COMO VIABILIZAR UM BRASIL NEUTRO EM GASES DE EFEITO ESTUFA ATÉ 2050?

Caminhos de descarbonização da economia brasileira

Esse relatório é uma adaptação elaborada pelo CDP Latin America do "Plano de Descarbonização para o estado de Minas Gerais dentro de um Brasil clima neutro em 2050". A pesquisa foi conduzida inteiramente pelo Centro de Economia Energética e Ambiental (Cenergia), no âmbito do Programa de Planejamento Energético (PPE) do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O documento original publicado contém a série histórica de todos os gráficos e pode ser acessado clicando aqui.

Abril, 2022

Fotografia: Adobestock

Índice

03 **Sumário Executivo**

06 **Introdução**

09 **Governança Climática Global**

17 **Trajetória de descarbonização do Brasil**

26 **Conclusão**

Autores
Miriam Garcia
Rebeca Rocha
Francisco de Tulio
Antonio Ouro

Autores do documento "Plano de Descarbonização para o estado de Minas Gerais dentro de um Brasil clima neutro em 2050"

Elaboração
Laboratório Cenergia/ PPE/COPPE/UFRJ

Coordenação
Prof. Roberto Schaeffer
Prof. Alexandre Szklo
Prof. André F. P. Lucena
Prof. Pedro R. R. Rochedo
Profa. Joana Portugal-Pereira

Equipe
Talita Cruz
Luiz Bernardo Baptista
Gerd Angelkorte
Eveline Arroyo

Design editorial
Thiago Oliveira Basso

Avisos Importantes

O conteúdo deste relatório pode ser usado por qualquer pessoa, contanto que seja reconhecida a autoria do CDP Latin America. Isto não representa uma licença para realizar uma releitura ou revenda de qualquer informação relatada ao CDP ou aos autores apresentados neste relatório. Caso pretenda realizar uma releitura ou revender qualquer conteúdo contido neste relatório, é necessário obter uma autorização prévia e expressa do CDP. Não se recomenda atuar com base nas informações contidas nesta publicação sem obter aconselhamento profissional específico. Na medida permitida pela lei, o CDP não aceita ou assume qualquer compromisso, responsabilidade ou dever de arcar com qualquer consequência de qualquer outra pessoa agindo ou se abstendo em função das informações contidas neste relatório ou por qualquer decisão nele baseada. Todas as informações e pontos de vista aqui expressos pelo CDP estão baseados em seus julgamentos no momento da elaboração deste relatório e estão sujeitos a alterações sem aviso prévio devido a fatores econômicos, políticos e específicos da empresa. Os comentários realizados pelos convidados neste relatório refletem os pontos de vista e perspectivas dos respectivos autores; a inclusão dos comentários não significa o endosso deles. O CDP, seus membros e empresas afiliadas, ou seus respectivos acionistas, membros, parceiros, responsáveis, diretores, executivos e/ou funcionários podem ter uma posição nos títulos imobiliários das empresas aqui discutidas. 'CDP Latin America' e 'CDP' registrada no Brasil sob o nº 12.632.882/0001-97.

© 2022 CDP. Todos os direitos reservados.

Sumário Executivo

As mensagens científicas sobre a urgência de combater a mudança climática são uníssonas. O Painel Intergovernamental de Mudança Climática (IPCC, na sigla em inglês) aponta que o aumento de temperatura de 1.5°C até 2100 é o caminho que todos devemos buscar para evitar disrupturas mais graves dos ecossistemas naturais e também dos sistemas sociais e econômicos.

O atingimento dessa meta pode ser traduzido em duas grandes etapas. A primeira etapa consiste em reduzir em 43% as emissões de gases de efeito estufa (GEE) até 2030. Já a segunda etapa demandará zerar as emissões de carbono até 2050, como mostra o mais recente relatório do IPCC[1].

O termo NetZero ganhou popularidade ao longo de 2021 graças à campanha *Race to Zero* lançada pelos *High-Level Climate Champions* das COP-25 e COP-26 da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC). Ao redor do mundo, não somente países, mas também empresas, investidores e governos subnacionais se comprometeram a zerar suas emissões até 2050.

Quais as implicações desse compromisso, com potencial de mudar o curso da relação da humanidade com o planeta Terra, caso cumprido de forma coletiva? Deve-se recorrer, mais uma vez, à ciência. Estudos mostram a necessidade de elaborar análises rigorosas e com múltiplos cenários de transição, já que possibilitam explorar diferentes opções de mitigação para o alcance da neutralidade de GEE em 2050.

Este relatório, construído com base em estudos desenvolvidos pelo Laboratório Cenergia da COPPE-UFRJ, tem como objetivo apresentar os resultados da modelagem integrada para um Brasil clima neutro em 2050. No presente relatório, um cenário de clima neutro ou de neutralidade climática é entendido como um cenário trajetória que visa emissões líquidas zeradas de GEE em 2050. Assim, busca-se apresentar as mudanças estruturais para os setores de energia, transporte, AFOLU e resíduos que contruírão para os esforços de mitigação do Brasil. Caso o cenário de transição para o Brasil seja atingido, em torno de 21 bilhões de toneladas de CO_2 equivalente podem ser evitadas até 2050.

Cumpre destacar que as maiores reduções absolutas no cenário brasileiro ocorrem no setor de AFOLU, com a implementação das seguintes medidas: recuperação de pastagens, conservação de áreas naturais e aumento de sistemas integrados ou agroflorestais.

O CDP América Latina espera que os resultados científicos apresentados neste relatório embasem a formulação de políticas públicas que insiram, definitivamente, o Brasil na trajetória de neutralidade climática, apoiando o desenvolvimento econômico e social do país.

1 IPCC – Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change .

Principais mensagens

- O termo NetZero tem duas variações. NetZero *Carbon* ou Carbono neutro significa o balanço entre emissões e remoções apenas de CO_2. Já o termo NetZero *Emissions* representa o balanço entre emissões e remoções dos três principais GEE de origem antropogênica (CO_2, CH_4 e N_2O). O relatório utilizou a abordagem de neutralidade de emissões de GEE para a construção do cenário de transição brasileiro.
- Para que a meta de emissões líquidas zero consiga ser alcançada em 2050, todos os setores são impactados de alguma forma, contribuindo de maneira distinta para a mitigação nacional.
- Toda emissão de GEE que não for zerada até 2050 precisa ser compensada por emissões negativas. Entre diversas opções de compensação estão recuperação de pastagem degradadas e a restauração florestal.

(...) clima neutro ou neutralidade climática é entendido como um cenário trajetória que visa emissões líquidas zeradas de GEE em 2050

Setor de Agropecuária, Floresta e Outros Usos do Solo (AFOLU)

- A recuperação das pastagens degradadas e conservação de florestas nativas é preponderante em um cenário de Brasil neutro em GEE em 2050.
- Há um aumento da participação de sistemas integrados (ILP) e agroflorestais (ILPFc – integração lavoura-pecuária-floresta comercial e ILPFn – integração lavoura-pecuária-floresta nativa) em 2050. O cenário de referência prevê 7 milhões de hectares para esses sistemas. Já o cenário NetZero em 2050 aponta para cerca de 18,3 milhões de hectares.
- A diminuição de áreas de solo degradado é importante para reduzir as pressões sobre áreas de vegetação natural, que são advindas da necessidade de expansão de terras agricultáveis para a produção de alimentos e de insumos para a produção de biocombustíveis no cenário de neutralidade climática.

Setor de Energia

- O cenário NetZero para 2050 demandará um crescimento da participação das fontes renováveis na oferta interna de atuais 48% para 73%. Destaque para o aumento da participação de energia eólica, solar e, principalmente, biomassa.
- A modelagem integrada para o cenário NetZero utiliza biocombustíveis celulósicos por duas principais

causas: Descarbonização do setor de transportes, como os modais aéreo, marítimo e de transporte de carga, e a captura e armazenamento do CO_2 atmosférico.

- Processos de captura e armazenamento de carbono (carbon capture and storage – CCS) podem ser aplicados em diversos processos produtivos, como em alguns setores industriais, e em processos de produção de biocombustíveis avançados.

Setor Industrial

- O maior destaque para o setor industrial – foco para siderurgia – é o aumento da utilização do carvão vegetal de origem renovável em substituição ao carvão mineral de origem fóssil.
- O aumento do uso da biomassa em 2050 também é significativo para a indústria.

Setor de Transportes

- As duas principais estratégias para descarbonizar esse setor são (i) eletrificação progressiva de veículos leves e (ii) a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, principalmente para uso em veículos pesados.

