US\$ 493 milhões e US\$ 100 bilhões.**

Desta forma, entende-se que tal potencial poderia se dar em três diferentes mercados de carbono: I. no mercado voluntário, cujo potencial é estimado entre 80 e 750 MtCO₂ e para 2030, já que os valores para o setor de Energia são desconsiderados devido a sua não-elegibilidade a partir de 2020 e do residual ser irrisório; II. no mecanismo do Artigo 6.4, cujo potencial é estimado entre 107 e 1.000 MtCO₂ e para 2030 levan-

do em conta que a parcela de créditos para o setor de energia seria a semelhante a do VCS até 2019 com a ressalva de que os tipos de projeto aceitos seriam relacionados à inovação nesse setor; III. e o mecanismo do Artigo 6.2, que poderia servir como meio para a transação dos resultados de redução de emissões (mitigação) dos projetos relacionados aos mesmos setores citados do mecanismo do 6.4, uma vez que, além de incluir resultados de projetos e de implementação de políticas públicas, poderiam englobar diferentes tamanhos de projetos (pequena, média e grande escala); sendo possível consolidar projetos de empreendedores privados menores em grandes pacotes que irão compor o ITMO, de modo que este mecanismo de mercado teria uma potencial oferta maior que nos dois outros mecanismos.

Já na demanda por créditos, considera-se as metas da NDC dos países, mercados de carbono regulados e a demanda proveniente dos compromissos voluntários, que tende a crescer com o aumento das metas de compensação de zero emissões líquidas por empresas privadas. **Para a demanda global, estima-se 4.500 MtCO₂ por ano (IETA; UNIVERSITY OF MARYLAND; CPLC, 2019), cujo valor pode ser entendido como a demanda dos mecanismos do Artigo 6 . Para a demanda voluntária anual por créditos de carbono estima-se de 1.500 a 2.000 MtCO₂ em 2030 e de 7.000 a 13.000 MtCO₂ em 2050, dependendo do cenário de preços (BLAUFELDER; LEVY; PINNER, 2021).**

Além disso, há oportunidades claras para o Brasil com a negociação de excedentes de redução de emissões



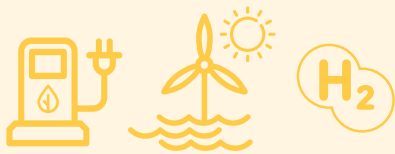
em relação à meta da NDC, que se configura dentro do escopo do mecanismo do artigo 6.2, com um potencial de venda de até 1.000 MtCO₂ em 2030 (DECLARA, 2021). Estima-se que o país poderia gerar um valor líquido positivo de US\$ 19 bilhões até 2030 com essa venda de excedentes de redução de emissões e, caso invista na obtenção de mais reduções de curto prazo, poderia capturar preços de carbono futuros mais elevados e gerar uma receita líquida adicional de US\$ 27 bilhões entre 2020 e 2030 e US\$ 40 bilhões entre 2030 e 2035. Considera-se ainda que a estimativa do custo de mitigar emissões para cumprir a NDC brasileira é de US\$ 26 bilhões, baseado nos custos de oportunidade da redução do desmatamento e reduções de custo-benefício em outros setores (ENVIRONMENTAL DEFENSE FUND, 2016). Para aproveitar essas oportunidades no Brasil, é preciso planejar estratégias para atingir as metas da sua NDC em curto prazo e organizar o conjunto de ações e atividades e/ou projetos que formariam um ITMO brasileiro robusto e atrativo para países potenciais parceiros.

No entanto, há barreiras mercadológicas a serem enfrentadas no que tange à escassez de créditos de alta qualidade, a certificação dos créditos e o crescente rigor quanto à complexidade dos projetos de créditos de carbono. Para proporcionar melhor gestão com maior confiabilidade na geração de créditos no Brasil, considera-se a importância do fortalecimento da governança institucional, presença de sistemas MRV integrados e a definição dos papéis dos governos subnacionais.

Para além dos desafios do mercado, deve-se considerar ainda os impasses da regulamentação do Artigo 6 que podem refletir nas relações comerciais do Brasil com seus principais parceiros comerciais em projetos de créditos de carbono e a tendência dos *green deals* de utilizar ajustes de fronteira que pode impactar as exportações brasileiras.

Sendo assim, os setores de agropecuária e florestas são indicados para atuação nos mecanismos do Artigo 6 e no mercado voluntário e o setor de energia para atuação nos mecanismos do Artigo 6. O quadro 2, abaixo, traz uma análise do potencial da oferta setorial de créditos de carbono e o resumo de seus cobenefícios associados. Nele, é possível perceber quais potenciais os mecanismos do Artigo 6 e o mercado de carbono têm, comparativamente, dentro de cada setor indicado neste relatório. Em especial, destaca-se os maiores potenciais do mecanismo do Artigo 6.2 em relação ao do Artigo 6.4 que devem ser levados em consideração no planejamento nacional de atuação em mercados de carbono no âmbito do Acordo de Paris.

Quadro 3: Potencial da Oferta Setorial de Créditos de Carbono (não exaustivo)

Potencial de oferta setorial	Artigo 6.2	Artigo 6.4	Mercado Voluntário	Cobenefícios
	Resultados de Mitigação (tCO ₂ e)	Reduções Certificadas de metodologias a definir (tCO ₂ e)	Reduções Certificadas de metodologias de padrões aprovadas (tCO ₂ e)	
 <p>AGROPECUÁRIO</p> <p>(ILPF; ILP; FBN; Recuperação de Pastagens degradadas); Tratamento de Dejetos Animais)</p>	<p>▲ Alto Potencial</p> <p>Justificativa: Baixos custos de abatimento; tendência nos planos e programas governamentais que estimulam a geração de créditos. Ex: Plano ABC+.</p>	<p>◓ Médio Potencial</p> <p>Justificativa: Poucos projetos com adicionalidade, porém há uma alta demanda por créditos de projetos NBS em países em desenvolvimento.</p>	<p>▲ Alto Potencial</p> <p>Justificativa: Preferência por <i>offsets</i> advindos de NBS em países em desenvolvimento, aliado ao baixo custo de abatimento.</p>	<p>Geração de Receita (até US\$ 9,8bi em recuperação de pastagens; US\$ 1,7bi em FBN e US\$ 8,9 bi em sistemas de ILP e ILPF); Geração de Empregos; Aumento da Produtividade; Fortalecimento de pequenos produtores; Aumento da Segurança Alimentar; Aumento da Biodiversidade.</p>
 <p>FLORESTAS</p> <p>(Manejo Florestal; Reflorestamento)</p>	<p>▲ Alto Potencial</p> <p>Justificativa: Baixos custos de abatimento; tendência nos planos e programas governamentais que estimulam a geração de créditos. Ex: Floresta +, Floresta + Carbono, PNPSA.</p>	<p>◓ Médio Potencial</p> <p>Justificativa: Poucos projetos com adicionalidade, porém há uma alta demanda por créditos de projetos NBS em países em desenvolvimento.</p>	<p>▲ Alto Potencial</p> <p>Justificativa: Preferência por <i>offsets</i> advindos de NBS em países em desenvolvimento, aliado ao baixo custo de abatimento.</p>	<p>Geração de Receita (até R\$ 44bi em parques florestais); Geração de Empregos (7 milhões de empregos gerados atualmente; até 88 mil empregos em parques florestais); Aumento da Produtividade; Aumento da Competitividade brasileira no cenário internacional; Aumento da Biodiversidade; Regulação do ciclo hidrológico e dos microclimas; Maior regularização fundiária; Aumento da Diversidade de produtos explorados em Unidades de Manejo Florestal; Possível Redução da incidência de doenças respiratórias;</p>
 <p>ENERGIA</p> <p>(Turbinas hidrocinéticas; Repotenciação das Usinas hidrelétricas; Usinas Eólicas Offshore; Usina Solar Flutuante; Cogeração; Etanol de Segunda Geração Hidrogênio Verde)</p>	<p>▲ Alto Potencial</p> <p>Justificativa: Possibilidade de inclusão de fontes alternativas diversas de energia.</p>	<p>◓ Médio Potencial</p> <p>Justificativa: presença de potencial de adicionalidade apenas em projetos de inovação tecnológica como a produção de hidrogênio verde, entre outros.</p>	<p>✘ Não se aplica</p> <p>Justificativa: Exclusão de energias renováveis nos padrões de certificação.</p>	<p>Geração de Empregos (cerca de 839 mil empregos na produção de biocombustíveis; 14,5 mil empregos gerados em projetos do MDL; 166 mil empregos na geração de energia solar; 498 mil empregos no setor de energia eólica); Aumento da Produtividade; Redução de Custos Operacionais; Segurança Energética.</p>
Risco de demanda	<p>◓ Médio Risco</p> <p>Apetite vinculado ao país comprador e aceitação de ajuste correspondente.</p>	<p>◓ Médio Risco</p> <p>Indefinição de tipo de projeto aceitos; aumento dos custos por crescente rigor metodológico e aceitação de ajuste correspondente.</p>	<p>▼ Baixo Risco</p> <p>Crescente rigor metodológico e complexidade metodológica.</p>	

Fonte: Elaboração própria, com base nas informações referenciadas ao longo do documento.

RECOMENDAÇÕES E MENSAGENS-CHAVE



Visto a oportunidade de atuação nos mercados de carbono globais e o destaque para os setores agropecuário, florestal e energético, entende-se que há um caminho a ser percorrido pelo governo brasileiro e pelo setor privado a fim de destravar e alavancar tais oportunidades de geração de receita, renda, saúde e bem-estar social. Dito isso e com base nas informações e discussões trazidas neste relatório, recomenda-se para o governo brasileiro:

- **Os pacotes de recuperação econômica pós-pandemia de Covid-19 devem incentivar o desenvolvimento sustentável e neutralidade de carbono** utilizando mecanismos de regulação e instrumentos de precificação de carbono, como nos países desenvolvidos. Destaca-se que mercados de carbono têm o potencial de destravar oportunidades financeiras para esses planos de recuperação e acelerar o crescimento sustentável da economia brasileira. Como os créditos de carbono são uma ponte para a redução de emissões necessárias, é preciso manter esforços de redução de emissões com o incentivo a conservação e proteção ambientais, a realização de atividades econômicas mais limpas, a promoção do desenvolvimento tecnológico e o fomento da inovação.