Setor de Resíduos

- As análises para esse setor abrangem: tratamento de efluentes, incineração de resíduos sólidos hospitalares e tratamento de resíduos sólidos urbanos. A implementação da queima em flare – evitar a emissão do gás metano ao queimá-lo – em aterros sanitários aumenta significativamente.
- O uso de aterros sanitários e controlados terá sua participação zerada em 2050.

Setor de Edificações

- O setor de edificações não é abordado no relatório devido à sua baixa contribuição no total das emissões nacionais de GEE.

Foto: Adobestock

Introdução

Como chegamos em um estado de emergência climática

As mudanças climáticas são reais e afetam milhões de pessoas ao redor do planeta. Estudos recentes apontam[2] que aproximadamente 80% da superfície terrestre do planeta já sofreu de alguma forma os impactos das mudanças climáticas. O cenário é tão preocupante que mais de 13.000 cientistas, representando cerca de 150 países, assinaram uma declaração[3] afirmando que **emergência climática** é o termo mais adequado para descrever o momento que vivemos.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente[4] (UNEP, em sua sigla em inglês), **a influência humana no aumento descontrolado da temperatura terrestre é inequívoca**. As consequências são ondas de calor, enchentes, secas e outros tipos de incidentes climáticos em frequência e intensidade cada vez maiores. O ano de 2019, por exemplo, marcou recordes de temperaturas globais[5] e um estudo de 2021[6] indica que aproximadamente 30% da população global é exposta a ondas de calor mortais por pelo menos 20 dias ao ano.

Segundo o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas[7] (IPCC, em sua sigla em inglês), a maior autoridade mundial a respeito do aquecimento global, o cenário é crítico por alguns motivos. Primeiramente, **alguns impactos das mudanças climáticas já são irreversíveis.** Além do mais, diferentes partes do planeta são afetadas com mais ou menos intensidade, dependendo da sua capacidade de adaptação e dos seus níveis de vulnerabilidade. **O estudo mostra que as populações latino-americanas, por exemplo, serão umas das mais suscetíveis aos impactos climáticos.**

Ainda segundo o relatório, o aumento da temperatura média global em 1.5°C acima dos níveis pré-industriais a curto prazo (até 2040) "causaria aumentos inevitáveis em diversos riscos climáticos e apresenta riscos severos para os ecossistemas e os seres humanos" (IPCC, 2022). **Já atingimos um patamar de aquecimento em que, mesmo com ações imediatas que limitem o aquecimento a 1.5°C, alguns dos riscos causados pelas mudanças climáticas não poderão ser evitados.** A única maneira de evitar eventos climáticos que causarão consequências fatais para o planeta é reduzir em 50% as emissões de GEE até 2030 e atingir emissões líquidas zero de carbono até 2050.

Essa tarefa, devido à sua complexidade e magnitude, requer uma mobilização global e cooperativa visando (i) o fortalecimento de mecanismos intergovernamentais, como as conferências multilaterais

2 Washington Post. At least 85 percent of the world's population has been affected by human-induced climate change, new study shows. **3** Scientificamerican. We Are Living in a Climate Emergency, and We're Going to Say So. **4-5** UN Environment Programme. Facts about climate emergency. **6** UN Environment Programme. Cooling and Climate Change. **7** IPCC - Climate Change 2022: Impacts Adaptations and Vulnerability.

(a Conferência das Partes, – COP – da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – UNFCCC em sua sigla em inglês ; (ii) o crescimento da cooperação internacional para enfrentamento da mudança do clima, considerando tanto ações de mitigação de emissão de gases de efeito estufa e ações de adaptação; e o (iii) aumento dos fluxos financeiros para a solidificação de uma economia de baixo carbono.

Como a mudança climática afeta o Brasil

Regionalmente, deve-se considerar que grande parte dos impactos relacionados ao aumento da temperatura global recairão sobre as cidades. De acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC)[8], além de concentrarem cerca de 86% da população brasileira, elas são especialmente vulneráveis às mudanças climáticas devido ao seu processo de urbanização. Em linhas gerais, as cidades brasileiras **"cresceram de forma acelerada e desordenada, com ocupações de áreas de risco, avanço sobre fundos de vales e rios e uma série de modificações no ambiente natural. A expansão urbana produziu bairros com alta densidade e poucas áreas verdes"[9].**

Os riscos são ainda maiores quando se consideram as cidades costeiras. Segundo relatório[10] do PBMC, **60% da população brasileira vive em cidades litorâneas. Esse enorme contingente populacional estaria sujeito "ao aumento do nível do mar, a mudanças na frequência e intensidade de tempestades, e ao aumento na precipitação e na temperatura dos oceanos"[11]**, entre outros riscos. Entre as cidades mais vulneráveis estão grandes centros metropolitanos brasileiros, como Santos, Rio de Janeiro, Salvador, Recife e Fortaleza.

No ano de 2021, 84 cidades brasileiras reportaram riscos climáticos no questionário do CDP. De todos os riscos reportados, os mais presentes foram: tempestades (26%), enchentes (16%) e escassez hídrica (14%). As cidades que mais reportaram riscos foram: Rio de Janeiro (16 riscos reportados), Santos (10) e Niterói (9).

Além dos riscos físicos causados por eventos climáticos extremos e seus impactos sociais, uma grande preocupação são os impactos econômicos das mudanças climáticas. Um artigo publicado em 2021 pela Revista de Economia e Sociologia Rural[12] analisou os impactos econômicos potenciais das mudanças climáticas no Brasil até 2040. O estudo considerou dois cenários – um intermediário e um severo – e, em ambos os casos, o Brasil deve sofrer uma retração no PIB real. Esse impacto deve ser maior naquelas regiões que mais dependem da agricultura, em especial do cultivo de soja, notadamente a região Centro-oeste e parte da região Nordeste. Entretanto, diferentes setores econômicos, incluindo o industrial, poderão sentir os impactos da desregulação climática causada pelo aumento da temperatura, como alteração nos ciclos hidrológicos que poderão causar escassez nos reservatórios e impacto na produção de energia elétrica.

8-9 Nexo Jornal. Como as cidades tentam se adaptar às mudanças climáticas? **10-11** Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas. **12** Santos, C. V., Oliveira, A. F., & Ferreira Filho, J. B. S. (2022). Potential impacts of climate change on agriculture and the economy in different regions of Brazil. Revista de Economia e Sociologia Rural, 60(1), e220611.

Como esse relatório contribui para a construção de um Brasil NetZero

Todos os dados apresentados, quando observados em conjunto, demonstram a gravidade da situação e a necessidade de agir imediatamente. **O objetivo deste relatório, portanto, é explorar a realidade climática brasileira e compreender como as diferentes fontes nacionais de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) contribuem para tornar o Brasil o sexto maior emissor mundial[13], bem como tais fontes de emissão precisam se adequar para reduzir essas emissões e alcançar a meta de neutralidade climática até 2050,** apresentada pelo Brasil às Nações Unidas em sua chamada Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em sua sigla em inglês).

A publicação é baseada em um estudo realizado pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ) e financiado pelo CDP América Latina, chamado "Plano de Descarbonização para o estado de Minas Gerais dentro de um Brasil clima neutro em 2050"[14]. Este relatório, a segunda entrega de um estudo mais amplo, buscou analisar dois cenários – um de referência, mantendo as políticas climáticas atuais, e outro NetZero, considerando ações de mitigação em diferentes setores – e compreender quais são as premissas de um Brasil com neutralidade de GEE até 2050.

A expectativa é fornecer aos (às) formuladores(as) de políticas públicas brasileiros(as) um documento robusto, ainda que sintético, que sirva de apoio para compreender a situação atual do perfil de emissões de GEE brasileiro e as boas práticas para não somente controlar essas emissões, mas também para reduzi-las a ponto de atingir a meta de neutralidade climática, promovendo ganhos ambientais, sociais e econômicos para o Brasil

Por fim, este relatório está organizado da seguinte forma: após a introdução, tem-se uma seção com os principais marcos da governança climática global e da evolução dos compromissos brasileiros submetidos à UNFCCC. Em seguida, são apresentados os principais resultados do estudo para um Brasil clima neutro em 2050, elaborado pelo Laboratório Cenergia do Programa de Planejamento Energético da COPPE-UFRJ.

Fornecer um documento robusto, ainda que sintético, que sirva de apoio para compreender a situação atual do perfil de emissões de GEE brasileiro e as boas práticas

13 World Resources Institute Brasil. Os países que mais emitiram gases de efeito estufa nos últimos 165 anos. **14** Plano de Descarbonização para o estado de Minas Gerais dentro de um Brasil clima neutro em 2050.

Governança Climática Global

O combate à mudança do clima é um problema global. Por esse motivo, os países têm adotado, há mais de duas décadas, uma fórmula multilateral para seu tratamento. Por meio da UNFCC, são apresentados os compromissos climáticos dos Estados, mobilizado o financiamento em grande escala para o clima e definidos os consensos sobre a ação climática dos países.

Desse modo, a seção apresenta os princípios e a evolução das negociações sobre clima e analisa se as metas de mitigação que o Brasil anunciou à Convenção são ambiciosas o suficiente para cumprir com esse objetivo global. O regime internacional foi dividido em três etapas decisivas: a do Protocolo de Quioto, primeiro grande tratado de clima; a do Acordo de Paris, momento de mobilização em torno do 1,5°C; e a do Pacto de Glasgow, que originou o chamado inequívoco para a definição de metas compatíveis com um mundo NetZero até 2050.

Da conscientização à criação da UNFCCC

Entre as décadas de 1970 e 1980, o debate científico e político sobre os impactos antropogênicos no clima evoluiu significativamente, contando com crescente sensibilização da comunidade internacional. Foram realizados diversos foros ambientais e conferências intergovernamentais sobre a temática, que culminaram na concepção da UNFCCC durante a Conferência Eco-92, que aconteceu no Rio de Janeiro.

A UNFCCC fundamenta as negociações internacionais sobre o tema e é formada por cento e noventa e seis países mais a União Europeia, que se reúnem, desde 1995, em Conferências sobre Mudança do Clima (COPs, na sigla em inglês) anuais.

Protocolo de Quioto (2008-2020)

Assim que a Convenção foi estabelecida, identificou-se a necessidade de países industrializados tomarem a dianteira na adoção de metas de combate ao aquecimento global, já que haviam contribuído historicamente para maiores níveis de emissão de GEE.

Com base nesse princípio, chamado de 'Responsabilidades Comuns, Porém Diferenciadas' (RCDP), negociou-se o Protocolo de Quioto, que cumpriu os requisitos para entrar em vigor apenas em 2005, quase uma década depois de sua finalização.

O Protocolo de Quioto estabeleceu as metas quantitativas legalmente obrigatórias de redução de emissões para países desenvolvidos, enquadrados no Anexo I do documento.

Primeira Fase do Protocolo de Quioto (2008-2012)

Nesse momento, compreendendo o período de 2008 a 2012, os países incluídos no grupo se comprometeram, em conjunto, a uma redução de pelo menos 5% de suas emissões, tendo como referência os níveis de emissão de 1990.

Aos países contidos no não-Anexo I, compromissos voluntários foram delimitados com base em seus perfis de baixos emissores históricos e outras diferenciações, como as pertinentes aos mais vulneráveis à mudança do clima e àqueles de menor desenvolvimento relativo.

Todavia, após sua adoção, os países enfrentaram difíceis etapas de operacionalização de seus dispositivos e princípios, o que representou o contínuo aumento de emissões de GEE.

Negociações para a Segunda Fase do Protocolo de Quioto

Nesse interim, reconheceu-se a contribuição crescente de países em desenvolvimento no total das emissões de GEE, o que levou a uma busca de construção consenso sobre alternativas que levassem em conta essas mudanças.

Além do mais, era preciso negociar a configuração do regime multilateral para o pós-2012, quando o primeiro período de compromissos do Protocolo de Quioto se expiraria. Nesse contexto, alguns atores defendiam a viabilidade de pactuá-la durante a Conferência de Copenhague (COP-15), ocorrida em 2009, o que não se mostrou possível.

Segunda Fase do Protocolo de Quioto (2012-2020)

Como uma das formas de superar os bloqueios nas negociações, se estabeleceu um "segundo trilho" de compromissos, voluntário. Países em desenvolvimento poderiam negociar suas respectivas participações no enfrentamento à mudança do clima sem que fosse necessária a inclusão no Anexo I do Protocolo de Quioto.

Ainda assim, não foi possível evitar a defecção de grandes emissores nos anos posteriores. Japão, Nova Zelândia e Rússia não aderiram ao segundo período de compromissos obrigatórios para os países desenvolvidos, que iria de 2012 a 2020. Estados Unidos e Canadá, por sua vez, se retiraram de Quioto antes mesmo da sua finalização. Conhecida como Emenda Doha, essa etapa previu a redução das emissões de GEE em 18%, em comparação aos níveis de 1990[15].

Não foi possível evitar a defecção de grandes emissores nos anos posteriores. Japão, Nova Zelândia e Rússia não aderiram ao segundo período de compromissos

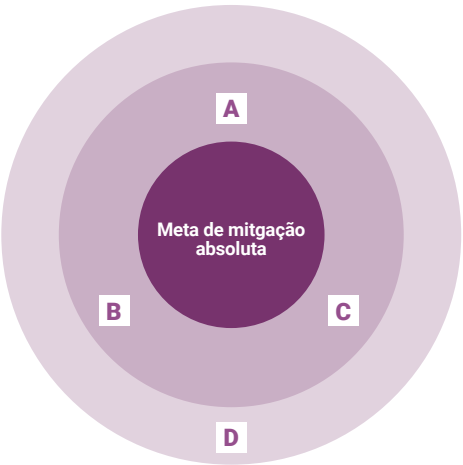
15 ROCHA, Rebeca (2016). Uma Análise do Acordo e Paris: A Convenção-Quadro e a Nova Fase do Regime Multilateral de Mudança do Clima.

Acordo de Paris (pós-2020)

Antecedentes

A partir de 2013, foi lançado um plano de trabalho para negociar um **novo instrumento** internacional para mudança do clima, que deveria ser finalizado em 2015 e **entraria em vigor após 2020, quando o segundo período de compromissos de Quioto se encerraria.**

Ao longo do processo, O Brasil propôs o princípio de '*Responsabilidade Concêntrica*', (RC) incorporada ao futuro instrumento, o Acordo de Paris. Nele, não se deixam de reconhecer os diferentes estágios de desenvolvimento dos países, que implicam em categorizações e metas diferenciadas, mas equaliza-se as RCPD à demanda dos desenvolvidos por compromissos vinculantes a todos os países (imagem abaixo).



A Meta de intensidade
B Meta per capita
C Meta de desvio de trajetória "Business as usual" (BAU)
D Atores fora da economia

Todos os países desenvolvidos (antigo Anexo I) devem estar no centro do círculo. Todos os países devem se mover para o centro do círculo, conforme suas RCPD e RC. Os países jamais podem sair do centro do círculo para zonas dele mais afastadas (não retorno).

Portanto, a RC é uma maneira de apoiar a definição de compromissos cada vez mais ambiciosos por todos os países e inaugura uma nova fase do regime multilateral de clima.

O que é o Acordo de Paris?

Finalizado na COP-21, ocorrida em 2015, o Acordo de Paris estende as obrigações assumidas sob a Convenção a todos os países, redistribuindo os custos relativos do esforço global para o enfretamento do clima, uma mudança notável com relação ao Protocolo de Quioto.

Outro aprendizado em relação a Quioto diz respeito aos mecanismos de penalização por descumprimento das metas previstas, que não foram suficientes para garantir os resultados e assegurar a adesão dos países.

Paris, portanto, modelou um regime *bottom-up* com elementos *top-down*: cada país apresenta voluntariamente suas metas de mitigação (conhecidas como **Contribuições Nacionalmente Determinadas – NDCs** da sigla em inglês para as metas de redução de emissões apresentadas pelos países.), que agregadas servem à supervisão rígida do cumprimento do objetivo global de contenção de emissões.

Em outras palavras, Paris vincula os países a obrigações como as de relatoria, aumento da transparência e da ambição e a outros mecanismos de avaliação de ação, mas não os alcança em obrigações como as de cumprimento estrito dos compromissos anunciados. O **formato "híbrido"** foi assim delimitado para dissipar resistências na adesão ao Acordo.

Além do mais, há um caráter "socialmente vinculante" no Acordo de Paris, em que os compromissos públicos das NDCs criaram as condições para que a sociedade passasse a cobrar ambição climática dos países na escala e velocidade necessárias.

Paris não falhará, portanto, por não ter atribuído metas vinculantes. Somente frustrará seus objetivos se não implementar e fortalecer seus mecanismos de revisão de cumprimento e de aumento contínuo de ambição. A sua efetividade também vem sendo reforçada pela inédita mobilização de atores não-estatais, como governos subnacionais e empresas, em torno de compromissos climáticos voluntários alinhados aos princípios do Acordo.