- **É fundamental que o Brasil aprofunde seu conhecimento dos esforços de mitigação necessários para cumprir a NDC a fim de reduzir as emissões e alcançar suas metas o mais rapidamente possível, priorizando o combate ao desmatamento ilegal como premissa base, mas, levando-se em conta que o combate ao desmatamento, de maneira ampla, é estratégico num contexto em que existe grande oportunidade de recuperação de áreas degradadas e aumento de produtividade.** Com a apresentação de estratégias claras e fidedignas de como alcançar a sua NDC com metas por setor, o país tem maiores chances de recuperar a credibilidade e o prestígio internacionalmente imprescindível para as relações comerciais no âmbito do Acordo de Paris. E, assim, poderia aproveitar custos menores no curto prazo (opções *no regret*), a fim de gerar receitas negociando os excedentes às metas por meio do mecanismo do artigo 6.2 e capturar os preços de carbono futuros mais altos nas negociações de médio e longo prazo. Projeções conservadoras dos preços futuros do carbono apontam que o país poderia gerar uma receita líquida positiva de US\$ 19 bilhões até 2030 negociando as reduções do excedente e, se investir mais na obtenção de mais reduções de curto prazo, essa receita poderia atingir US\$ 27 bilhões entre 2020 e 2030 e US\$ 40 bilhões entre 2030 e 2035.

- **Organizar, em parceria com o setor privado, o conjunto de ações e atividades e/ou projetos que formariam um ITMO brasileiro robusto e atrativo para países potenciais parceiros,** considerando os

planos e políticas existentes de forma abrangente e o alto potencial desse mecanismo para os três setores priorizados neste relatório, Agropecuária, Florestas e Energia. O Brasil possui grande potencial em se tornar vendedor de resultados de redução de emissões (mitigação), especialmente em um cenário com a inclusão do setor de Florestas, podendo chegar a vender resultados correspondentes à redução de cerca de 1.000 MtCO₂ em 2030.

- **Dado o cumprimento da NDC e a robustez em MRV, atentar para o potencial que políticas e programa correntes, como Plano ABC+, possuem para o Artigo 6.2 (ITMO)** ao incluírem em sua cobertura diferentes tamanhos de projetos geradores de créditos agregados em um mesmo projeto (exemplo, grande grupo de pequenos empreendedores). Tais consolidações podem aumentar os resultados desses programas e retorno de benefícios socioeconômicos e serem contabilizados no mecanismo do Artigo 6.2 de forma escalada desde que possuam monitoramento e verificação reforçadas, conforme já recomendado.

- **O Brasil deve defender fortemente, durante as negociações da COP 26 sobre o Artigo 6.4, a inclusão de tipos de projetos dos setores Agropecuário e de Florestas** já que as melhores oportunidades de geração de créditos para o país são encontradas nestes setores por seus altos potenciais, 2.419 e 2.565 MtCO₂e, e baixos custos de abatimento, entre -1978,00 e 1,99 e entre -0,38 e 9,22 US\$/tCO₂e, respectivamente, reiterando a importância das soluções baseadas

na natureza para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas no país.

• **Além dos setores de Agropecuária e Florestas, o Brasil deve defender a inclusão de projetos do setor de Energia nas negociações do Artigo 6.4**, já que este setor não apresenta elegibilidade para o mercado voluntário desde 2019 e possui um potencial de mitigação mapeado para o Brasil que contém inovação tecnológica a ser explorada como CSP e o uso de hidrogênio verde.

• **Rever a posição nacional e colaborar para um consenso internacional sobre os ajustes correspondentes na contabilidade global das reduções de emissões no âmbito do Artigo 6** visto que a não-aceitação proporciona prejuízo à reputação do país quanto à política ambiental que reverbera nas relações comerciais, ameaça à integridade ambiental do Acordo de Paris e cria barreiras quanto à adicionalidade por sua mensuração complexa.

• **Propor e se posicionar a favor de uma transição dos créditos de carbono de projetos de MDL de forma temporária que minimize os impactos na integridade climática do Acordo de Paris** para que esta transição não se torne um risco comercial e reputacional para o Brasil frente aos seus principais compradores de créditos de carbono, que não aceitarão tais créditos, e para que haja segurança financeira e jurídica aos projetos de MDL em andamento.

• **Manter opinião de apoio a equivalência do Princípio da Mitigação Geral das Emissões Globais (OMGE)**

e da Repartição De Fundos (SOP) nos instrumentos dos artigos 6.2 e 6.4 já que aumento de preço resultante da adoção desses princípios nas transações nos dois instrumentos seria vantajoso para os países como o Brasil que têm menores custos para cumprir e exceder às metas de suas NDCs. Além disso, é fundamental alimentar recursos para a gestão e governança do Artigo 6, assim como para a adaptação climática.

• **A definição de autoridade nacional competente e responsável para a contabilização das transações sob Artigo 6 e para operacionalizar os ajustes correspondentes com governança climática transversal** a fim de oferecer segurança aos compradores de créditos, transparência ao sistema e que comprove as reduções reais de GEE, mantendo a integridade ambiental.

• **Aproveitar as janelas de oportunidades com as discussões sobre mercados de carbono no âmbito do Artigo 6 para a criação de um mercado regulado de carbono no Brasil, nos moldes das propostas do Projeto PMR Brasil.** Este mercado seria uma demonstração clara do compromisso do governo com a precificação de carbono, trazendo estabilidade regulatória ao país e transmitindo segurança ao setor privado para a realização de investimentos de longo prazo em tecnologias de baixo carbono. Além disso, este mercado serviria como referência de preços e opções de mitigação para orientar a participação do país nos instrumentos de mercado internacionais, tanto no Acordo de Paris quanto em negociações possíveis de um CBAM.

• **Fomentar o potencial de desenvolvimento econômico, equidade social e equilíbrio ecológico gerado pelos mercados de carbono.** O modelo de mercado de carbono a ser defendido pelo Brasil deve incorporar entre seus objetivos maiores: a proteção da biodiversidade, o acesso equitativo ao desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza e a justiça climática, em harmonia com o Acordo de Paris e a Convenção do Clima. Deve ainda:

- Prever a proteção das populações indígenas, quilombolas, comunidades tradicionais e do produtor primário;
- Mitigar as distorções da especulação financeira;
- Prever salvaguardas de caráter ambiental e de Direitos Humanos, garantindo que sejam excluídos os projetos que resultem em: utilização de trabalho infantil e/ou de trabalho escravo; perda de biodiversidade e/ou destruição de ecossistemas; desemprego da população local e exclusão social; aumento na vulnerabilidade dos sistemas de produção de alimentos; prejuízo ou inviabilização de medidas de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas; ou contaminação de solo, corpos hídricos ou prejuízos à qualidade do ar de outros serviços ecossistêmicos.

• **O Brasil precisa ainda de uma série de medidas institucionais que viabilizarão uma boa operação dos mercados de carbono e que independem da regulamentação do Artigo 6 do Acordo de Paris:**

- **A criação de um sistema nacional de relato de emissões** de fácil acesso e integração com outros sistemas, que proporcione a transparência nos dados e que inclua resultados dos sistemas

de controle de desmatamento e das informações de REDD+, em linha com a robustez demandada nos debates em andamento no PL 528/2021 por monitoramento, relato e verificação;

- **A criação de sistemas de MRV integrado de projetos de créditos de carbono**, alinhados a critérios científicos aceitos internacionalmente, que possibilitem a padronização de créditos evitando a escassez de créditos de alta qualidade. Esses sistemas propiciam incentivos econômicos, instrumentos de mercado aptos a remunerar sistemas sustentáveis de produção, a gestão integrada de dados e o acesso às ações adotadas, favorecendo sua melhoria contínua e a gestão transparente;

- **A definição dos papéis dos governos subnacionais em um sistema de MRV integrado** que permitirá a contabilização entre os entes das federações;

- **A adoção da tecnologia digital para os processos de MRV e de certificação** a fim de otimizar os processos para diminuir seus esforços e prazos de implementação, que tendem a ser mais longos com a evolução das exigências técnicas e de complexidade metodológica;

- **A priorização de processos relacionados ao cumprimento legal de projetos sustentáveis** para que seu processo regulatório não se torne um entrave para sua realização;

- **A incorporação de uma arquitetura intersetorial** que permita o monitoramento do resultado de mitigação de todos os programas e políticas públicas ligados aos setores da NDC.

Para o setor privado apoiar o desenvolvimento deste mercado e das vantagens de seus benefícios socioeconômicos, este relatório traz as seguintes recomendações:

- **Comprometer-se com contratos de longo prazo de compra de créditos de carbono** permitindo assim que projetos de longa duração tragam um maior impacto positivo ao meio ambiente e à sociedade.

- **Apoiar a desburocratização e a simplificação dos processos de transação assim como defender a adoção da tecnologia digital para os processos de MRV e de certificação de créditos de carbono.**

- **Investir em créditos dos setores de Agropecuária e Florestas** que foram identificados neste relatório como os setores que apresentam maior potencial de oferta. Considera-se que o investimento em soluções baseadas na natureza deve garantir o benefício máximo quanto à sustentabilidade e regeneração, além de minimizar danos sociais e ambientais.

- **Quanto ao setor agropecuário, os projetos devem concentrar-se na recuperação de pastagens degradadas (RPD) e em sistemas integrados de lavoura, pecuária e florestas (ILPF)** considerando que 98% do potencial de abatimento do setor encontra-se na estratégia de intensificação da pecuária bovina de corte, que inclui a RPD e que sistemas ILPF têm custo de abatimento negativos, destacando seu potencial de geração de receita líquida, além de possuir inúmeros cobenefícios associados como o aumento da biodiversidade local;

- **Quanto ao setor florestal, os projetos devem concentrar-se no reflorestamento** para o curto prazo devido à facilidade de implementação desde que amparados em uma lógica econômica que o justifique, **no manejo florestal sustentável e na restauração florestal**, respeitando a regeneração da biodiversidade do bioma.

- **Incluir a participação de populações indígenas e tradicionais diretamente afetadas nas discussões acerca de projetos do setor de Florestas** considerando sua histórica contribuição para a preservação ambiental.

- **Ampliar o esforço de redução e remoção das emissões de GEE** investindo no desenvolvimento tecnológico e na inovação, conforme preconizado por iniciativas como as Metas Baseadas na Ciência (SBTi), utilizando mecanismos de compensação como ferramentas de transição, dentro de uma estratégia integrada visando promover o desenvolvimento sustentável e evitar perdas econômicas oriundas da tendência proposta pelos *green deals* de utilizarem em larga escala ajustes de fronteira de carbono.