A diferenciação entre países permanece, porém em formato diferente do que trazia o Protocolo de Quioto: entende-se que esta, além de perpassar o caráter nacionalmente determinado das metas, perpassa o apoio financeiro aos países em desenvolvimento, que ainda assim não deverá servir como condicionalidade à sua ação; e a liderança dos países desenvolvidos nos esforços globais.

Paris avança ao criar um **sistema periódico de revisão e de registro público das metas (*global stocktake* - GST, do inglês. O "mecanismo de ambição" pelo qual os países devem apresentar, a cada cinco anos, metas mais ambiciosas.)**. Esse deverá criar a pressão necessária ao aumento de ambição, trazendo aos aspectos políticos do Acordo, como o objetivo de contenção da temperatura a 1,5ºC, um caráter prático no cumprimento das metas[16].

16 ROCHA, Rebeca (2016). Uma Análise do Acordo de Paris: A Convenção-Quadro e a Nova Fase do Regime Multilateral de Mudança do Clima.

Foto: Adobestock

Pacto de Glasgow: o chamado ao NetZero

Antecedentes

O Acordo de Paris foi ratificado por 192 países mais a União Europeia e entrou oficialmente em vigor em 2016. Apesar de grandes desafios globais como a pandemia, a percepção pública sobre a relevância do cumprimento das metas do Acordo só cresceu.

Um exemplo para ilustrar esse fato é o próprio crescimento de compromissos climáticos voluntários adotados por empresas, investidores e governos subnacionais. Entre 2010 e 2020, o número de organizações que buscam a plataforma do CDP Latin America para reportarem suas ações climáticas aumentou em 16 vezes[17].

Na esteira de uma maior pressão pública, a COP-26, ocorrida em 2021, foi outro grande marco para o regime internacional de clima. Nessa Conferência, foram finalizados assuntos pendentes do Acordo de Paris, como os relacionados ao mercado de carbono, e alcançados consensos importantes para a agenda, consolidados no Pacto de Glasgow.

O que é o Pacto de Glasgow?

O Pacto de Glasgow menciona a necessidade de ter o 1,5ºC como alvo principal, reconhecendo o que o IPCC havia comprovado desde 2018: meio grau se traduz em impactos irreversíveis para o planeta. Esse é um avanço importante em relação à Paris, já que institucionaliza o imperativo de se buscar uma meta alinhada ao conhecimento científico mais recente. Ainda em linha com as evidências do IPCC, o texto também fala sobre a necessidade de reduzir as emissões em 45% até 2030, em relação aos níveis de 2010, para alcançar um mundo NetZero até 2050 – em Paris, a menção explícita ao NetZero também havia sido evitada devido a dissensos entre países.

Pela primeira vez, um texto da Convenção também aponta a necessidade de dedicar esforços para **diminuição progressiva de fontes fósseis** que não utilizem tecnologias de mitigação de carbono, mencionando a necessidade de reduzir subsídios "ineficientes" aos combustíveis fósseis.

O *Global Stocktake* se beneficiará do chamado para que os países usem **marcos temporais comuns** para seus compromissos climáticos. As NDCs submetidas em 2025 deverão terminar em 2035 e as NDCs apresentadas em 2030, em 2040. O alinhamento em ciclos de cinco anos aumenta a transparência e beneficiará a avaliação do progresso da ambição e da ação climática de curto prazo.

A conexão entre as NDCs e as LTs também foi fortalecida. No contexto dos preparativos à Conferência, diversos países haviam apresentado NDCs para 2030 e metas NetZero para meados do século, delineando estratégias de longo prazo. Todavia, as NDCs ainda não se alinham a um mundo NetZero até 2050 e o Pacto de Glasgow reconhece esse descompasso de forma inédita[18].

17 CDP Latin America. 10 anos de histórias e conquistas. **18** WRI. What is a Long-term Strategy?

Os países são convocados a resolver essa questão e reforça-se a necessidade de comunicação de LTS orientadas para um mundo NetZero, considerando que nem todas as LTS apresentadas seguem esse objetivo.

Como o texto reconhece oficialmente que as NDCs não são suficientes atingir a meta do 1,5ºC, o Pacto de Glasgow antecipa o pedido de apresentação de metas para 2030, colocando a COP27, que ocorrerá no fim de 2022, como o prazo limite para que todos os países revisem suas metas.

A regulamentação do monitoramento dos compromissos também foi finalizada. Agora, países deverão apresentar relatórios anuais sobre o progresso das NDCs que apresentaram[19].

Durante a COP-26 também houve uma série de compromissos independentes e não vinculantes, entre países ou entre outros atores que acompanham as negociações. O governo brasileiro pactuou dois grandes compromissos: uma Declaração de Líderes sobre Florestas, que reuniu 110 países com 85% das florestas do mundo em torno do objetivo de reduzir o desmatamento até 2030[20], e um Compromisso Global de Metano, que reuniu 103 países comprometidos em reduzir emissões do gás metano em 30% até 2030[21].

Já no contexto do setor privado, um grupo de 18 investidores do país assinaram um manifesto de apoio a medidas de transição de baixo carbono e de comprometimento com um futuro Net-Zero até 2050, por meio de definição de metas próprias, ambiciosas e alinhadas à ciência[22].

A COP de Glasgow irrompeu o debate sobre a importância dos *Non-Party Stakeholders* (NPS), são assim definiddos os diferentes atores da sociedade civil, que vão desde o setor privado até os governos subnacionais (cidades, estados e regiões). Se a UNFCCC é o principal espaço de coordenação entre compromissos climáticos de diferentes países, as negociações internacionais são historicamente centradas nos Estados.

O *Global Stocktake* promete integrá-los aos mecanismos de revisão de cumprimento do atual regime e há discussões sobre como reformar os processos para que esses atores tenham mais voz. Uma campanha oficial da própria ONU, a *Race to Zero*, foi recentemente lançada para estimular compromissos voluntários de neutralidade climática até 2040 por parte de atores não estatais.

Os compromissos dos NPS são essenciais para manter a meta do 1,5°. Cada vez mais, esses atores têm se mobilizado de forma complementar ao processo intra-UNFCCC. Por exemplo, estados brasileiros que aderiram à *Race to Zero* devem elaborar um plano de descarbonização. Esse é o caso de Minas Gerais, que conta com o apoio de uma rede de especialistas[23] para desenvolver o seu plano, contribuindo para que o Brasil alcance os compromissos assumidos perante a Convenção.

19 UNFCCC (2021). Glasgow Pact. **20** Ministério do Meio Ambiente (2021). Brasil apoia declaração internacional para proteger florestas e recuperar solos. **21** Ministério do Meio Ambiente (2021). Nota oficial: posição brasileira sobre compromisso de redução de emissão de metano e declaração de florestas e uso da terra. **22** Investidores pelo Clima (IPC). Declaração dos Investidores em apoio a políticas de transição resiliente e de baixo carbono. **23** O plano de descarbonização para Minas Gerais é desenvolvido pela COPPE-UFRJ, USP e UFMG com a facilitação do CDP América Latina e apoio financeiro do Programama UK Pact Brasil.

Race to Zero

A Campanha Race to Zero (ou "Corrida para o Zero") foi lançada em junho de 2020 para catalisar a "liderança e o apoio de empresas, cidades, regiões e investidores em direção a uma recuperação saudável, resiliente e zero carbono que evite ameaças futuras, crie empregos decentes e desbloqueie um crescimento inclusivo e sustentável".

Atualmente, essa campanha global é liderada por dois High-Level Climate Champions for Climate Action (ou "Campeões de Alto Nível para Ação Climática") associados às Nações Unidas, que representam as presidências das 26ª (britânica) e 27ª (egípcia) Conferências sobre o Clima[24].

A Campanha aproveita a estreita janela de oportunidade que ainda temos para uma economia descarbonizada, convidando os atores não estatais a fortalecerem os compromissos acordados no Acordo de Paris. Quando os atores não estatais estabelecem suas metas NetZero até 2050, os governos também recebem uma mensagem clara de que é preciso fortalecer seus compromissos climáticos nacionais, o que cria um ciclo virtuoso de ambição.

Acesse:

O CDP Latin America traduziu o principal guia prático da Campanha para definição dessas metas voluntárias. Acesse "NetZero do Jeito Certo" para entender a importância do NetZero para o futuro do planeta, seus principais conceitos e os critérios que diferenciam a meta NetZero confiável das demais metas de mitigação.

Marcos do regime internacional de clima

1992
Rio-92: É assinada a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima, UNFCC

1995
Primeira Conferência do Clima, COP

1997
Protocolo de Quioto é finalizado

2008-2012
Primeira Fase do Protocolo de Quioto

2012-2020
Segunda Fase do Protocolo de Quioto

Pós 2020
Acordo de Paris

2020
Lançamento *Race to Zero*

2021
Pacto de Glasgow

24 UNFCCC (2021). Race To Zero Campaign.

Compromissos climáticos do Brasil

O Brasil foi um dos países em desenvolvimento a apresentar, pouco antes da COP-21, uma iNDC (meta climática pretendida) absoluta e para toda a economia. Essa meta foi confirmada em 2016 como a primeira NDC do país e previa uma redução de emissões de gases de efeito estufa em 37% e 43% em 2030, ambas com base nos níveis de emissões do Brasil em 2005[25].

A NDC apresentada em dezembro de 2020, por sua vez, voltou a afirmar as mesmas metas. A diferença é que a linha de base de emissões de 2005 foi atualizada considerando o lançamento de um inventário de emissões atualizado (3º inventário). Como a nova metodologia científica aumentou as emissões totais para o ano considerado, isso resultou em um aumento equivalente da linha de base. Em outras palavras, o Brasil não apresentou um compromisso mais ambicioso, ficando autorizado a emitir mais do que na primeira NDC.

A NDC de 2016 tinha um anexo indicando uma série de compromissos específicos: alcançar o desmatamento ilegal zero na região amazônica até 2030, restaurar 12 milhões de acres de floresta até 2030 e melhorar a sustentabilidade nativa sistemas de manejo florestal. A NDC de 2020 não atualiza os compromissos setoriais, ficando subentendida sua mera manutenção[26].

No contexto da COP26, que ocorreu em 2021, o Brasil formalizou o compromisso de alcançar neutralidade climática até 2050, dez anos antes. Além do mais, sinalizou a intenção de atualizar sua NDC.

O Brasil anunciou uma redução das emissões em 50% até 2030, usando o mesmo ano base, mas com referência aos números do último inventário nacional (4° inventário). Além do mais, falou-se em adiantar para dois anos o compromisso de zerar o desmatamento ilegal e restaurar adicionais 6 milhões de acres de floresta até 2030[27].

A NDC oficialmente submetida a UNFCCC em 2022 confirma essa série de compromissos. Todavia, de acordo com análise do Instituto Talanoa[28], mantém para a década de 2030 um patamar de emissões mais elevado do que o país apresentou em 2016, na NDC original. Isso contraria o princípio de aumento da ambição climática do Acordo de Paris.

Apesar do retrocesso apresentando em sua mais recente NDC, é imperativo continuar tendo como referencial a redução de emissões pela metade até 2030 e a neutralidade climática nas próximas atualizações, em linha com o estipulado pelo IPCC.

25 Governo Brasileiro (2016). Brazil First NDC. **26** WRI (2021). Nova NDC do Brasil: entenda por que a meta climática foi considerada pouco ambiciosa. **27** Ministério do Meio Ambiente (2021). Com meta ambiciosa, Brasil anuncia redução de 50% nas emissões de carbono até 2030. **28** Política por inteiro. Atualização da NDC braisleira vai contra Acordo de Paris ao não elevar ambição climática.

Trajetória de descarbonização do Brasil

O estudo da trajetória de neutralidade climática de um Brasil clima neutro até 2050 é fruto da parceria entre CDP América Latina e Laboratório Cenergia - COPPE/UFRJ. O objetivo foi apresentar um mapeamento das mudanças estruturais necessárias para os setores de energia, transportes, AFOLU (Agropecuária, Florestas e Outros Usos do Solo – sigla em inglês) e resíduos para que o Brasil seja um país com balanço líquido zero de emissões de gases de efeito estufa (GEE) até 2050.

Um plano de descarbonização pode ser feito levando em consideração (i) apenas a compensação do CO_2 lançado na atmosfera; ou (ii) a compensação da emissão dos três principais GEE de origem antropogênica: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). A diferença entre essas abordagens está sistematizada na tabela abaixo.

Definição dos conceitos

CONCEITOS	SIGNIFICADO	EXEMPLO
NetZero Carbon ou Carbono Neutro	Balanço entre emissões e remoções de CO_2 da atmosfera	China será carbono neutro até 2060
NetZero Emissions ou Neutralidade Climática	Balanço entre emissões e remoções de todos os GEE da atmosfera	Metas do acordo de Paris: balancear todas as emissões de GEE (CO_2, CH_4 e N_2O)

Fonte: elaborado pelo Laboratório Cenergia/PPE/COPPE/UFRJ

Para a realização das projeções, o estudo traçou um cenário NetZero Emissions ou Neutralidade Climática. Dessa forma, toda a emissão de GEE do Brasil precisaria ser compensada por meio da remoção da atmosfera de um volume de CO_2 capaz de compensar também as emissões de gases não-CO_2. Como não é possível remover os gases CH_4 e N_2O da atmosfera, a emissão total destes foi calculada em CO_2-equivalente, uma medida que contabiliza o poder de aquecimento global dos diferentes GEE[29].

O estudo trabalhou com duas perspectivas de futuro para o Brasil. No cenário de Referência (REF), o país segue a tendência atual das políticas macroeconômicas e ambientais. Não haveria alterações significativas em relação às políticas energéticas, matriz industrial, tecnologias de produção agrícola, projeções de desmatamento etc. Já o cenário NetZero projetou emissões líquidas zeradas de GEE em 2050. De acordo com as premissas adotadas pelo relatório:

- A soma das emissões provenientes de todas as fontes e setores da economia deverá ser compensada por tecnologias ou meios de remoção de GEE da atmosfera, como é o caso do re/aflorestamento;
- Há uma restrição na trajetória de emissões de GEE, o que implica em considerar inovações e rupturas tecnológicas como forma de atingir a neutralidade climática até 2050;

29 Para realizar o cálculo, multiplica-se a emissão de cada gás pelo seu poder de aquecimento global em um horizonte de 100 anos (*global warmimg potential* – GWP100). Como base de referência, foram utilizados os valores do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (2014): 1 tonelada de CH_4 é equivalente a 28 toneladas de CO_2. 1 tonelada de N_2O é equivalente a 265 toneladas de CO_2.

- Assume-se uma trajetória de desmatamento zero a partir de 2030 e os objetivos de descarbonização da International Maritime Organization (IMO) e da International Air Transport Association (IATA) a partir de 2023.

Cenários de transição

São utilizados para explorar diferentes opções de mitigação para alcançar um determinado resultado climático. Eles representam uma trajetória ilustrativa que organiza um conjunto de possibilidades baseados em certas premissas. Portanto, não devem ser entendidos como uma previsão do futuro, nem como uma indicação do caminho mais provável. Entretanto, tais cenários cumprem um papel fundamental de apoiar formuladores de políticas públicas a compreenderam as melhores opções em termos de investimento em infraestrutura, pesquisa, entre outras áreas, para o atingimento da meta internacional de 1.5°C que beneficia também o país na redução das consequências ambientais e socioeconômicas geradas pelo aumento de temperatura do planeta. De acordo com o estudo da COPPE-UFRJ, a modelagem para a definição de um cenário de transição é construída por uma lógica de otimização. Por exemplo, é mais custo-efetivo utilizar técnicas de captura e armazenamento de carbono baseadas na natureza, tal como evitar o desmatamento da Floresta Amazônica, do que reduzir emissões de GEE em setores com maiores desafios de descarbonização, como marítimo e aviação.

Fonte: Adaptado do relatório elaborado pelo Laboratório Cenergia/PPE/COPPE/UFRJ.

Metodologia

A modelagem do cenário de transição foi feita a partir da integração de um modelo econômico e um modelo tecnológico[30]. As premissas macroeconômicas incorporadas no primeiro modelo baseiam-se no Shared Socioeconomic Pathways (SSPs), que descrevem diferentes trajetórias da evolução da sociedade, economia e ecossistemas até o final do século[31].

De acordo com o cenário realizado, delineou-se um caminho social, econômico e tecnológico relativamente estável a nível global, marcado por padrões históricos. Esse cenário reflete a atualização das taxadas de crescimento histórica do PIB, com base nos anos 2011 a 2019, e os impactos da Covid-19 sobre a atividade econômica. Dentro desse modelo, o PIB em 2050 é cerca de 95% maior do que o observado em 2011.