- **Investir em projetos que gerem renda e riqueza** para os povos, comunidades, pequenos produtores garantindo que tenham alternativas economicamente viáveis para manter a floresta em pé e a sua rica sociobiodiversidade (seu jeito de viver, suas culturas e conhecimentos tradicionais).

- **Estabelecer parcerias que tornem viáveis projetos inovadores para redução de emissões e remoção de GEE da atmosfera**, assim como:

- Siemens Energy e Braskem que juntas reduziram as emissões de GEE da Braskem e o consumo de água, trazendo maior eficiência na produção;

- A Natura que, em parceria com a cooperativa de Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado (RECA), desenvolveu o primeiro projeto de compensação de carbono dentro de sua cadeia produtiva, chamado de Carbono Circular (ou *carbon insetting*), que busca conter o desmatamento na Amazônia e remunera o serviço ambiental prestado pelo agricultor familiar na conservação da floresta em pé. O projeto é fruto do programa Natura Carbono Neutro lançado em 2007 para contabilizar, reduzir e neutralizar as emissões de GEE da Natura;

- Com base em ciência e tecnologia de ponta, a Bayer, em parceria com a Embrapa e um time de Experts lançou o programa PRO Carbono. A iniciativa incentiva e suporta produtores na adoção de um manejo ainda mais sustentável para que possam ampliar a sua produtividade e aumentar o sequestro de Carbono no solo. Os agricultores participantes fazem parte de um ecossistema de benefícios que vai além da cadeia agrícola, sendo recompensados não apenas pelo que e quanto produzem, mas também pela forma como produzem;

- Schneider e Walmart, que criaram o programa Gigaton PPA (GPPA) para educar a cadeia de fornecimento da companhia sobre as compras de

energia renovável por meio de contratos agregados de compra de energia (PPA), visando evitar emissões de 1.000 MtCO₂ até 2030;

- A parceria da Suzano com a Procter & Gamble e a WWF que juntas estão desenvolvendo planos de restauração de diversas florestas degradadas no bioma Mata Atlântica, incluindo metodologia de monitoramento, avaliação de impacto, engajamento social e transição agroecológica para reabilitar as porções produtivas das propriedades de pequenos agricultores locais.

Em um cenário em que regras e regulamentações ainda serão definidas, entende-se que este estudo tem este ponto como um limitador. No entanto, a colocação de esforços e a busca de consenso para criação de um arcabouço regulatório amplo, funcional e moderno permitirá o pleno desenvolvimento das oportunidades e a mitigação dos riscos expostos. Assim, recomenda-se o desenvolvimento de novos estudos na área dos mercados de carbono no Brasil após a regulamentação do Artigo 6 do Acordo de Paris, a fim de referendar os potenciais/estimativas apresentados neste relatório à luz dos parâmetros a serem estabelecidos tais como os tipos de projetos e as metodologias que serão aceitas em cada um dos mercados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIVIDRO. **Guia - Reciclagem do Vidro**. Disponível em: <https://abividro.org.br/wp-content/uploads/2019/01/Abividro-Guia-Reciclagem-do-Vidro.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.

ABSOLAR. **Energia solar: mais empregos e sustentabilidade para o Brasil**. ABSOLAR, 2021a. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/artigos/energia-solar-mais-empregos-e-sustentabilidade-para-o-brasil/>. Acesso em: 8 jun. 2021.

ABSOLAR. **Geração própria de energia solar atinge R\$ 28 bilhões em investimentos e 166 mil empregos acumulados no País**. In: ABSOLAR. 2021b. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/geracao-propria-de-energia-solar-atinge-r-28-bilhoes-em-investimentos-e-166-mil-empregos-acumulados-no-pais/>. Acesso em: 10 jun. 2021.”

ALBRAS. **ANEXO 3 - CONTRIBUIÇÃO DO PROJETO DE REDUÇÕES DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA ALBRAS, ALUMINIO BRASILEIRO S.A. PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. [S. l.: s. n. . 2008.] Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/me-canismo_de_desenvolvimento_limpo/submetidos/aprovados_termos_resolucao_1/publicacoes/206/Anexo-III-da-Resolucao-n-1.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021.

ANEEL. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL SIGA**. 2021. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 10 jun. 2021.

ANTONACCIO, L.; ASSUNÇÃO, J.; CELIDONIO, M.; CHIAVARI, J.; LEME LOPES, C.; SCHUTZE, A. **Ensuring Greener Economic Growth for Brazil**. 2018. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/ensuring-greener-economic-growth-for-brazil/>. Acesso em: 8 jun. 2021.

APPY, B.; WATANABE JR., S.; KISHINAMI, R. Taxação Sobre Carbono, competitividade e correção de distorções do sistema tributário: Impactos na economia brasileira. **Taxação sobre carbono, competitividade e correção de distorções do sistema tributário: Impactos na economia brasileira**, Instituto Escolhas, 2016, p. 87.

BACEN, B. C. do B. **Matriz de Dados do Crédito Rural - MDCR - Portal de Dados Abertos do Banco Central do Brasil**. 2019. Disponível em: <https://dadosabertos.bcb.gov.br/dataset/matrizdadoscreditorural>. Acesso em: 19 maio. 2021.

BLAUFELDER, C.; LEVY, C.; PINNER, D. **A blueprint for scaling voluntary carbon markets to meet the climate challenge**. 2021. Mckinsey. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate-challenge>. Acesso em: 14 maio. 2021.

BNDES. **Etanol 2G: inovação em biocombustíveis**. BNDES, 2016. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/etanol-2g-inovacao-biocombustiveis>. Acesso em: 16 jul. 2021.

BNDES; EPE. **Acordo de cooperação no 21.5.0017.1, que entre si celebram o Banco Nacional De Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES e a Empresa de Pesquisa Energética, para cooperação com vistas a estudar a viabilidade de instrumento de transferência de recursos financeiros das empresas de óleo e gás (O&G) para atividades de sequestro e armazenagem de carbono no setor florestal, a título de compensação de emissões de carbono e de alcance de outros benefícios coletivos relacionados à água, biodiversidade, controle de erosão, equilíbrio do microclima, dentre outros**. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-a-informacao/convenios-acordos-de-cooperacao/acordos-de-cooperacao/Documents/Acordo%20de%20Coopera%3a7%3a3o%20BNDES-EPE_assinado.pdf. Acesso em 4 ago. 2021.

BRASIL. **Floresta + Carbono incentiva conservação de vegetação nativa**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2020/10/floresta-carbono-incentiva-conservacao-de-vegetacao-nativa>. Acesso em: 30 jul. 2021.

BRASIL. **Projeto PMR Brasil**. 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/pmr-brasil/pmr-brasil>. Acesso em: 9 jun. 2021.

BRASIL. **LEI No 14.119, DE 13 DE JANEIRO DE 2021**. Brasília: Diário Oficial da União, 2021 b. E-book. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou>. Acesso em: 20 maio. 2021.

BRASIL. **MME divulga balanço do RenovaBio em 2020 e metas de redução de emissões para 2022-2031**. 2021c. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-divulga-balanco-do-renovabio-em-2020-e-metas-de-reducao-de-emissoes-para-2022-2031-1>. Acesso em: 27 maio. 2021.

BRASIL. **Projeto de Lei no 528/2021. Regulamenta o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), determinado pela Política Nacional de Mudança do Clima - Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009.** Brasília: Câmara Dos Deputados, 2021 d. E-book. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1965628. Acesso em: 14 set. 2021.

BRASIL. **PIB do setor agropecuário apresentou crescimento de 2% em 2020.** 2021e. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/pib-do-setor-agropecuario-apresentou-crescimento-de-2-em-2020>. Acesso em: 8 jun. 2021.

BRASIL. **Em momento de transição energética, Brasil amplia ainda mais consumo de renováveis nos transportes.** 2021f. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/em-momento-de-transicao-energetica-brasil-amplia-ainda-mais-consumo-de-renovaveis-nos-transportes>. Acesso em: 9 jun. 2021.

BRASIL, Ministério da Agricultura, **Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo.** 2021 g. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/abc-portugues.pdf/view>. Acesso em: 20 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU).** 2017 a. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Sumário executivo: modelagens setoriais e opções transversais para mitigação de emissões de gases de efeito estufa.** p. 78, 2017b. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto_opcoes_mitigacao/publicacoes/Sumario-Executivo_Modelagem-setoriais.pdf. Acesso em: 14 set. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de biocombustíveis.** p. 155, 2017 c. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de fontes renováveis de geração elétrica.** p. 285, 2017 d. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de termelétricas e term nucleares.** p. 159, 2017 e. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de transportes.** p. 459, 2017 f. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de ferro-gusa e aço.** p. 167, 2017 h. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor químico.** p. 171, 2017 i. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de outras indústrias.** p. 79, 2017 j. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de metalurgia de metais não ferrosos**. p. 111, 2017 k. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de papel e celulose**. p. 121, 2017 l. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de cimento**. p. 107, 2017 g. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html#:~:text=O%20Projeto%20%2D%20Op%C3%A7%C3%B5es%20de%20Mitiga%C3%A7%C3%A3o,auxiliar%20a%20tomada%20de%20decis%C3%A3o. Acesso em: 19 maio. 2021.

BRASKEM. **POLIETILENO VERDE I'M GREEN™**. 2021. Disponível em: <http://plasticoverde.braskem.com.br/site.aspx/PE-Verde-Produtos-e-Inovacao>. Acesso em: 9 jun. 2021.

CANADA, E. and C. C. **Canada-Chile Agreement on Environmental Cooperation: overview**. 2010. international treaties. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/corporate/international-affairs/partnerships-countries-regions/latin-america-caribbean/canada-chile-environmental-agreement/overview.html>. Acesso em: 2 ago. 2021.

CANADA, E. and C. C. **Support for the implementation of Mexico and Chile's Nationally Determined Contributions (NDCs)**. 2017. Policies; international treaties. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/canada-international-action/mexico-chile-support-implementation-respective-nationally-determined-contributions.html>. Acesso em: 2 ago. 2021.