Já o modelo tecnológico utilizado foi o BLUES – *Brazililian Land-Use and Energy System Model*, que tem por objetivo atender a demanda por serviços energéticos do país com o menor custo possível. Em conjunto com outros dois Modelos de Avaliação Integrada, o laboratório Cenergia da COPPE/UFRJ consegue traçar **"representações dos sistemas energético, de uso do solo, recursos hídricos e impactos ambientais que são utilizadas para a construção de cenários de médio-longo prazo".**

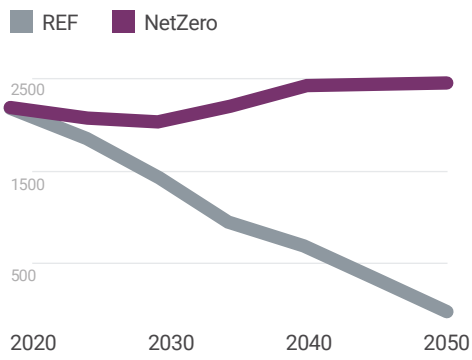
30 Para mais detalhes sobre a metodologia, ver a seção 2 e Anexo B do relatório principal. O Anexo A traz um glossário das tecnologias e suas definições. **31** RIAHI, K., VAN VUUREN, D.P., KRIEGLER, E., EDMONDS, J., O'NEILL, B.C., FUJIMORI, S., et al. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. Glob Environ Chang 2017; 42:153–68.

Onde vamos chegar?

Para o Brasil alcançar um cenário NetZero de GEE até 2050, é preciso que diversas mudanças estruturais ocorram:

- Será necessário evitar que aproximadamente 21 bilhões de toneladas de CO_2 sejam lançadas na atmosfera.
- O setor AFOLU será o principal responsável por compensar os gases emitidos pelos outros setores.
- O setor energético deve alcançar emissões negativas após 2035.
- O setor de transportes deve reduzir drasticamente as emissões.

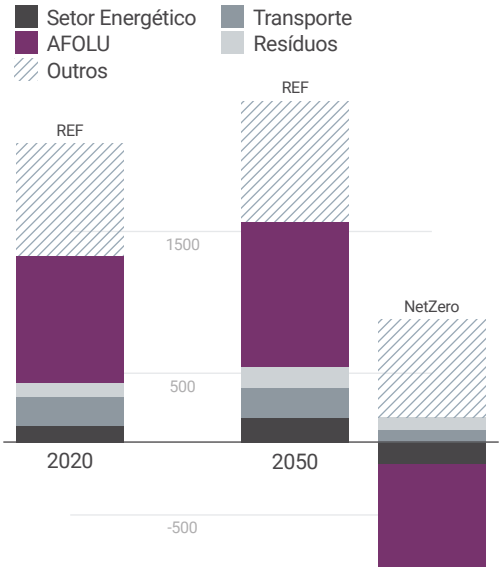
Emissões de gases de efeito estufa para os cenários REF e NetZero ($MtCO_2e$)



Fonte: Elaborado pelo Laboratório Cenergia/PPE/COPPE/UFRJ.

A figura a seguir mostra como todos os setores mapeados sofreriam alterações substanciais no perfil das emissões. Destaca-se que o setor AFOLU atualmente é o que mais emite GEE no país, em grande parte devido à atividade agropecuária. O relatório apresenta um cenário no qual esse setor passa por uma diminuição brusca das emissões até 2030, e o Brasil consegue erradicar totalmente o desmatamento, cumprindo as metas da NDC brasileira.

Emissões totais de GEE no Brasil por setor para os cenários REF e NetZero ($MtCO_2e$)



Nota: Outros = não considerados nos setores discriminados Fonte: Elaboração própria.

A partir de 2040, o setor AFOLU contribuiria negativamente para as emissões com a captura de CO_2 da atmosfera. Para chegar nesse estágio, o relatório aponta que seriam necessárias a adoção de medidas de mitigação adicionais para além do cumprimento da NDC, como a recuperação de pastagens, florestas plantadas e a implementação de sistemas integrados ou agroflorestais. O cenário NetZero 2050 trabalha com a compensação da emissão de CH_4-AFOLU, proveniente da atividade agropecuária, que ainda seria positiva.
O setor energético também contribuiria com emissões negativas a partir de 2035. De acordo com o relatório, isso ocorreria

sobretudo pela captura e armazenamento de carbono instalados nos processos de produção de biocombustíveis avançados, passo importante para atingir o objetivo da neutralidade climática.

Por fim, o setor de transportes se aproximaria da neutralidade de emissões em 2050. Isso ocorreria graças ao processo de eletrificação de parte da frota de veículos e da substituição do diesel e querosene de aviação fósseis por combustíveis produzidos a partir de biomassa.

Os cenários de longo prazo para o Brasil

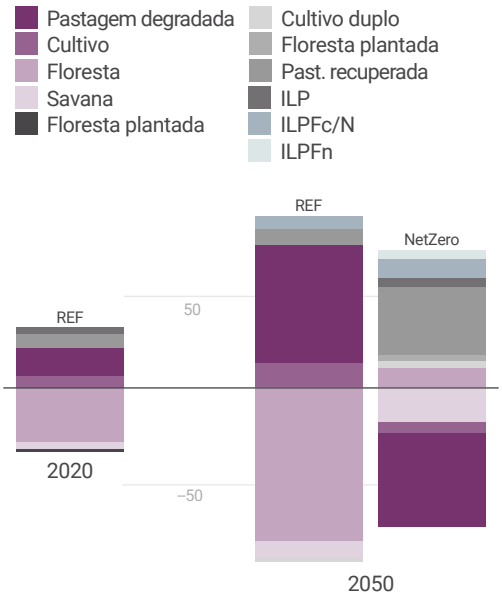
Agropecuária, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU)

Mudanças no setor AFOLU são indispensáveis para sustentar um plano de neutralidade climática que garanta a sobrevivência dos ecossistemas e a preservação da biodiversidade no país. As três principais descobertas da modelagem foram:

- A Neutralidade Climática está diretamente relacionada à capacidade de se recuperar pastagens degradadas e conservar as florestas nativas;
- É necessário o aumento da área de florestas plantadas, responsáveis pela produção de biocombustíveis;
- É essencial expandir a participação dos dos sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e agroflorestais (ILPFc e ILPFn), que ocupariam cerca de 18,3 milhões de hectares no cenário NetZero em 2050.

O gráfico a seguir mostra que o cenário REF em 2050 é marcado pela grande perda florestal e pela degradação de pastagens. Para alcançar os objetivos NetZero até 2050, é necessário reduzir a perda florestal, recuperar pastagens e aumentar a participação dos sistemas integrados mencionados anteriormente .

Evolução da Mudança de uso do solo (Mha)



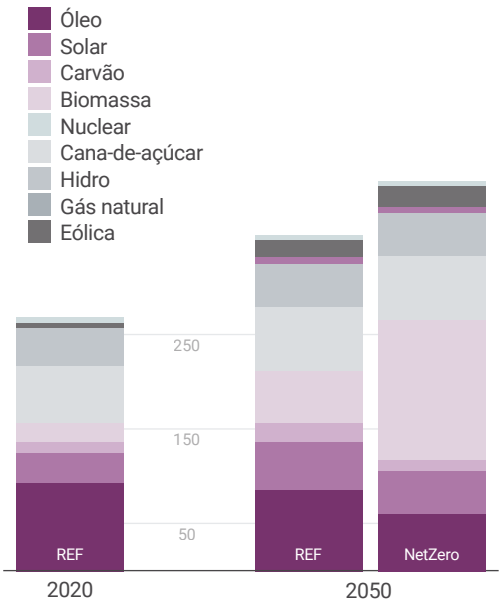
A importância da recuperação das pastagens e manutenção das florestas nativas, segundo o relatório, está intrinsecamente relacionada à possibilidade de estocagem de carbono abaixo do solo. A plantação de novas áreas florestais também contribui para essa estocagem, além de ser essencial no aumento da produção de biocombustíveis (ver as seções específicas sobre o setor energético e de transportes). Por fim, a importância dos sistemas integrados está na possibilidade de implementação de diversas criações e cultivos no mesmo lugar, aumentando a biodiversidade local e diminuindo o consumo de produtos químicos.

Setor Energético

Atualmente, o Brasil está entre os países que mais investiram na diversificação de sua matriz energética. Fontes primárias de energia renováveis são responsáveis por 48% da capacidade do país, enquanto a outra metade é proveniente de fontes fósseis. Isso torna o Brasil um país com uma renovabilidade de sua matriz energética bem superior à média mundial, de apenas 14% [32].

Para que o cenário NetZero seja alcançado, a participação de fontes de energia renováveis do Brasil deve saltar para 73% até 2050. A Figura a seguir apresenta um panorama detalhado dessa transição para os diferentes tipos de energia primária.