CAREPA, J. **5 noções fundamentais sobre créditos de carbono**. In: **Blog WayCarbon**. 30 mar. 2021. Disponível em: <https://blog.waycarbon.com/2021/03/creditos-de-carbono/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CARILLO PINEDA, A.; CHANG, A.; FARIA, P.; SBTI. **FUNDAMENTOS PARA ESTABELECEMETAS DE ZERO EMISSÕES LÍQUIDAS COM BASE CIENTÍFICA NO SETOR EMPRESARIAL**. CDP, 2020. Disponível em: https://sciencebasedtargets.org/resources/files/Net-Zero_Full-Paper_Portuguese-from-Portugal.pdf. Acesso em: 7 jul. 2021.

CEBDS. **Oportunidades e Desafios das Metas da NDC Brasileira - Setor Agropecuário**. 2017 a. Disponível em: <https://cebds.org/publicacoes/opportunidade-e-desafios-das-metas-da-ndc-brasileira/#.YKZwKC1Q2Rs>. Acesso em: 20 maio. 2021.

CEBDS. **Oportunidades e Desafios das Metas da NDC Brasileira - Setor Florestal**. 2017 b. Disponível em: <https://cebds.org/publicacoes/opportunidade-e-desafios-das-metas-da-ndc-brasileira/#.YKZwKC1Q2Rs>. Acesso em: 20 maio. 2021.

CEBDS. **Oportunidades e Desafios das metas da NDC Brasileira para o Setor Empresarial - Setor de Energia**. 2017c. Disponível em: <https://cebds.org/publicacoes/opportunidade-e-desafios-das-metas-da-ndc-brasileira/#.YMITBC1Q2Rs>. Acesso em: 10 jun. 2021.

CEBDS. **Oportunidades e Desafios das metas da NDC Brasileira para o Setor Empresarial - Setor de transportes**. 2017 d. Disponível em: <https://cebds.org/publicacoes/opportunidade-e-desafios-das-metas-da-ndc-brasileira/#.YMITBC1Q2Rs>. Acesso em: 9 jun. 2021d.

CEBDS. **Estratégias de Desenvolvimento de Baixo Carbono para o Longo Prazo**. Disponível em: <https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/14773/1553453509cebds.org-cebds-longoprazo-port-navegavel.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021e.

CEBDS. **Oportunidades e Desafios das metas da NDC Brasileira para o Setor Empresarial - Setor Industrial**. 2017f. Disponível em: <https://cebds.org/publicacoes/opportunidade-e-desafios-das-metas-da-ndc-brasileira/#.YMITBC1Q2Rs>. Acesso em: 9 jun. 2021.

CEBDS. **Precificação de carbono na indústria brasileira**. CEBDS; CPLC, 2018 a. E-book. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/14773/1560047534CEBDS_PrecificacaoCarbono_Portugues_04-04.pdf. Acesso em: 27 maio. 2021.

CEBDS. **Precificação de Carbono na Indústria Brasileira**. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/14773/1555424210CEBDS_PrecificacaoCarbono_Portugues_04-04.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021b.

CEBDS. **Nota Técnica: Webinar sobre o marco regulatório do mercado de carbono no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://cebds.org/wp-content/uploads/2020/11/cebds.org-visao-geral-dos-mercados-de-carbono-objetivos-dinamicas-e-desempenho-20201026-nota-tecnica-webinar-marco-regulatorio-mercado-carbono-1.pdf>. Acesso em: 26 maio. 2021.

CEBDS. **Neutralidade Climática: Uma Grande Oportunidade**. 2021. Disponível em: <https://cebds.org/wp-content/uploads/2021/04/cebds.org-neutralidade-climatica-uma-grande-oportunidade-carta-neutralidade-13-04.pdf>. Acesso em: 14 set. 2021.

CEBRI. **Mercado de Carbono e Artigo 6: perspectivas para a área florestal**. 2021. Disponível em: <https://www.cebri.org/br/evento/343/mercado-de-carbono-e-artigo-6-perspectivas-para-a-area-florestal>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CNI. **Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável e Competitividade Industrial**. 2020. Disponível em: <http://portaldaindustria.com.br/publicacoes/2020/11/mecanismo-de-desenvolvimento-sustentavel-e-competitividade-industrial/>. Acesso em: 9 jul. 2021.

CNI. **Florestas - Portal da Indústria**. 2021a. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-sustentavel/temas-de-atuacao/florestas/>. Acesso em: 22 jul. 2021.

CNI. **Importância da indústria**. 2021b. Disponível em: <http://portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/>. Acesso em: 9 jun. 2021.

CNN. **Parques brasileiros podem gerar um milhão de empregos no país, diz pesquisa**. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/2021/07/17/parques-brasileiros-podem-gerar-um-milhao-de-empregos-no-pais-diz-pesquisa>. Acesso em: 22 jul. 2021.

COMISSÃO EUROPEIA. **Pacto Ecológico Europeu (mecanismo de ajustamento das emissões de carbono nas fronteiras)**. 2020a. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12228-Pacto-Ecologico-Europeu-mecanismo-de-ajustamento-das-emissoes-de-carbono-nas-fronteiras-_pt. Acesso em: 6 jul. 2021.

COMISSÃO EUROPEIA. **Stepping up Europe's 2030 climate ambition Investing in a climate - neutral future for the benefit of our people**. European Commission, 2020 b. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:749e04bb-f8c5-11ea-991b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF. Acesso em: 6 jul. 2021.

COMISSÃO EUROPEIA. **Carbon Border Adjustment Mechanism**. 2021. Text. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3661. Acesso em: 4 ago. 2021.

COMMITTEE ON CLIMATE CHANGE. **Building a resilient recovery from the COVID-19 crisis**. 2020. Disponível em: <https://www.theccc.org.uk/publication/letter-building-a-resilient-recovery-from-the-covid-19-crisis-to-prime-minister-boris-johnson/>. Acesso em: 16 jul. 2021.

CONFEDERACIÓN SUIZA Y REPÚBLICA DEL PERÚ. **Acuerdo entre la Confederación Suiza y la República del Perú para la implementación del Acuerdo de París**. 2020. Disponível em: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1399894/Convenio%20en%20espa%C3%B1ol.pdf>. Acesso em: 14 set. 2021.

COZIJNSEN, J. **CO₂ deals important for Paris Accord**. In: 2020. Disponível em: <https://www.emissierechten.nl/column/recent-co2-deals-reveal-importance-for-paris-accord/>. Acesso em: 30 jul. 2021.

CPLC. **Carbon Pricing Dashboard | Up-to-date overview of carbon pricing initiatives**. 2021a. Disponível em: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data. Acesso em: 26 maio. 2021.

CPLC. **What is Carbon Pricing?**. 2021b. Disponível em: <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/what-carbon-pricing#Article6>. Acesso em: 3 abr. 2021.

DE CLARA, S. **Article 6.2 of the Paris Agreement**. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=o-Xt7syyiUlw&ab_channel=Laborat%C3%B3riodelInova%C3%A7%C3%A3oFinanceira. Acesso em: 8 jul. 2021.

DICHRISTOPHER, T. **Experts explain why green hydrogen costs have fallen and will keep falling**. 2021. Disponível em: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/experts-explain-why-green-hydrogen-costs-have-fallen-and-will-keep-falling-63037203>. Acesso em: 11 jun. 2021.

DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO. **Press release: 32 leading countries set benchmark for carbon markets with San Jose Principles**. In: 13 out. 2019. Disponível em: <https://cambioclimatico.go.cr/press-release-leading-countries-set-benchmark-for-carbon-markets-with-san-jose-principles/>. Acesso em: 2 ago. 2021.

DOMINGUES, E. P.; CARDOSO, G.; MAGALHÃES, A. S. **Desmatamento zero na Amazônia é factível e traz benefícios econômicos e ambientais**. p. 10, 2021.

DONOFRIO, S.; MAGUIRE, P.; ZWICK, S.; MERRY, W. **Voluntary Carbon and the Post-Pandemic Recovery**. p. 16, 2020 a.

DONOFRIO, S.; MAGUIRE, P.; ZWICK, S.; MERRY, W.; WILDISH, J.; MYERS, K. The Only Constant is Change - State of the Voluntary Carbon Markets 2020 Second Installment Featuring Core Carbon and Additional Attributes Offset, Volumes and Insights. **Ecosystem Marketplace Insights Brief**, 2020 b. Disponível em: <https://app.hubspot.com/documents/3298623/view/101893633?accessId=bf5d12>. Acesso em: 27 maio. 2021.

ENVIRONMENTAL DEFENSE FUND. **Cost-Effective Emissions Reductions beyond Brazil's International Target: Estimation and Valuation of Brazil's Potential Climate Asset**. EDF, 2016. Disponível em: <http://www.edf.org/sites/default/files/cost-effective-emissions-reductions-brazil.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2021.

EPBR. **Brasil revisa meta de emissões de carbono e promete neutralidade até 2050**. In: 22 abr. 2021. Disponível em: <https://epbr.com.br/brasil-revisa-meta-de-emissoes-de-carbono-e-promete-neutralidade-ate-2050/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

EPE. **Estudos de Longo Prazo - Papel da Biomassa na Expansão da Geração de Energia Elétrica**. 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Biomassa%20e%20Expansão%20de%20Energia.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

EPE. **Precificação de carbono: riscos e oportunidades para o Brasil**. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-549/NT%20EPE-DEA-GAB-014-2020%20-%20Precifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20C_final_05012021.pdf. Acesso em: 29 jul. 2021.

EUROACTIV. **French Authorities Position Paper**. 2020, p. 3. Disponível em: <https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/04/French-position-paper.pdf>. Acesso em: 14 set. 2021.

EUROACTIV. **China steps up climate fight with emissions trading scheme**. In: [Www.euractiv.com](http://www.euractiv.com). 16 jul. 2021. Disponível em: <https://www.euractiv.com/section/climate-environment/news/china-steps-up-climate-fight-with-emissions-trading-scheme/>. Acesso em: 3 ago. 2021.

EVANS, S.; GABBATISS, J. **In-depth Q&A: How 'Article 6' carbon markets could 'make or break' the Paris Agreement | Carbon Brief**. 2018. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/in-depth-q-and-a-how-article-6-carbon-markets-could-make-or-break-the-paris-agreement>. Acesso em: 9 jul. 2021.

FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL. **Intended Nationally Determined Contribution**. 2016. Disponível em: <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>. Acesso em: 14 set. 2021.

FERREIRA, T. V. B. **Roadmap eólica offshore brasil**. EPE, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf. Acesso em: 14 set. 2021.

FOREST TRENDS' ECOSYSTEM MARKETPLACE; DONOFRIO, S.; MAGUIRE, P.; MERRY, W.; ZWICK, S. **Financing Emissions Reductions for the Future**. 2019. Disponível em: https://app.hubspot.com/documents/3298623/view/63001900?accessId=eb4b1a&__hsfp=3827167342&__hssc=251652889.1.1625771831877&__hstc=251652889.6c64c8476f960635a34450682c8a198f.1620054426272.1625698735862.1625771831877.6. Acesso em: 9 jul. 2021.

FSC. **Open Letter: Timber Importers Call for More FSC-Certified Area in Brazil**. 2021. Disponível em: <https://fsc.org/en/newsfeed/open-letter-timber-importers-call-for-more-fsc-certified-area-in-brazil>. Acesso em: 5 ago. 2021.

GLOBAL CCS INSTITUTE. **Global Status of CCS**. 2020. Disponível em: <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2021/03/Global-Status-of-CCS-Report-English.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.

GOLD STANDARD. **GSF Registry**. 2021a. Disponível em: <https://registry.goldstandard.org/projects?q=&page=1&countries=BR>. Acesso em: 5 ago. 2021.

GOLD STANDARD. **Fee Schedule**. 2021b. Disponível em: <https://globalgoals.goldstandard.org/fees/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

GOLD STANDARD. **Gold Standard - Market Report 2020**. 2021c. Disponível em: https://www.goldstandard.org/sites/default/files/gold_standard_market_report_2020.pdf. Acesso em: 26 maio. 2021.

GOULDSON, A.; SUDMANT, A.; KHREIS, H.; PAPARGYROPOULOU, E. **The Economic and Social Benefits of Low-Carbon Cities: A Systematic Review of the Evidence**. p. 92, 2018.

GREINER, S.; KRÄMER, N.; LORENZO, F. D.; MICHAELOWA, A.; HOCH, S.; KESSLER, J. **Article 6 piloting: State of play and stakeholder experiences**. Climate Focus, Perspectives Climate Group, 2020. E-book. Disponível em: https://www.climatefinanceinnovators.com/wp-content/uploads/2020/12/Climate-Finance-Innovators_Article-6-piloting_State-of-play-and-stakeholder-experiences_December-2020.pdf. Acesso em: 18 maio. 2021.

HETTIARACHCHI, H.; KSHOURAD, C. Chapter 9 - Promoting Waste-to-Energy: Nexus Thinking, Policy Instruments, and Implications for the Environment. In: KUMAR, S.; KUMAR, R.; PANDEY, A. (org.). **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**. Elsevier, 2019. p. 163-184. E-book. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444640833000099>. Acesso em: 14 jul. 2021.

HOULDER, V.; LIVSEY, A. **Precificação efetiva do carbono é cada vez mais urgente | Mundo | Valor Econômico**. 2021. Disponível em: <https://valor.globo.com/mundo/noticia/2021/02/09/precificacao-efetiva-do-carbono-e-cada-vez-mais-urgente.ghtml>. Acesso em: 9 jul. 2021.

IBÁ. **Mudanças Climáticas: contribuições das árvores plantadas. 2017**. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/Iba_no_Papel_2_Mudancas_Climaticas.pdf. Acesso em: 14 set. 2021.

IBRAM. **Programa Siderurgia Sustentável permite que o carvão vegetal seja o principal combustível de grandes siderúrgicas**. In: IBRAM. 20 maio 2021. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/siderurgias-utilizam-carvao-vegetal-como-principal-combustivel/>. Acesso em: 9 jun. 2021.

IEA. **Renewables 2020 Data Explorer - Analysis**. 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/articles/renewables-2020-data-explorer>. Acesso em: 11 jun. 2021.

IETA. **GHG Market Sentiment Survey 2021**. 2021. Disponível em: https://www.ieta.org/resources/Resources/GHG_Market_Sentiment_Survey/IETA%20GHG%20Market%20Sentiment%20Survey%202021%20Report%20web.pdf. Acesso em: 6 jul. 2021.

IETA; UNIVERSITY OF MARYLAND; CPLC. **The Economic Potential of Article 6 of the Paris Agreement and Implementation Challenges**. [S. l.]: Creative Commons Attribution CC, 2019. Disponível em: https://www.ieta.org/resources/International_WG/Article6/CLPC_A6%20report_no%20crops.pdf. Acesso em: 17 maio. 2021

IIF. **Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets**. IIF, 2021. Disponível em: https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM_Summary.pdf. Acesso em: 8 jul. 2021.

INSTITUTO ETHOS. **IEC lança posicionamento sobre precificação do carbono - Instituto Ethos**. 2016. Disponível em: <https://www.ethos.org.br/conteudo/posicionamentos/iec-lanca-posicionamento-sobre-precificacao-do-carbono/>. Acesso em: 16 jul. 2021.

IPCC. **Glossary — Global Warming of 1.5 oC**. In: 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>. Acesso em: 7 jul. 2021.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [S. l.]: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>. Acesso em: 18 ago. 2021.

IPÊ. **Sistemas Agroflorestais (SAFs)**. 2021. Disponível em: <https://www.ipe.org.br/saf>. Acesso em: 8 jun. 2021.

IPEA. **Biodiesel - O combustível do futuro**. 2005. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=865:reportagens-materias&Itemid=39. Acesso em: 11 jun. 2021.

IPEA. **Legado Do MDL - Impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil como subsídios para novos mecanismos**. IPEA, 2018. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/livro_legado_do_mdsl.pdf. Acesso em: 9 jul. 2021.

IRENA. **Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2019**. 2019. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2019/Jun/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2019>. Acesso em: 11 jun. 2021.

ITAÚ UNIBANCO. **Project Carbon**. Disponível em: <https://www.itau.com.br/sustentabilidade/Download.aspx?Arquivo=6Pckr9OzGzQltPzwktWFOA==>. Acesso em: 22 jul. 2021.

JORNAL DA USP NO AR. **Projeto Amazônia 4.0 incentiva economia da região de forma sustentável**. 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/projeto-amazonia-4-0-incentiva-economia-da-regiao-de-forma-sustentavel/>. Acesso em: 27 maio. 2021.

KERSCHNER, S.; SMITHERS EXCELL, J.; CROWLEY, N.; YORK, I. **Scaling Voluntary Carbon Markets: The Final Report | White & Case LLP**. 2021. Disponível em: <https://www.whitecase.com/publications/alert/scaling-voluntary-carbon-markets-final-report>. Acesso em: 19 maio. 2021.

KÖBERLE, A. de C. **IMPLEMENTATION OF LAND USE IN AN ENERGY SYSTEM MODEL TO STUDY THE LONG-TERM IMPACTS OF BIOENERGY IN BRAZIL AND ITS SENSITIVITY TO THE CHOICE OF AGRICULTURAL GREENHOUSE GAS EMISSION FACTORS**. 2018. - COPPE/UFRJ, 2018. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/12262/1/AlexandreDeCarvalhoKoberle-min.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2021.

KRAUSE, E. et al. **International Carbon Action Partnership (ICAP) Status Report 2021**. p. 173, 2021. Disponível em: https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_attach&task=download&id=723. Acesso em: 14 set. 2021.

KRUG, T. **Modalidades e Procedimentos para Atividades de Projeto de Florestamento e Reflorestamento no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: uma Síntese**. p. 19, 2004.

LONDON SCHOOL OF ECONOMICS AND POLITICAL SCIENCE; UNIVERSITY OF LEEDS. **Policy brief - Pricing carbon during the economic recovery from the COVID-19 pandemic**. 2020. Disponível em: <https://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2020/05/Pricing-carbon-during-the-recovery-from-the-COVID-19-pandemic.pdf>

MACHADO, N. **Hidrogênio verde pode ficar competitivo até 2030, com renováveis mais em conta | Diálogos da Transição**. In: Epbr. 7 jan. 2021. Disponível em: <https://epbr.com.br/hidrogenio-verde-pode-ficar-competitivo-ate-2030-com-renovaveis-mais-em-conta/>. Acesso em: 26 maio. 2021.

MACHADO, N. **Do campo para a usina: o uso de blockchain para certificar a produção de biocombustíveis | Diálogos da Transição**. In: Epbr. 14 jan. 2021b. Disponível em: <https://epbr.com.br/do-campo-para-a-usina-o-uso-de-blockchain-para-certificar-a-producao-de-biocombustiveis/>. Acesso em: 26 maio. 2021.

MANZATTO, C. V.; DE ARAUJO, L. S.; ASSAD, E. D.; SAMPAIO, F. G.; SOTTA, E. D.; VICENTE, L. E.; PEREIRA, S. E. M. **Mitigação das emissões de Gases de Efeitos Estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123612/mitigacao-das-emissoes-de-gases-de-efeitos-estufa-pela-adocao-das-tecnologias-do-plano-abc-estimativas-parciais>. Acesso em: 14 set. 2021.

MARKESTRAT; FAVA SCARE, R.; SCIENCIA DO PRADO, L.; JUNQUEIRA, M.; TEIXEIRA, I.; BEGAS, M. **MODELO PARA ATUAÇÃO NO MERCADO DE CRÉDITOS DE CARBONO PARA A AGRICULTURA**. Markestrat Agribusiness, 2020.

MATSUI, N. **Brasil manifesta interesse em aderir a programa preparatório para precificação de carbono**. 2021. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/epoca/guilherme-amado/brasil-manifesta-interesse-em-aderir-programa-preparatorio-para-precificacao-de-carbono-1-24994862>. Acesso em: 2 ago. 2021.

MIAN, R. **Raízen vai construir sua segunda planta de etanol celulósico**. 2021. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2021/06/25/raizen-vai-construir-sua-segunda-planta-de-etanol-celulosico.html>. Acesso em: 4 ago. 2021.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC); MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. **SEGUNDO RELATÓRIO DE ATUALIZAÇÃO BIENAL DO BRASIL**. 2017. Disponível em: <http://educaclima.mma.gov.br/wp-content/uploads/2019/09/BUR-2-2017-português.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. **Brazil Country Program for the Green Climate Fund - GCF**. 2018, Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/assuntos-economicos-internacionais/fundo-verde-do-clima/arquivos/brazil-gcf-country-program-english.pdf>. Acesso em: 14 set. 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 - Oferta de Bio-combustíveis**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-522/PDE%202030%20-%20Oferta%20de%20Biocombustiveis.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EPE. **Balanço Energético Nacional 2020: Ano base 2019**. 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021.