Consumo de energia primária no Brasil para os cenários REF e NetZero (Mtep)



Nota: Mtep = milhões de tonrladas equivalentes de petróleo (unidade de energia)

Em 2050, as fontes fósseis (carvão, gás natural e petróleo) representariam apenas 27% do total de energia primária. Para viabilizar a descarbonização do setor de transportes, haveria um aumento expressivo da produção de bioquerosene e diesel produzido a partir de biomassa, que se tornaria a principal fonte de energia do país. Isso significa que, para alcançar o cenário NetZero, o Brasil enfrentará um grande desafio de reduzir em aproximadamente 80% o atual consumo de energia fóssil.

O Brasil também enfrentará desafios específicos para cada um dos setores energéticos. O estudo aponta os seguintes caminhos:

Setor elétrico

De acordo com o relatório, ambos os cenários REF e NetZero apresentam uma trajetória similar, pois a matriz de geração de energia elétrica brasileira conta com uma elevada capacidade instalada de renováveis. As principais mudanças são demonstradas no quadro abaixo.

Transição no cenário da capacidade elétrica instalada

	HIDRELÉTRICA	EÓLICA	SOLAR
2020	55%	9%	2%
2050 NetZero ou neutralidade climática	38%	27%	10%

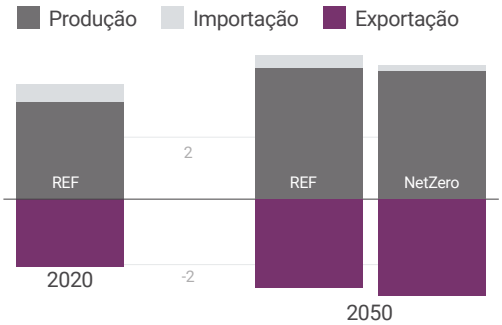
32 EPE, 2021. Balanço Energético Nacional 2021. Rio de Janeiro, RJ, Empresa de Pesquisa Energética.

Setor de óleo e gás natural

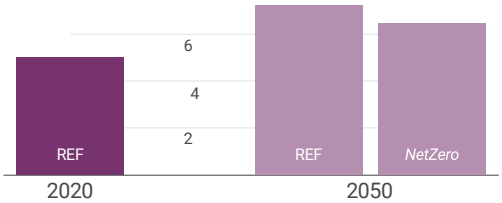
Até 2050, o Brasil necessariamente precisaria diminuir o seu consumo interno de derivados de petróleo, como gasolina e óleo diesel. No entanto, a modelagem chegou a resultados que inicialmente podem ser contraintuitivos em relação ao mercado de óleo e gás natural no Brasil.

- Haveria um aumento da produção brasileira de petróleo destinada à exportação, visto que a demanda externa global cresceria A). Isso ocorreria, entre outras razões, para dar conta da produção global de insumos que utilizam o petróleo como matéria prima e para auxiliar na transição energética de países que dependem de fonte de energia mais poluentes do que o petróleo, como é o caso do carvão mineral, e teriam necessidade de substituí-lo.
- Por conta do aumento dessa demanda externa, a utilização de refino diminuiria no cenário NetZero em 2050 (C), pois haveria uma menor necessidade de processamento do óleo bruto para transformá-lo nos derivados consumidos no Brasil.
- O consumo aparente de Gás Natural (GN) aumenta no cenário NetZero em 2050, se comparado ao cenário REF em 2020 (B). Isso porque o cenário NetZero conta com uma maior penetração de fontes intermitentes, sendo necessário o uso de térmicas a gás natural de ciclo aberto para compensar tal intermitência na geração.

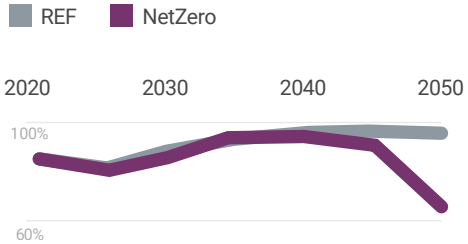
Mercado de óleo, A (Milhões de barris por dia)



Produção e importação de gás natural, B (Milhões de m^3/dia)



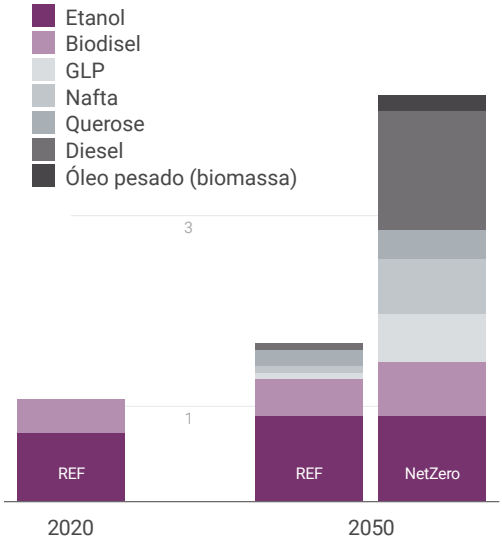
Fator de utilização do refino, C (%)



Setor de biocombustíveis

A figura abaixo mostra que os biocombustíveis celulósicos, com bioquerosene, diesel verde e outros produzidos através de rotas como BTL (Biomass-to-Liquid,da sigla em inglês), são considerados centrais na projeção de um cenário NetZero para o Brasil.

Produção de biocombustíveis (PJ/ano)



Nota: Petajota (PJ = unidade de energia correspondente a 1 quatrilhão de Joules (1015J). Fonte: Elaboração própria.

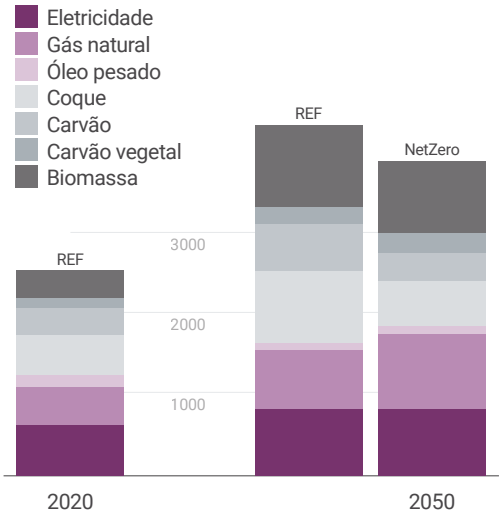
Os biocombustíveis celulósicos são capazes de (i) descarbonizar diferentes setores da economia como o setor de transportes, aéreo, marítimo e transporte de cargas; e (ii) capturar e armazenar CO_2 atmosférico. Esse processo de captura e armazenamento de carbono pode ser feito pela própria planta, que devolve o CO_2 para o solo, ou por um processo conhecido como Carbon Capture and Storage (CCS). Em linhas gerais, esse processo permite que o CO_2 que seria liberado no processo de produção desses biocombustíveis seja armazenado em reservatórios geológicos e não seja devolvido à atmosfera.

Em seu Relatório Especial sobre Mudança Climática e Uso do Terra, o IPCC trouxe alguns alertas para a utilização de plantas que geram Bioenergia com Captura de Carbono (BECCS). Entre os principais está o risco de expansão de áreas cultivadas, o que poderia aumentar o desmatamento, perturbar os ecossistemas, e comprometer outras metas de sustentabilidade[33]. Assim, a utilização em larga escala de biocombustíveis celulósicos precisaria levar em consideração os perigos ecológicos da expansão de monoculturas e desertos verdes e os meios necessários para evitá-los.

Setor Industrial

A figura que segue sistematiza o consumo total de energia na indústria, por tipo de fonte energética. Os setores computados no cálculo são aqueles que mais consomem energia. De acordo com o Balanço Energético Nacional, são eles: cimento, cerâmicas, setor químico, alimentos e bebidas, siderurgia, metalurgia, mineração, ferroligas, papel e celulose, têxtil e outros segmentos.

Consumo energético do setor industrial (PJ/ano)



Nota: Petajota (PJ = unidade de energia correspondente a 1 quatrilhão de Joules (1015J). Fonte: Elaboração própria.

33 World Resources Institute Brasil. Quão efetivo é o solo em capturar e armazenar carbono? Com a palavra, o IPCC.

Entre as principais conclusões da modelagem, destacam-se:

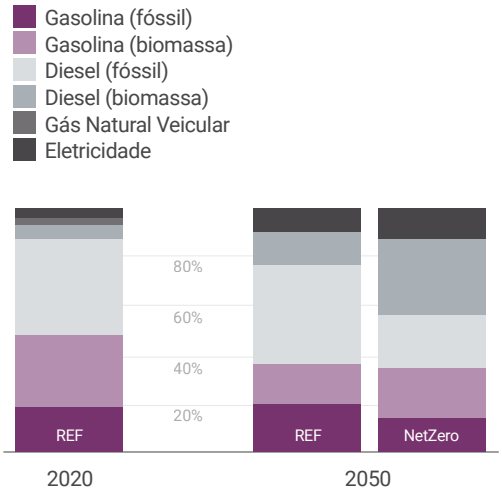
- No cenário NetZero em 2050, há um aumento da utilização de carvão vegetal de origem renovável, em substituição ao carvão mineral de origem fóssil, em especial na indústria siderúrgica.
- Aumento da utilização de biomassa em 2050 por parte do setor industrial, nos dois cenários.
- Aumento da eletrificação e da aplicação de medidas para aumentar a eficiência de diversos processos produtivos.

Setor de Transportes

O Setor de transportes é um dos principais responsáveis pelo aquecimento global. O deslocamento constante de pessoas e mercadorias faz com que seja urgente pensar em alternativas ao consumo de combustíveis fósseis. Os resultados do estudo apontam para as seguintes conclusões:

- São necessárias duas estratégias para descarbonizar o setor de transportes: (i) a eletrificação progressiva de veículos leves; e (ii) a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, em especial para atender a demanda de veículos pesados no transporte rodoviário.
- Os veículos leves (motocicletas, automóveis e comerciais leves), por realizarem deslocamentos curtos e serem utilizados por menos tempo durante o dia, são mais adaptáveis à rotina de carregamento das baterias elétricas. Por sua vez, os veículos pesados enfrentam uma grande distância de deslocamento no país, o que dificultaria a logística de eletrificação dessa frota, sendo mais adequada a transição para biocombustíveis avançados.

Combustíveis por km percorrido de passageiro rodoviário (%)



O gráfico anterior deixa claro como o a eletricidade e o diesel biomassa ganham espaço no cenário de neutralidade climática, enquanto a gasolina biomassa também ajuda a compor a matriz de energia renovável.

Setor de Resíduos

Os resíduos considerados para a modelagem integrada dos dois cenários foram efluentes, resíduos sólidos hospitalares e resíduos sólidos urbanos. Mesmo sendo um setor pouco expressivo no quadro geral de emissões brasileiras, os resultados da indicam medidas essenciais para a contribuição desse setor ao cenário de neutralidade climática até 2050.

De forma geral, o cenário NetZero em 2050 exigiria uma mudança fundamental no tratamento de resíduos sólidos a partir da eliminação de aterros sanitários e de aterros controlados, que seriam substituídos sobretudo por aterros com flare (queima em *flare*). A reciclagem também é um ponto importante no cenário NetZero e chega a tratar aproximadamente 20% dos resíduos sólidos, segundo a estimativa realizada.

Tratamento de resíduos sólidos urbanos (%)

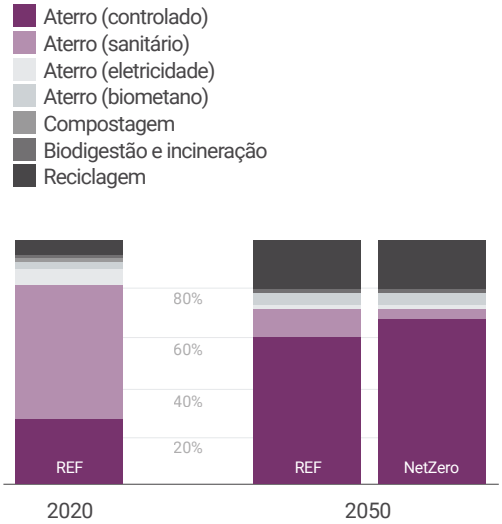


Foto: Adobestock

Conclusão

O Brasil tem pela frente enormes desafios para combater o aquecimento global e a destruição de seus ecossistemas. Para superá-los, estudos científicos sólidos devem fomentar o debate público e orientar a formulação e implementação de políticas públicas para que a União e os Estados consigam decidir sobre os caminhos que pretendem seguir. Apenas assim será possível avançar na contribuição brasileira para a agenda global do clima.

Nesse contexto, o objetivo deste relatório foi contextualizar um cenário possível de mudanças estruturais para que o Brasil se torne clima neutro em GEE até 2050. Esse é um passo fundamental para a elaboração do Plano de Descarbonização de Minas Gerais, que levará em consideração as mudanças que devem ocorrer no cenário nacional e os possíveis impactos e adequações necessárias para a economia mineira dentro desse macro-contexto apresentado pela modelagem.

As principais conclusões do estudo da trajetória de descarbonização para um Brasil clima neutro em GEE até 2050 podem ser resumidas em três grandes eixos: (i) preservação e valorização dos seus biomas; (ii) redução drástica das emissões no setor elétrico; (iii) necessidade de inovações tecnológicas em todos os setores.

Quanto ao primeiro eixo, o Brasil precisa conservar suas florestas nativas, erradicar o desmatamento até 2030, recuperar grandes áreas de pastagens e investir em florestas plantadas para a produção de biocombustíveis avançados. Apesar de o Brasil ter experiência agroindustrial e área disponível para apostar em florestas plantadas, a utilização em larga escala de biocombustíveis celulósicos precisa levar em consideração os perigos ecológicos da expansão de monoculturas e desertos verdes e os meios necessários para evitá-los, conforme já alertado pelo Relatório Especial sobre Mudança Climática e Uso da Terra do IPCC. Juntas, essas medidas possibilitariam o armazenamento e a estocagem de CO2 no solo, fundamental para compensar o restante das emissões de GEE, ao mesmo tempo em que garantiriam a preservação da biodiversidade e o cumprimento de outras metas de sustentabilidade.

(...) preservação e valorização dos seus biomas, redução das emissões no setor elétrico, inovações tecnológicas em todos os setores

Quanto ao segundo eixo, a redução drástica das emissões no setor elétrico deve chegar a aproximadamente 80% dos níveis atuais no cenário projetado para 2050. Entre os principais achados, o Brasil aumentaria a produção de energia eólica e solar, enquanto as principais fontes de energia do setor industrial passariam a ser biomassa, gás natural e eletricidade.

Por fim, a inovação tecnológica apresenta-se como uma necessidade transversal. Entre os principais desafios, destaca-se a produção de bioenergia com tecnologia de estocagem de carbono, a eletrificação progressiva do setor de transportes e industrial, o aumento da eficiência em diversos processos produtivos e a substituição de aterros sanitários e aterros controlados por aterros com flare.

O exercício analítico proposto pela construção de um cenário de descarbonização permite aos formuladores de políticas públicas nortearem as suas ações com base em resultados científicos. O Brasil tem um papel fundamental no atingimento das metas do Acordo de Paris e na construção de um mundo clima neutro em GEE até 2050.

Foto: istock

CDP Latin America

Rebeca Lima
Diretora executiva

Miriam Garcia
Gerente Sênior de Políticas Públicas

Rebeca Rocha
Analista de Políticas Públicas e Finanças Sustentáveis

Francisco de Tulio
Analista de Políticas Públicas

Antonio Ouro
Assistente de Políticas Públicas

Se você está procurando mais informações sobre o conteúdo desse relatório, por favor contate policyla@cdp.net

CDP Latin America

Rua Capitão Cavalcanti, 38
Vila Mariana, 04017-000
São Paulo, Brasil
Tel.: +55 (11) 2305 6996
www.cdp.net

youtube.com/cdprojectsa
twitter.com/cdplatinamerica
facebook.com/cdpamericalatina
cdp.net/latin-america

O CDP é uma organização global sem fins lucrativos que administra o sistema mundial de divulgação ambiental para empresas, cidades, estados e regiões. Fundado em 2000 e trabalhando com mais de 590 investidores com mais de US$ 110 trilhões em ativos, o CDP foi pioneiro no uso de mercados de capitais e compras corporativas para motivar as empresas a divulgar seus impactos ambientais e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, salvaguardar os recursos hídricos e proteger as florestas. Mais de 14.000 organizações em todo o mundo divulgaram dados por meio do CDP em 2021, incluindo mais de 13.000 empresas que possuem valor superior a 64% da capitalização de mercado global e mais de 1.100 cidades, estados e regiões. Totalmente alinhado ao TCFD, o CDP possui o maior banco de dados ambiental do mundo, e as pontuações do CDP são amplamente utilizadas para direcionar decisões de investimento e compras para uma economia de zero carbono, sustentável e resiliente. O CDP é membro fundador da iniciativa Science Based Targets, We Mean Business Coalition, The Investor Agenda e da iniciativa NetZero Asset Managers.

Visite cdp.net ou nos siga @CDP para saber mais.

CDP
DISCLOSURE INSIGHT ACTION

Com o apoio de: iCS instituto CLIMA e SOCIEDADE