MOREIRA, A. **UE prevê taxa de carbono sobre aço, ferro, alumínio, cimento, fertilizantes e eletricidade em 2023**. 2021. Disponível em: <https://valor.globo.com/mundo/noticia/2021/06/09/brasil-pouco-afetado-por-proposta-inicial-de-taxa-de-carbono-da-ue.ghtml>. Acesso em: 8 jul. 2021.

MOREIRA, M. M. R.; SEABRA, J. E. A.; LYND, L. R.; ARANTES, S. M.; CUNHA, M. P.; GUILHOTO, J. J. M. Socio-environmental and land-use impacts of double-cropped maize ethanol in Brazil. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 3, p. 209-216, 2020.

NATURA. **Relatório Anual Natura**. Disponível em: https://static.rede.natura.net/html/2019/a-natura/pdf/relatorio_anual_natura_2018.pdf. Acesso em: 14 set. 2021.

NEWCLIMATE INSTITUTE; DATA-DRIVEN ENVIROLAB. **Navigating the nuances of net-zero targets**. Disponível em: https://newclimate.org/wp-content/uploads/2020/10/NewClimate_NetZeroReport_October2020.pdf. Acesso em: 9 jul. 2021.

NORDHAUS, W. D. **A New Solution: The Climate Club** | by William D. Nordhaus | The New York Review of Books. 2015. Disponível em: <https://www.nybooks.com/articles/2015/06/04/new-solution-climate-club/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

OLIVEIRA, G.; ZAITUNE CURTI, A.; SILVA FELINI, P.; FICARELLI, T. R. A. **IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL**. p. 84, 2020.

OLIVEIRA, M. G. F. **Roadmap tecnológico do cimento**. 2019. Disponível em: https://coprocessamento.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Roadmap_Tecnologico_Cimento_Brasil_Book-1.pdf. Acesso em: 23 ago. 2021.

PEROSA, B. B.; GURGEL, A. da C.; VICENTE, L. F.; VICENTE, A. K.; ARAUJO, L. S.-. **Agricultura de Baixo Carbono no Brasil: potencialidade e desafios para construção de um sistema MRV**. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206622/1/Vicente-Agricultura-Carbono-2019.pdf>. Acesso em: 14 set. 2021.

PIRIS-CABEZAS, P.; LUBOWSKI, R.; LESLIE, G. **Estimating the Power of International Carbon Markets to Increase Global Climate Ambition**. 2019. Disponível em: <https://ceep.columbia.edu/sites/default/files/content/events/Lubowski%20et%20al.%20on%20Carbon%20Markets.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2021.

PLUME, K. **Farmers struggle to break into booming carbon-credit market**. In: Reuters. 8 abr. 2021. Disponível em: <https://www.reuters.com/business/energy/farmers-struggle-break-into-booming-carbon-credit-market-2021-04-28/>. Acesso em: 30 jul. 2021.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **5º Inventário Municipal de Emissões de GEE - Relatório técnico de atualização e extração de dados - período 2020._2021**.

REGISTRO PÚBLICO DE EMISSÕES. **Emissões históricas do Programa Brasileiro GHG Protocol | Registro Público de Emissões**. 2019. Disponível em: <https://www.registropublicodeemissoes.com.br/estatisticas/emissoes-historicas>. Acesso em: 7 jul. 2021.

REGO, E. E.; TRINKENREICH, J.; SOARES, J. B.; MULLER, G. de M. **Resposta da Demanda: Conceitos, Aspectos Regulatórios e Planejamento Energético**. EPE, 2019.

REUTERS. **China's carbon trading scheme makes debut with 4.1 mln T in turnover**. Reuters, 16 jul. 2021. Sustainable Business Disponível em: <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/chinas-national-carbon-emission-trading-opens-48-yuant-chinese-media-2021-07-16/>. Acesso em: 3 ago. 2021.

SANTOS, L. **Proposal for the Implementation of a Carbon Pricing Instrument in the Brazilian Industry: assessing competitiveness risks and distributive impacts**. 2018. Disponível em: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.32126.23368>. Acesso em: 12 maio. 2021.

SCHERER, A. **Agricultura sustentável tem potencial para fazer Brasil deslançar no mercado de carbono internacional.** 2021. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/sociedade/consumo-consciente/noticia/2021/04/16/agricultura-sustentavel-tem-potencial-para-fazer-brasil-deslançar-no-mercado-de-carbono-internacional.ghtml>. Acesso em: 12 maio. 2021.

SEBRAE. **Cadeia de Valor da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.** 2018. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Cadeia%20de%20Valor%20da%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em 14.set.2021.

SEEG. SEEG 8 **ANÁLISE DAS EMISSÕES BRASILEIRAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS METAS DE CLIMA DO BRASIL 1970-2019.** p. 41, 2020.

SEEG. **Total Emissions | SEEG - System Gas Emissions Estimation.** 2021. Disponível em: http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acesso em: 8 jun. 2021.

SEROA DA MOTTA, R. **As vantagens competitivas do Brasil nos instrumentos de mercado do Acordo de Paris.** 2021a. Disponível em: <https://www.climaesociedade.org/post/vantagens-competitivas-brasil-acordo-de-paris>. Acesso em: 12 maio. 2021.

SEROA DA MOTTA, R. **O Caminho para Glasgow: Perspectivas para o Mercado de Carbono.** 2021 b. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=otxtF3StON4>. Acesso em: 8 jul. 2021.

S&P GLOBAL. **Voluntary carbon market grows 6% on year in 2019.** 2020. Disponível em: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/coal/092220-voluntary-carbon-market-grows-6-on-year-in-2019-ecosystem-marketplace>. Acesso em: 3 ago. 2021.

SUN, L.; LIU, W.; FUJII, M.; LI, Z.; REN, J.; DOU, Y. **Chapter 1 - An overview of waste-to-energy: feedstocks, technologies and implementations.** In: REN, J. (org.). **Waste-to-Energy.** Academic Press, 2020. p. 1-22. E-book. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012816394800001X>. Acesso em: 14 jul. 2021.

TAYLOR, K. **US lawmakers push carbon border tariff similar to EU's CBAM.** In: Euractiv. 22 jul. 2021. Disponível em: <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/us-lawmakers-push-carbon-border-tariff-similar-to-eus-cbam/>. Acesso em: 3 ago. 2021.

TUKI WASI. **The first installation campaign of Improved Cookstoves of the Tuki Wasi programme.** In: 5 fev. 2021. Disponível em: <https://tukiwasi.org/en/notaprensa5/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

UCL; TROVE RESEARCH; LIEBREICH ASSOCIATES. **Future Demand, Supply and Prices for Voluntary Carbon Credits - Keeping the Balance.** p. 51, 2021.

UNCTAD. **A European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for developing countries.** p. 31, 2021.

UNFCCC. **Brazil First NDC.** 2016. Disponível em: <https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=BRA>. Acesso em: 8 jun. 2021.

UNFCCC. **Achievements of the Clean Development Mechanism: Harnessing Incentive for Climate Action.** 2018. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/UNFCCC_CDM_report_2018.pdf. Acesso em: 14 set. 2021.

UNFCCC. **Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on the third part of its first session, held in Katowice from 2 to 15 December 2018. Addendum 1. Part two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement.** 2019. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/193407>. Acesso em: 27 maio. 2021.

UNFCCC. **Paris Agreement - Brazil's Nationally Determined Contribution (NDC).** 2020. Disponível em: [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/Brazil%20First%20NDC%20\(Updated%20submission\).pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/Brazil%20First%20NDC%20(Updated%20submission).pdf). Acesso em: 14 set. 2021.

U.S. TRADE REPRESENTATIVE. **2021 Trade Agenda.** 2021. Disponível em: <https://ustr.gov/about-us/policy-offices/press-office/fact-sheets/2021/march/fact-sheet-2021-trade-agenda-and-2020-annual-report>. Acesso em: 3 ago. 2021.

VALOR ECONÔMICO. **Bernard Appy e Ana Paula Vescovi defendem tributação sobre carbono.** 2020. Disponível em: <https://valor.globo.com/live/noticia/2020/08/26/bernard-appy-e-ana-paula-vescovi-defendem-tributacao-sobre-carbono.ghtml>. Acesso em: 5 ago. 2021.

VERIFIED MARKET RESEARCH. **Global Carbon Capture And Storage Market Size By Technology, By End User, By Geographic Scope And Forecast.** [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/carbon-capture-and-storage-market/>. Acesso em: 12 ago. 2021.

VERRA. **Verra Search Page.** 2021a. Disponível em: <https://registry.verra.org/app/search/VCS/All%20Projects>. Acesso em: 8 jul. 2021.

VERRA. **The CCB Program.** In: 2021b. Disponível em: <https://verra.org/project/ccb-program/>. Acesso em: 17 ago. 2021.

VERRA. **Verra - Data and Insights - April 2021.** 2021c. Disponível em: <https://verra.org/datainsights/data-and-insights-april-2021/>. Acesso em: 20 maio. 2021.

VERRA. **Program Fee Schedule**. [S. l.: s. n.] Disponível em: https://verra.org/wp-content/uploads/2020/04/Program-Fee-Schedule_v4.1.pdf. Acesso em: 19 ago. 2021d.

VOTORANTIM. **Projeto de coprocessamento do açaí recebe prêmio da AmCham. In: Votorantim Cimentos - Institucional**. 17 dez. 2018. Disponível em: <https://www.votorantimcimentos.com.br/noticia/projeto-de-coprocessamento-do-acai-recebe-premio-da-amcham/>. Acesso em: 10 jun. 2021.

WORLD BANK. **Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report**. 2018. Text/HTML. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/where-sun-meets-water>. Acesso em: 16 jul. 2021.

WORLD BANK. **State and Trends of Carbon Pricing 2019**. 2019a. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31755>. Acesso em: 9 jul. 2021.

WORLD BANK. **Partnership for Market Implementation**. 2019b. Text/HTML. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/climatechange/brief/partnership-for-market-implementation>. Acesso em: 2 ago. 2021.

WORLD BANK. **Síntese das análises e resultados do Projeto PMR Brasil**. Grupo Banco Mundial e Ministério da Economia, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/relatorio-sintese-pmr.pdf>. Acesso em: 27 maio. 2021.

WORLD BANK. **State and Trends of Carbon Pricing 2021**. Washington, DC: World Bank, 2021 a. E-book. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35620>. Acesso em: 27 maio. 2021.

WORLD BANK. Aditivo Ao Componente 1 Da Fase De Implementação Do PMR Brasil - Subcomponente Florestal - Atividade B.2 - Quantificação do potencial de geração de ativos de carbono através de atividades florestais. **Projeto PMR Brasil**, p. 50, 2021 b.

WRI BRASIL. **Soluções baseadas na natureza são trunfo para recuperação econômica pós-pandemia**. 2020. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/solucoes-baseadas-na-natureza-sao-trunfo-para-recuperacao-economica-pos-pandemia>. Acesso em: 11 jun. 2021.

WRI BRASIL; NEW CLIMATE ECONOMY. **Uma nova economia para uma nova era: elementos para a construção de uma economia mais eficiente e resiliente para o Brasil**. 2020. E-book. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes/nova-economia-brasil-eficiente-resiliente-retomada-verde>. Acesso em: 19 maio. 2021.

ANEXOS

ANEXO A - OPÇÕES DE MITIGAÇÃO

Tabela A - 1: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Setor Agropecuário³⁵

Medidas	Abatimento (MtCO ₂ e)	% Abatimento total	Custo (US\$/tCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)
Sistemas integrados	4,5	0,2	-1.978,00	-8.923
Agricultura de baixo carbono	37,3	1,5	-311,70	-11.618
Intensificação da pecuária	2.377,5	98,3	1,99	4.731
Total	2.419,3	100	-	-15.810

Fonte: Adaptado de BRASIL (2017a).

Tabela A - 2: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Setor de Florestas³⁶

Medidas	Abatimento (MtCO ₂ e)	% Abatimento total	Custo (US\$/tCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)
Florestas plantadas	541	21	-0,38	-205
Redução do desmatamento	1.610	63	1,24	1.997
Restauração florestal	414	16	9,22	3.819
Total	2.565,0	100	-	5.611

Fonte: Adaptado de BRASIL (2017a).

35. Para o cálculo dos custos, foi aplicada uma taxa de desconto de 8%.

36. Para o cálculo dos custos, foi aplicada uma taxa de desconto de 8%.

37. A fonte referenciada (BRASIL, 2017a) não apresenta a taxa de desconto utilizada para o cálculo dos custos de abatimento das medidas apresentadas. A fonte referenciada (BRASIL, 2017a) não apresenta a taxa de desconto utilizada para o cálculo dos custos de abatimento das medidas apresentadas.

Tabela A - 3: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Setor de Energia³⁷

Subsetor	Medidas	Abatimento (MtCO ₂ e)	Custo (US\$/tCO ₂ e)
Biocombustíveis	Aumento de geração de energia elétrica nas destilarias a partir do uso de condições mais severas na caldeira (90 bar, 520°C) e do coprocessamento da palha	35,4 em 2050	Varia de -5,5, em 2030, a -2,3 em 2050
	Instalação de turbinas hidrocinéticas	547	Inicia-se em 7, em 2030, chegando a cerca de 3,5 em 2050*
Hidroelétrico	Repotenciação das usinas existentes	247	Menor que 1, a partir de 2030*
	Aproveitamento eólico (potencial eólico brasileiro a 100 metros de altura)	246,6	Custo médio de 107 até 2050
Eólico	Geração elétrica com concentradores solares (CSP) - usinas solar-térmicas	Varia de 27,4 a 89,4 entre as tecnologias das usinas	Varia de 145 a 793 entre as tecnologias das usinas
	Geração fotovoltaica centralizada (FV)	Tecnologia de emissão direta de GEE nula para ambos os cenários REF e BC	Custo de abatimento elevado para o início do horizonte de projeção, chegando a 84 em 2050v
Energia solar	Geração elétrica a partir de biomassa (UTE com caldeira de leito fluidizado cujo ciclo a vapor opera a 90 bar e 520°C o que faria com que a UTE atingisse eficiência total de 32%)	14,5	74,5
	Transmissão e distribuição de energia elétrica	15,4	24.185
Bioeletricidade	Substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis líquidos	As medidas podem reduzir até 47	da ordem de 40 US\$/tCO ₂ , para o blend de biodiesel, e acima de 400 US\$/tCO ₂ , para o uso de etanol em turbinas a gás
	Transmissão e distribuição de energia elétrica	3,1	1.030
Termelétricas a gás e derivados de petróleo e gás natural	Aumento da eficiência - instalação e recuperação de calor de baixa qualidade (WHRS) e introdução de plantas de ciclo combinado flexível	27	custos de abatimento fortemente negativos ao longo do período até 2050, devido à economia no consumo de combustível.

Fonte: Elaboração própria a partir de (BRASIL, 2017a); *(BRASIL, 2017d).

Tabela A - 4: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Setor de Transportes³⁸

Modo	Perfil	Medidas	Abatimento (MtCO ₂ e)	% Abatimento total	Custo (US\$/tCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)
Rodoviário	Carga	Caminhão pesado mais eficiente	124,1	7,9	68,39	8.487,04
	Passageiros	Automóveis <i>flex</i> mais eficientes	110,48	7,0	20,74	2.291,70
	Passageiros	Automóveis híbridos	208,07	13,2	441,98	91.962,27
	Passageiros	Automóveis <i>plug-in flex</i>	68,8	4,4	502,55	34.575,09
	Passageiros	Comerciais leves <i>flex</i> mais eficientes	42,27	2,7	3,55	150,24
	Passageiros	Ônibus urbano mais eficiente	91,46	5,8	-36,68	-3.354,86
Ferrovário		Trens mais eficientes	52,64	3,3	38,33	2.017,57
Aquaviário	Hidroviário (óleo diesel)	Hidroviário (óleo diesel)	14,76	0,9	39,82	587,97
	Cabotagem (óleo combustível)	Cabotagem (óleo combustível)	59,64	3,8	16,52	984,98
Aéreo	Aeronaves mais eficientes	Aeronaves mais eficientes	78,37	5,0	1,54	120,46
Mudança modal	Passageiros	Automóveis -> ônibus urbanos e metrô	664,85	42,2	0,07	44,29
	Carga	Cabotagem (óleo combustível)	59,64	3,8	16,52	984,98
Total			1.575,1	100	-	138.152

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2017f).

38. Para o cálculo dos custos, foi aplicada uma taxa de desconto de 8%.

39. Para o cálculo dos custos, foi aplicada uma taxa de desconto de 8%.

40. Para o cálculo dos custos, foi aplicada uma taxa de desconto de 15%.

Tabela A - 5: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Subsetor de Cimento³⁹

Medidas	Abatimento (MtCO ₂ e)	% Abatimento total	Custo (US\$/tCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)
Adição de carboneto de escória	24,80	27	-161,40	-4002,72
Inserção de refratário no forno de clínquerização	8,10	9	-155,50	-1259,55
Controle e otimização de processo	4,10	5	-154,80	-634,68
Melhorias no sistema de combustão	9,50	11	-143,10	-1359,45
Adoção de refrigeradores de grelha de alta eficiência	6,50	7	-69,90	-454,35
Processo de via seca com múltiplos estágios de ciclone	37,30	41	-7,00	-261,10
Total	90,30	100	-	-7971,85

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2017g).

Tabela A - 6: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Subsetor de Ferro-Gusa e Aço⁴⁰

Medidas	Abatimento (MtCO ₂ e)	% Abatimento total	Custo (US\$/tCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)
Sistema de controle avançado	1,39	3	-330,35	-459,19
Preaquecimento da sucata	2,78	5	-281,49	-782,54
UTE avançadas para produção de eletricidade em usinas integradas	6,69	12	-247,92	-1658,58
Drivers de velocidade variável nos BOF	4,53	8	-231,35	-1048,02
Queimadores <i>oxy-fuel</i>	1,77	3	-132,39	-234,33
Recuperação de calor sensível do BOF	6,99	13	110,74	774,07
Recuperação de calor das fornalhas de ar quente	1,21	2	-31,38	-37,97
Injeção de carvão pulverizado	6,09	11	-20,32	-123,75
<i>Coke dry quenching</i>	3,40	6	-14,19	-48,25
Recuperação de calor residual	3,00	6	24,74	74,22
Fornos <i>Scope 21</i>	9,60	18	50,14	481,34
<i>Top pressure recovery turbine (TRT)</i>	4,62	9	50,22	232,02
Controle da umidade do carvão	1,87	3	150,07	280,63
Total	53,94	100	-	-2550,34

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2017h).

Tabela A - 7: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Subsetor de Química⁴¹

Medidas	Abatimento (MtCO ₂ e)	% Abatimento total	Custo (US\$/tCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)
Adoção de pré-reformador na produção de metanol	0,11	0,24	-70,0	-7,70
Recuperação de hidrogênio na produção de metanol	0,17	0,36	-69,0	-11,73
Monitoramento e manutenção de caldeiras	3,84	8,23	-69,0	-264,96
Recuperação de calor em caldeiras	1,94	4,16	-65,0	-126,10
Adoção de queimadores <i>low</i> NOx em fornos	0,82	1,76	-54,0	-44,28
Adoção de pré-reformador na produção de amônia	0,38	0,81	-47,0	-17,86
Reciclo de condensado em caldeiras	2,74	5,87	-27,0	-73,98
Maior uso de biomassa em fornos	2,43	5,21	-22,0	-53,46
Maior uso de biomassa em caldeiras	3,52	7,55	-20,0	-70,40
Integração de processos com análise <i>pinch</i> na petroquímica básica	2,36	5,06	4,0	9,44
Monitoramento e manutenção de sistemas motores	9,06	19,42	4,0	36,24
Integração de processos com análise <i>pinch</i> na produção de amônia	0,22	0,47	24,0	5,28
Recuperação de hidrogênio na produção de amônia	0,79	1,69	25,0	19,75
Maior uso de gás natural em caldeiras	5,31	11,38	78,0	414,18
Maior uso de gás natural em fornos	12,96	27,78	81,0	1049,76
Total	46,65	100	-	864,18

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2017i).

41. Para o cálculo dos custos, foi aplicada uma taxa de desconto de 8%.

42. Para o cálculo dos custos, foi aplicada uma taxa de desconto de 15%.

43. Para o cálculo dos custos, foi aplicada uma taxa de desconto de 8%.

Tabela A - 8: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Subsetor de Cal e Vidro⁴²

Medidas	Abatimento (MtCO ₂ e)	% Abatimento total	Custo (US\$/tCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)
Recuperação de calor (vidro plano)	0,06	0,4	-53,90	-3,23
Substituição de coque por gás natural (cal)	11,47	81,1	1,15	13,19
Oxicombustão (vidro plano)	1,25	9	41,40	51,63
Utilização de caco como matéria-prima (vidro oco)	0,16	1,1	63,80	10,19
Fusão elétrica (vidro oco)	1,06	7,5	105,60	112,44
Preaquecimento do caco (vidro oco)	0,12	0,8	132,10	15,56
Recuperação de calor (vidro oco)	0,02	0,1	292,20	5,94
Total	14,14	100	-	205,71

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2017i).

Tabela A - 9: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Subsetor de Alumínio (medidas não aditivas)⁴³

Medidas	Abatimento (MtCO ₂ e)	% Abatimento total	Custo (US\$/tCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)
Uso de materiais isolantes em fornos	5,09	13	0,16	0,81
Recuperação de calor	23,77	60,3	0,66	15,69
Otimização fluxo do ar de combustão	4,04	10	1,78	7,19
Controle de pressão e vazamento em fornos	4,65	12	4,22	19,62
Otimização da operação de células	0,06	0,2	5,00	0,30
Otimização de motores	1,65	4,2	5,51	9,09
Troca <i>smelter</i> Soderberg por Prebake	0,12	0,3	326,08	39,13
Total	39,38	100	-	91,84

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2017j).

Tabela A - 10: Potencial e Custos de Abatimento das Medidas do Subsetor de Papel e Celulose (medidas não aditivas)⁴⁴

Medidas	Abatimento Acumulado (MtCO ₂ e)	% Abatimento total	Custo (US\$/tCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)
Manutenção das caldeiras de papel	2,77	17	-330,70	-915,71
Manutenção das caldeiras auxiliares	0,28	2	-330,55	-92,22
Caldeiras de papel com controle avançado de processo	0,78	4,7	-302,27	-236,98
Caldeiras de papel com retorno de condensado	2,32	14	-259,16	-600,99
Uso de secadores CondeBelt	4,67	28,1	-215,60	-1007,50
Caldeiras de papel com recuperação de calor e vapor	0,21	1	-206,71	-42,38
Uso de prensas mais eficientes	5,02	30,1	-75,89	-380,74
Caldeiras auxiliares com controle avançado do processo	0,08	0,4	71,35	5,64
Modificações nos fornos de cal	0,27	1,6	123,51	33,59
Caldeiras auxiliares com retorno de condensado	0,23	1	192,25	44,99
Caldeiras auxiliares com recuperação de calor e vapor	0,02	0,1	929,50	19,52
Total	16,65	100	-	-3172,78

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2017k).

44. Para o cálculo dos custos, foi aplicada uma taxa de desconto de 8%.

ANEXO B - MECANISMOS DE MERCADO DO ARTIGO 6 DO ACORDO DE PARIS

Quadro B - 1: Diferenças entre os mecanismos estabelecidos pelos Artigos 6.2 e 6.4 do Acordo de Paris

	Mecanismos	
	ITMO - <i>Internationally Transferred Mitigation Outcomes</i> - ARTIGO 6.2	Mecanismo de créditos de redução de emissões - ARTIGO 6.4
Definição	Comercialização de resultados de mitigação internacionalmente transferidos contratada diretamente entre países. Um mesmo país pode comprar ou vender ITMO sem limitação de quantidade contando que faça os ajustes correspondentes.	Mecanismo descentralizado para transações de créditos de carbono entre entidades públicas e privadas.
	Mecanismo que permitiria a um país que cumpriu sua meta de redução de emissões da sua NDC vender qualquer superação a uma nação que ficou aquém de seus próprios objetivos. Permitindo que os países comercializem voluntariamente “resultados de mitigação” para uso em relação ao Acordo de Paris, desde que promovam o desenvolvimento sustentável, garantindo ao mesmo tempo integridade ambiental e transparência.	Mecanismo que criaria um novo mercado internacional de carbono, governado por um órgão da ONU, para o comércio de reduções de emissões criadas em qualquer parte do mundo pelo setor público ou privado.
Citado nos artigos do Acordo de Paris	Artigo 6.2 e 6.3	Artigo 6.4, 6.5 e 6.6
Agentes	Países - Transações contratadas entre governos	Entidades públicas e privadas
O que é transacionado	Emissões reais resultantes de mitigação	Crédito de carbono - emissões estimadas a partir de projetos
Tipo de projeto	Não tem a necessidade de projeto. Governo do país transferidor de forma independente pode desenhar as políticas públicas (ou políticas pré-existent) e os incentivos para projetos públicos e privados que geram as reduções de emissões e os critérios de repartição dos benefícios gerados no ITMO.	Não é ligado a políticas públicas.
Mensuração de créditos	Não se aplica	Os créditos são mensurados pelas reduções adicionais a uma linha de base de trajetória de emissões que ocorreriam sem a execução dos projetos.
Processo de transação	Contratadas entre as Partes, contabilizadas e comunicadas ao órgão gestor do Acordo de Paris sem a necessidade de sua autorização.	Processo normatizado em que cada atividade requer autorização tanto do país hospedeiro como do órgão gestor do Acordo de Paris, antes de o crédito de carbono ser comercializado.

	Mecanismos	
	ITMO - <i>Internationally Transferred Mitigation Outcomes</i> - ARTIGO 6.2	Mecanismo de créditos de redução de emissões - ARTIGO 6.4
Custos de Transação	Mais baixos	Mais altos devido às exigências de normatização para garantir a adicionalidade dos créditos gerados.
Desenvolvimento do projeto	Os resultados de mitigação são planejados e executados com autonomia pela parte transferidora com base nas condições contratuais.	Entidade pública ou privada patrocinadora do projeto o desenvolve com regras, modalidades e procedimentos estabelecidos pelo órgão gestor do Acordo de Paris.
Verificação e validação dos resultados	O país transferidor seria o responsável por validar de forma independente as contribuições e a remuneração, de acordo com parâmetros próprios mais adequados à estrutura econômica e à trajetória de redução de emissões do país.	Realizadas por auditor independente credenciado.
Aprovação e registro	Não é necessária aprovação. Registro feitos entre as partes junto ao órgão gestor do Acordo de Paris.	Autoridade Nacional Designada (AND) do país hospedeiro do projeto o aprova o envia para registro no órgão gestor do Acordo de Paris. Organismo designado pelo órgão gestor do Acordo de Paris registra e verifica o projeto e emite certificados de créditos de carbono do projeto.
Conclusão da operação	As partes registram as trocas e os ajustes correspondentes das suas NDCs.	Registro da emissão dos certificados que as transações dos créditos de carbono no Acordo de Paris. As partes registram os ajustes correspondentes das suas NDCs.
Valor de mercado	Depende da consistência do ITMO ofertado.	Depende da qualidade do projeto.
Perspectivas para a regulamentação dos artigos	A regulamentação do artigo definirá as atividades de mitigação elegíveis, os procedimentos de acompanhamento e o registro das transações junto ao órgão gestor do Acordo de Paris, mas não tratará da metodologia utilizada para diminuir as emissões de GEE no país transferidor dos ITMOs;	Regras, modalidades e procedimentos para a implementação do mecanismo de mercado do Artigo 6.4 deverão ser aprovados pela Conferência das Partes, que também criará o órgão gestor mencionado para supervisionar a aplicação dessas provisões.
Perspectivas para o Brasil após COP 26	Em países como o Brasil, cuja NDC é ambiciosa e <i>economy-wide</i> (vale para o conjunto da economia), um ITMO indicará resultados de mitigação adicionais e com integridade climática, além de custos de governança muito inferiores aos dos projetos do 6.4. E isso será certamente uma vantagem comercial do Brasil sobre países com NDC pouco ambiciosas que podem estar gerando resultados que seriam realizados sem o ITMO.	A experiência de sucesso do país no desenvolvimento de projetos de MDL valoriza a oferta de créditos via mecanismo do Artigo 6.4, mas há que se arcar com os custos de todo o processo de validação e verificação dos créditos.

	Mecanismos	
	ITMO - <i>Internationally Transferred Mitigation Outcomes</i> - ARTIGO 6.2	Mecanismo de créditos de redução de emissões - ARTIGO 6.4
Princípio da Mitigação Geral das Emissões Globais (OMGE)	Embora o texto do Artigo 6.2 não mencione o OMGE, discute-se também sua aplicação no ITMO, embora o risco de perda de adicionalidade seja menor do que no mecanismo do 6.4, uma vez que no ITMO as trocas não se realizam com créditos de projetos.	O princípio da mitigação geral das emissões globais (OMGE) para aumentar a ambição do Acordo. O objetivo é obrigar que uma parte do aumento de NDC do ajuste correspondente da NDC do país vendedor não possa ser usada pelo país comprador para cumprimento da sua NDC. Ao reduzir o volume de ajuste do país comprador, a implementação do OMGE provocaria um aumento no preço dos créditos comercializados. O valor total das transações poderia crescer em benefício dos países hospedeiros, mas o efeito preço incentivaria mais mitigação doméstica nos países compradores que poderiam diminuir a demanda por créditos.
Repartição De Fundos (SOP)	Não é explicitado no Artigo 6.2. Por razões de isonomia de tratamento e potencial de financiamento, muitas Partes, como o Brasil, estão sugerindo que o SOP seja igualmente adotado nas transações com ITMO, tal como no OGME.	O Artigo 6.6 estabelece que uma parte das receitas das transações do mecanismo do Artigo 6.4 seja utilizada para financiar outras atividades de gestão do Artigo 6 e ações de adaptação climática nos países vulneráveis. Seu impacto nos preços é similar ao descrito para o OMGE.
Mecanismo semelhante no protocolo de Kyoto	Não se aplica.	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)
Negociações quanto à regulamentação	A forma precisa desta contabilidade "robusta" do Artigo 6.2 é um dos principais focos das negociações em andamento com vários desafios técnicos. Sendo um deles se consideram as metas e emissões para um único ano ou que definem um orçamento de carbono que cobre vários anos.	O texto em negociação inclui vários testes de linha de base para garantir a adicionalidade.

Fonte: Evans e Gabbatiss (2018) e Seroa Da Motta (2021).

REALIZAÇÃO:



APOIO:

