

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA**  
**SECRETARIA NACIONAL DE MUDANÇA DO CLIMA**

# **RELATÓRIO SOBRE O MODELO BLUES, SEUS RESULTADOS E A 2<sup>a</sup> NDC DO BRASIL**

**Brasília/DF**

**MMA**

**11/2025**

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Desagregação regional do modelo BLUES, com cada macrorregião brasileira contemplada, e a representação de bacias hidrográficas contempladas no módulo hídrico do modelo	9
Figura 2 – Apresentação sistemática da integração dos modelos BLUES, TEA e COFFEE	12
Figura 3 – Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)	13
Figura 4 – Projeção de população e PIB do cenário SSP2	14
Figura 5 – Trajetória das emissões de gases de efeito estufa entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	21
Figura 6 – Trajetória das emissões de gás carbônico entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	22
Figura 7 – Emissões setoriais de gases de efeito estufa entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	23
Figura 8 – Emissões setoriais de gás carbônico entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	24
Figura 9 – Emissões setoriais de gases não-CO <sub>2</sub> entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	25
Figura 10 – Energia primária, em Mtoe, entre 2020 e 2050 para os cenários 0D, 25D e 100D	25
Figura 11 – Remoções de carbono por categoria (MtCO <sub>2</sub> /ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	26
Figura 12 – Geração elétrica por fonte (TWh/ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	27
Figura 13 – Capacidade instalada por fonte (GW) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	28
Figura 14 – Produção de biocombustíveis (EJ/ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	29
Figura 15 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO <sub>2</sub> e/ano) do setor de energia entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	30
Figura 16 – Consumo de energia no transporte de passageiros (PJ) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	31
Figura 17 – Consumo de energia no transporte de carga (PJ) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	32

Figura 18 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO <sub>2</sub> e/ano) do setor de transportes entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	33
Figura 19 – Consumo energético do setor industrial (PJ/ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	34
Figura 20 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO <sub>2</sub> e/ano) do setor industrial, incluindo processos, entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	35
Figura 21 – Consumo energético do setor de edificações (TJ/ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	36
Figura 22 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO <sub>2</sub> e/ano) do setor de edificações entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D	37
Figura 23 – Emissões do setor de LULUCF de gases de efeito estufa entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	38
Figura 24 – Emissões do setor agropecuário de gases de efeito estufa entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	39
Figura 25 – Mudança no uso da terra entre os anos de 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	40
Figura 26 – Remoção de carbono no setor de AFOLU entre os anos de 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	41
Figura 27 – Distribuição da produção de carne na pecuária entre os anos de 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	42
Figura 28 – Distribuição da produção de agrícola entre os anos de 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D	43
Figura 29 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO <sub>2</sub> e/ano) do setor de resíduos sólidos urbanos entre 2020 e 2050.	44

Figura 30 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO<sub>2</sub>e/ano) do tratamento de  
efluentes entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D 44

Figura 31 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO<sub>2</sub>e/ano) do setor de  
resíduos entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D 45

Figura 32 – Trajetória de Mitigação e metas da atual NDC brasileira 69

## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	6
2.	Relatório Final – “Uso do Modelo BLUES no Plano Clima Mitigação”.....	8
2.1	Introdução .....	8
2.1.1	O modelo BLUES, suas premissas e dados recebidos .....	9
2.1.1.1	Premissas consideradas .....	13
2.1.2	Construção dos cenários .....	17
2.1.3	Interações institucionais .....	18
2.2	Resultados .....	21
2.2.1	Resultados gerais .....	21
2.2.2	Resultados Setoriais .....	26
2.2.2.1	Setor Energético .....	27
2.2.2.2	Setor de Transportes .....	30
2.2.2.3	Setor Industrial .....	33
2.2.2.4	Setor de Edificações .....	35
2.2.2.5	AFOLU .....	37
2.2.2.6	Setor de Resíduos .....	43
2.3	Discussão dos resultados .....	45
2.3.1	Limitações do estudo .....	50
2.4	Conclusão .....	50
2.5	Material Suplementar.....	52
2.5.1	Descrição das interações institucionais .....	52
2.5.2	Referências sobre custos de tecnologias no Modelo BLUES .....	60
2.5.3	Glossário .....	62
2.6	Referências .....	65
3.	Processo de definição da meta de mitigação para 2035 da 2 <sup>a</sup> NDC do Brasil .....	66
	Anexos	
	Anexo A – Planilha de Resultados do Modelo BLUES (GWP100 AR6)	
	Anexo B – Apresentações Cenergia/COPPE/UFRJ	
	Anexo C – Apresentações sobre a Segunda NDC do Brasil	

## **1. INTRODUÇÃO**

Em junho de 2023, o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) foi reestruturado por meio do Decreto nº 11.550/2023, órgão colegiado do governo federal formado por mais de 20 ministérios e representantes da comunidade científica (Rede Clima) e sociedade civil (FBMC), presidido pela Casa Civil da Presidência da República (CC/PR) e tendo como Secretaria-Executiva o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima por meio da sua Secretaria Nacional de Mudança do Clima (SMC/MMA). O CIM possui dentre suas competências definir as sucessivas Contribuições Nacionalmente Determinadas do país (Nationally Determined Contribution – NDC, na sigla em inglês), bem como aprovar o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, principal instrumento nacional de planejamento climático para cumprimento de suas metas de emissões líquidas, incluídas as Estratégias Nacionais e os Planos Setoriais de Mitigação e de Adaptação à mudança do clima.

Ainda naquele ano, o CIM aprovou a atualização da sua primeira NDC por meio da Resolução CIM nº 5/2023, restabelecendo as ambições assumidas para o alcance dos objetivos do Acordo de Paris e comunicando acerca dos esforços iniciados para elaboração de estratégias nacionais para mitigação e adaptação. Além disso, a partir da Resolução CIM nº 3/2023, foi criado o Grupo Técnico Temporário de Mitigação (GTT-Mitigação), coordenado pela SMC/MMA, e co-coordenado pela Casa Civil da Presidência da República (CC/PR) e Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), com a missão de elaborar a Estratégia Nacional de Mitigação (ENM) do Plano Clima 2024-2035, bem como seus Planos Setoriais de Mitigação, e definir metas nacionais e setoriais de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para 2030 e 2035.

O processo de formulação e decisão sobre a meta de emissões líquidas de GEE para 2035 da segunda NDC, aprovada pelo CIM e submetida à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês) em novembro de 2024, teve origem nesse trabalho de elaboração da ENM, iniciado em meados de 2023. E é esse processo de geração de evidências científicas, bem como sua incorporação no processo de formulação e decisão sobre as metas de mitigação 2035 da segunda NDC brasileira, que será descrito neste relatório de transparência ativa.

Conforme consta da ENM submetida à consulta pública por duas vezes em 2025 por meio da Plataforma Brasil Participativo, a definição da trajetória de mitigação nacional foi baseada em evidências científicas, por meio da utilização de um modelo de avaliação integrada (Integrated Assessment Model – IAM, na sigla em inglês) denominado Brazilian Land Use and Energy System (BLUES), desenvolvido pelo Laboratório Centro de Economia Energética e Ambiental (Cenergia) da Coppe/UFRJ, o qual foi contratado pelo MCTI, órgão gestor dessa cooperação.

O modelo BLUES, a partir de premissas pré-definidas por órgãos do governo federal que compõem o CIM, explorou as trajetórias mais custo-efetivas para o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono no Brasil. Ao embasar as escolhas em metodologias e dados científicos robustos, e ao alinhar-se aos princípios norteadores do planejamento climático do país, a construção da trajetória de mitigação do Brasil até 2035 buscou otimizar a alocação de recursos, maximizar os resultados de mitigação das ações implementadas, aliadas ao desenvolvimento socioeconômico do país, e acelerar a transição para uma economia justa, próspera, inclusiva e com emissões líquidas zero de GEE até 2050.

Este documento está organizado em duas seções e dois anexos, iniciando-se pela presente introdução. Na primeira seção, é apresentado relatório técnico elaborado por dois consultores do Cenergia/Coppe/UFRJ — Gerd Angelkorte e Luiz Bernardo Baptista — com apoio financeiro do programa UK Partnering for Accelerated Climate Transitions (UK PACT) e da Embaixada Britânica no Brasil, o qual foi revisado e complementado pela SMC/MMA. Esse relatório técnico descreve, em detalhes, o processo de geração de evidências científica por meio do Modelo BLUES, que subsidiaram o processo decisório de definição da meta de emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE) para 2035 do Brasil, por fim consubstanciada na segunda NDC brasileira, submetida em novembro de 2024 à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC, na sigla em inglês). No Anexo A, constam as planilhas de resultados do modelo BLUES, conforme foram enviadas pela equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ quando da finalização do trabalho, e no ANEXO B as apresentações realizadas no âmbito da Oficina de Resultados das Modelagens de Avaliação Integrada do BLUES, realizada em outubro de 2024.

Na seção 2, o processo de formulação e tomada de decisão sobre a meta de mitigação 2035 do Brasil baseado em evidências científicas é apresentado. No ANEXO B, os subsídios técnicos preparados para a tomada de decisão em alto nível são apresentados no formato de apresentações powerpoint ao Pleno de Ministras e Ministros do CIM e ao Presidente da República.

## **2. Relatório Final – “Uso do Modelo Blues no Plano Clima Mitigação**

### **2.1 Introdução**

Laboratório Cenergia da Coppe/UFRJ com apoio financeiro do UK PACT e da Embaixada Britânica no Brasil, tem como objetivo registrar a utilização do modelo de análise integrada BLUES (Brazilian Land Use and Energy Systems model) e a participação da equipe do Laboratório Cenergia/Coppe/UFRJ no processo de elaboração do Plano Clima Mitigação, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Trata-se de uma memória técnica e institucional que sistematiza o processo de modelagem, as interações entre o governo e a equipe acadêmica, e os principais resultados decorrentes da aplicação do modelo BLUES no apoio à formulação de cenários de mitigação de gases de efeito estufa, alinhados às metas da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) para o Brasil.

O Cenergia teve papel central no desenvolvimento metodológico e operacional do componente de modelagem integrada do Plano Clima Mitigação. A equipe foi responsável pela calibração, atualização e execução do modelo BLUES, além da integração com as bases de dados e premissas fornecidas pelos ministérios e instituições setoriais. O laboratório também coordenou a interlocução técnica entre as áreas de governo e a comunidade científica, garantindo coerência entre os resultados de modelagem e as políticas públicas de mitigação em vigor.

Isso tudo ocorreu no contexto do Plano Clima Mitigação, que constitui o principal instrumento de planejamento nacional voltado à implementação das metas brasileiras de redução de emissões de GEE, em alinhamento com as NDCs do Brasil no âmbito do Acordo de Paris. Seu objetivo é definir trajetórias setoriais e políticas de descarbonização até 2035, com horizonte indicativo até 2050, articulando esforços de mitigação entre os setores de energia, transportes, indústria, edificações, resíduos e AFOLU.

A estrutura deste relatório segue a lógica do processo de modelagem desenvolvido ao longo da elaboração do Plano Clima Mitigação. Após esta introdução, que apresenta o modelo BLUES, as premissas consideradas na modelagem integrada do Plano Clima Mitigação, bem como a construção dos cenários e as principais interações durante o processo de modelagem. A Seção 2 apresenta os resultados da modelagem integrada, detalhando as trajetórias de mitigação setoriais e nacionais obtidas. A Seção 3 discute esses resultados, destacando suas implicações para as políticas públicas e para o cumprimento das metas climáticas nacionais. Por fim, a Seção 4 apresenta as conclusões e as perspectivas para o uso futuro do modelo como instrumento de apoio contínuo às políticas climáticas nacionais.

## 2.1.1 O modelo BLUES, suas premissas e dados recebidos

O Brazilian Land Use and Energy Systems model (o modelo BLUES) é um modelo nacional de análise integrada (IAM) desenvolvido pelo Laboratório Cenergia da Coppe/UFRJ com o objetivo de representar, de forma integrada, a evolução do sistema energético e do uso do solo brasileiro sob diferentes restrições tecnológicas, econômicas e ambientais. O modelo deriva da plataforma MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact) do IIASA, estruturando-se como um modelo de otimização linear com informação perfeita (perfect foresight) e cuja função objetivo é a minimização de custos totais do sistema (G. Angelkorte, 2023; G. B. Angelkorte, 2019; Baptista, 2020; Rochedo *et al.*, 2018).

O modelo BLUES abrange seis regiões, correspondentes às cinco macrorregiões brasileiras e uma região nacional agregada. A otimização ocorre de forma conjunta entre todos os módulos, seja o de energia, transportes, indústria, edificações, resíduos e AFOLU (agricultura, florestas e outros usos da terra) ao mesmo tempo, configurando um modelo hard-linked. O horizonte de simulação vai de 2020 a 2060, em intervalos de cinco anos. Além disso, o modelo conta com um módulo de água, que contempla 12 bacias hidrográficas, e um módulo de poluição atmosférica (da Silva, 2020; Vásques-Arroyo, 2018). A Figura 1 apresenta a desagregação regional do modelo BLUES, bem como a sua representação em bacias hidrográficas.

**Figura 1 – Desagregação regional do modelo BLUES, com cada macrorregião brasileira contemplada, e a representação de bacias hidrográficas contempladas no módulo hídrico do modelo**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

Em termos estruturais, o BLUES representa o sistema energético brasileiro, com detalhamento das cadeias de oferta (produção, refino, conversão, geração, transmissão e distribuição) e demanda (transportes, indústria, edificações e resíduos). Além disso, o modelo tem representado o sistema de uso do solo, que inclui agricultura, pecuária, florestas, restauração, desmatamento e sistemas integrados de produção, além de tecnologias disruptivas para produção agropecuária.

A base tecnológica do modelo comprehende mais de doze mil tecnologias distribuídas entre os setores da economia contemplados pelo modelo. As opções de mitigação incluem medidas como eficiência energética, captura e armazenamento de carbono (CCS), bioenergia com captura e armazenamento de carbono (BECCS), mudança modal no transporte, eletrificação, bioenergia, recuperação de pastagens, intensificação pecuária e restauração florestal e outros.

Em cada setor, o modelo inclui alternativas tecnológicas convencionais e de baixo carbono, que são modeladas a partir dos seus custos de capital, operação e manutenção, fatores de emissão, eficiência de conversão, inputs primários e secundários, outputs primários e secundários, vida útil e limites de difusão. Essa abordagem possibilita identificar as rotas tecnológicas de menor custo para atingir metas de mitigação específicas, considerando a competição entre tecnologias e as restrições técnicas, econômicas e ambientais. Além disso, é importante frisar que o modelo, por ser integrado, encontra o mínimo custo para todos os setores ao mesmo tempo, buscando o ótimo global para a economia brasileira, que diverge do ótimo setorial que cada setor pode enxergar para si.

No sistema energético, o BLUES detalha cadeias completas de energia fóssil e renovável:

- Óleo e gás natural: inclui rotas convencionais e variantes com captura e armazenamento de carbono em refinarias e plataformas;
- Setor elétrico: abrange geração hídrica (inclusive repotenciação), eólica, solar fotovoltaica, termoelétricas a biomassa ou fósseis (com e sem CCS) e tecnologias emergentes de armazenamento de energia;
- Biocombustíveis: representa rotas de primeira e segunda geração, com integração de processos de BECCS, além de rotas avançadas como alcohol-to-jet (ATJ) e biomass-to-liquid (BTL);
- Indústria: contempla eficiência na geração de calor e vapor, rotas alternativas de produção de cimento, aço e produtos petroquímicos, uso de hidrogênio e opções de eletrificação de alguns processos térmicos;
- Edificações: inclui medidas de eficiência energética, geração distribuída, aquecimento solar de água e equipamentos mais eficientes; e
- Transportes: permite a avaliação de mudança modal de forma moderada, eletrificação da frota, hibridização, uso de biocombustíveis líquidos avançados e introdução de veículos a hidrogênio e pilha a combustível.

No setor AFOLU, o BLUES representa um amplo portfólio de medidas de mitigação de gases de efeito estufa e remoção de CO<sub>2</sub>:

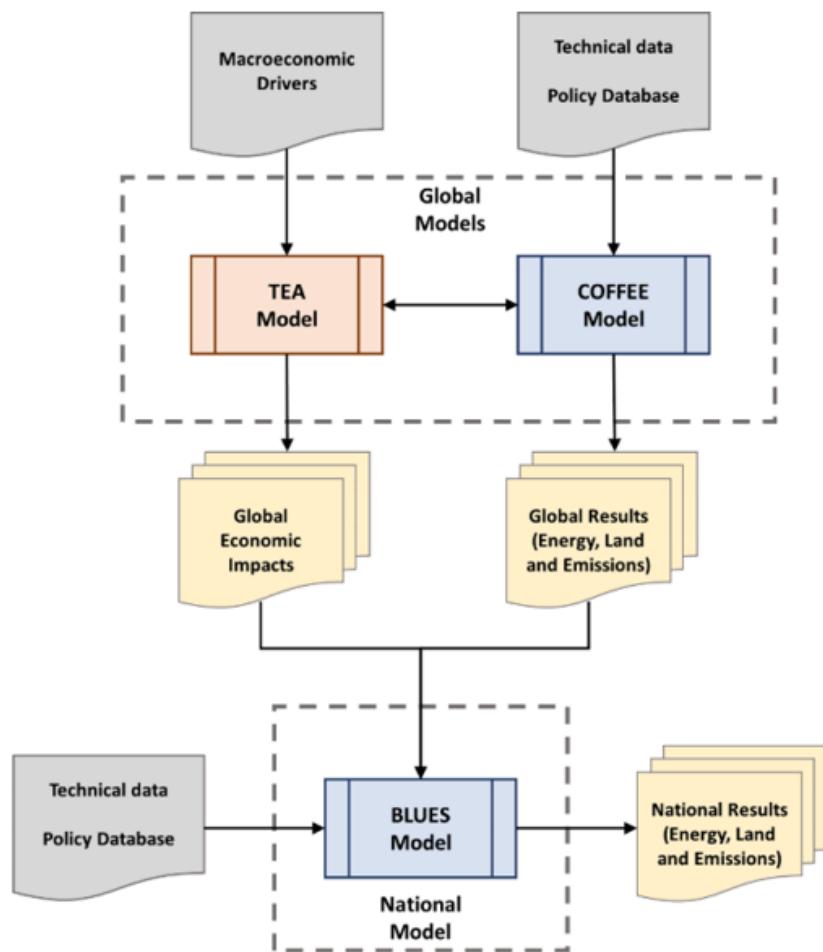
- Agropecuária: recuperação de pastagens degradadas, intensificação da pecuária de corte, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e suas combinações (Integração Lavoura-Pecuária – ILP, Integração Lavoura-Floresta – ILF, Integração Pecuária-Floresta – IPF), duplo cultivo, plantio direto e eficiência hídrica e energética em sistemas irrigados;
- Florestas: redução do desmatamento, restauração e reflorestamento com espécies nativas e exóticas e manejo sustentável; e
- Resíduos agrícolas: aproveitamento energético de biogás, produção de hidrogênio (H<sub>2</sub>) a partir do biogás, upgrading de biogás para produção de biometano.

Essa amplitude tecnológica permite ao modelo capturar sinergias entre mitigação energética e soluções baseadas na natureza, representando desde soluções convencionais até opções negativas de emissão, como BECCS e reflorestamento em larga escala.

A natureza integrada do modelo BLUES nos permite avaliar cenários de mitigação e neutralidade climática, como o net zero gases de efeito estufa (GEE) em 2050; custos e trajetórias tecnológicas compatíveis com metas nacionais e internacionais; interações entre energia e uso do solo, considerando políticas públicas e cobenefícios ambientais e econômicos.

Além disso, o modelo conta com soft-links com os modelos globais COFFEE (*Computable Framework for Energy and the Environment*) e TEA (*Total Economy Assessment*), o que permite consistência entre as dinâmicas macroeconômicas, as restrições de carbono globais e as demandas exógenas por alimentos, energia e serviços. A Figura 2 ilustra a integração entre os modelos TEA, COFFEE e BLUES, desenvolvidos pela equipe do Cenergia. Essa estrutura cria um acoplamento entre os níveis global e nacional, garantindo consistência macroeconômica, tecnológica e ambiental nas análises realizadas pelos modelos. No topo do sistema, estão os modelos globais TEA e COFFEE, que operam de forma soft-linked, trocando informações sobre energia, uso da terra e variáveis econômicas.

**Figura 2 – Apresentação sistemática da integração dos modelos BLUES, TEA e COFFEE**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

O TEA é um modelo multirregional e multisectorial de equilíbrio geral computável (CGE), formulado no GAMS e baseado nas estruturas GTAPinGAMS e EPPA do MIT. Ele representa a produção, o consumo e o comércio internacional de bens e serviços em 18 regiões e 16 setores econômicos, incluindo uma região específica para o Brasil. O TEA é um modelo recursivo-dinâmico e projeta a evolução da economia mundial até 2100 em intervalos de cinco anos (Cunha, 2019; Cunha *et al.*, 2020).

Já o modelo COFFEE é um IAM de processo global, de otimização intertemporal voltado à representação detalhada do sistema energético e do uso da terra. Baseado na estrutura MESSAGE, o COFFEE identifica as trajetórias de menor custo para atender à demanda global por energia e alimentos sob diferentes restrições climáticas. Ele fornece informações sobre comércio internacional de energia e biocombustíveis e orçamentos de carbono regionais para o modelo BLUES. Além disso, o modelo considera os balanços de oferta e demanda globais de insumos materiais, energéticos e de uso do solo.

A interligação entre os modelos globais ocorre com o TEA gerando projeções macroeconômicas globais, como crescimento do PIB setorial, que alimentam o COFFEE como demanda global de serviços energéticos, materiais e alimentos.

Em contrapartida, o COFFEE fornece ao TEA os resultados de energia, como consumo energético e expansão da geração elétrica, e emissões, assegurando que os efeitos tecnológicos e energéticos sejam refletidos no modelo de equilíbrio econômico. Essa troca de informações mantém coerência entre os setores da economia e os impactos econômicos das políticas de mitigação.

Para realizar esse acoplamento de forma adequada, os modelos precisam de uma consistência entre eles, seja da evolução do PIB, da população, e das narrativas que regem os cenários futuros. Para isso, os modelos do Cenergia utilizam os SSPs como base para as suas projeções, de forma a manter a consistência entre os modelos desenvolvidos no laboratório e com outros grupos de modelagem integrada.

### 2.1.1.1 Premissas consideradas

As Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) são cenários globais de desenvolvimento socioeconômico que descrevem trajetórias possíveis até 2100, combinando hipóteses sobre crescimento populacional, urbanização, economia, uso da terra, tecnologia e governança. Essas narrativas servem como plano de fundo para modelos de análise integrada, permitindo avaliar como diferentes contextos socioeconômicos interagem com políticas climáticas, levando em conta os desafios de mitigação e adaptação (Fricko et al., 2017; Kriegler et al., 2014; Riahi et al., 2017; Van Vuuren et al., 2014). A figura abaixo apresenta um breve resumo sobre o que são os diferentes SSPs e como eles se diferenciam entre si.

**Figura 3 – Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

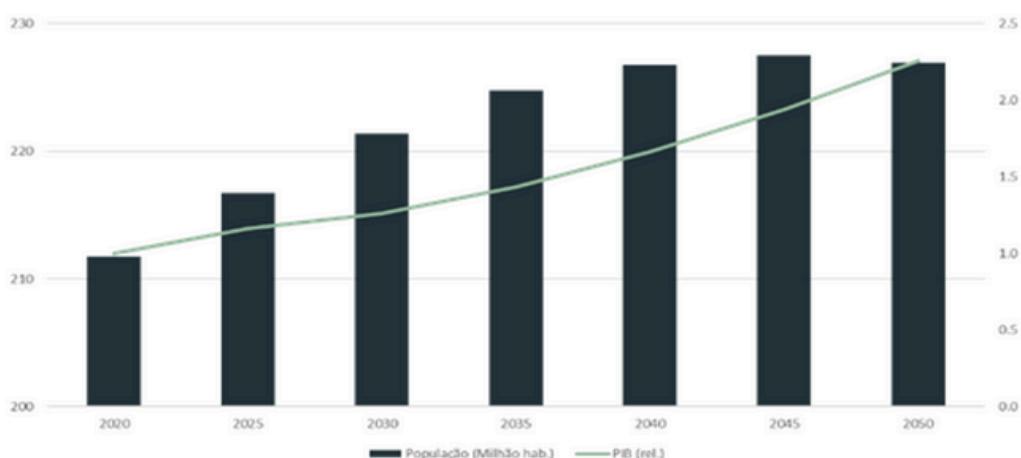
No modelo BLUES, os diferentes SSPs podem ser utilizados para definir distintas demandas de serviços energéticos, bem como padrões de consumo, pressão sobre o uso da terra e custos de mitigação, permitindo comparações entre narrativas de mundos diferentes.

Para o contexto do Plano Clima Mitigação, foi considerado o SSP2, que é o “Meio do Caminho”. Esse SSP representa a continuidade de padrões históricos, pois projeta tendências intermediárias de crescimento econômico, populacional e tecnológico, sem choques extremos. Ele permite ser utilizado como um padrão “neutro”, sem premissas excessivamente otimistas ou pessimistas, e sem grandes diferenças em relação aos padrões existentes, ou seja, não há rupturas rápidas nos atuais padrões de produção e consumo. Trata-se de um cenário amplamente utilizado na literatura internacional, o que facilita a comparação com outros estudos (O’Neill *et al.*, 2014, 2017).

Além disso, trajetórias de crescimento econômico e populacional do Brasil até 2050 foram construídas, alinhadas tanto aos dados gerados pelos modelos COFFEE e TEA em um cenário SSP2 quanto a outras modelagens, estimativas e projeções conduzidas no âmbito da Administração Pública Federal e disponíveis à época da sua realização. Desse modo, elas delineiam um cenário factível e coerente com o desenvolvimento econômico e social desejado para o Brasil até 2050.

A Figura 4 representa graficamente os parâmetros de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e crescimento populacional adotados no exercício de modelagem. No tocante ao crescimento econômico, foi projetada uma trajetória de PIB que parte do valor de R\$ 7,4 trilhões em 2020, alcançando R\$ 9,3 trilhões em 2030, 10,7 trilhões em 2035 e R\$ 16,7 trilhões ao final do período (2050), representativa de uma taxa de crescimento médio do PIB de cerca de 2,6% ao ano. Com relação ao crescimento populacional, a trajetória projetada foi de 211,76 milhões de habitantes em 2020, 221,37 milhões em 2030, 224,74 milhões em 2035, com pico populacional de 227,51 milhões sendo alcançado por volta de 2045, terminando o período com cerca de 226,95 milhões de habitantes.

**Figura 4 – Projeção de população e PIB do cenário SSP2**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

A demanda final por produtos agropecuários e industriais, por energia útil e serviços de transporte é determinada de forma independente e externa, orientada pelas projeções de crescimento econômico e populacional. Sendo assim, é nesse contexto de crescimento econômico, aumento do nível de atividade e da demanda que processos produtivos e soluções tecnológicas mais custo-efetivas (em termos de custos de abatimento de GEE) são necessárias para que a mitigação de GEE efetivamente ocorra.

No contexto do Plano Clima Mitigação, o setor de AFOLU (Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra), que abrange os setores agropecuário e de mudança de cobertura da terra, considerou as políticas públicas já existentes. Para o setor agropecuário, adotou-se como premissa básica o atendimento completo do Plano ABC+ até 2030, seguido de limitações que foram estabelecidas em conjunto com especialistas do setor agropecuário do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Assim, tendo como premissas:

- Recuperação de pastagens degradadas: Recuperação de 30 Mha até 2030 e máximo de acréscimo de 60 Mha até 2050;
- Sistema de plantio direto: Expansão de 12,5 Mha até 2030 e posteriormente, não podendo ser inferior a 12,5 Mha até 2050;
- Sistemas integrados: Implementação de 10 Mha até 2030 e máximo de acréscimo de 28 Mha até 2050;
- Produção de florestas plantadas (comerciais): Expansão de 4 Mha até 2030 e posteriormente não podendo ser inferior a 4 Mha até 2050;
- Utilização de bioinsumos: Aumento de 13 Mha até 2030 e posteriormente, não podendo ser inferior a 13 Mha até 2050;
- Sistemas irrigados: Expansão de 3 Mha até 2030 e máximo de acréscimo de 6 Mha até 2050;
- Manejo de resíduos agropecuários: Utilização de 208 Mm<sup>3</sup> até 2030 e posteriormente não podendo ser inferior a 208Mm<sup>3</sup> até 2050; e
- Terminação intensiva: Expansão de 5 milhões de cabeças até 2030 e posteriormente, o número não poderá ser inferior a 5 milhões de cabeças até 2050.

Ademais, foi considerada a possibilidade de implementar outros sistemas de produção com baixas emissões de gases de efeito estufa, como hortas urbanas, fazendas verticais, aditivos inibidores de metanogênese e outros.

Para o setor de mudança de cobertura da terra, consideraram-se principalmente medidas relacionadas ao desmatamento e ao reflorestamento. Assim, foi considerado que, entre 2020 e 2030, seria necessário cumprir o Planaveg, que determina a restauração de 12 milhões de hectares de vegetação nativa no Brasil. O detalhamento das áreas a serem restauradas foi repassado pelo MMA à equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ, e os dados foram regionalizados e classificados entre áreas de florestas nativas restauradas e áreas de savana nativa restaurada.

Posteriormente, entre 2030 e 2050, foi considerada uma restauração adicional de 8,9 Mha referente ao montante ainda não restaurado de passivo ambiental. Esses dados também foram repassados pelo MMA à equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ, que utilizou os dados regionalizados e temporalizados fornecidos pela equipe do MMA.

Ademais, para a questão do desmatamento, considerou-se que o desmatamento ilegal deveria ser encerrado até 2030, permanecendo posteriormente apenas o desmatamento legal, em três níveis distintos, que serão abordados no item 1.3 “Construção dos cenários”. Todos esses dados sobre quanto, quando e onde o desmatamento legal continuaria a ocorrer foram repassados ao Cenergia/Coppe/UFRJ pela equipe de especialistas do MMA.

Para o setor de AFOLU, o MAPA forneceu um documento contendo as principais premissas que deveriam ser implementadas no modelo BLUES e os limites para a expansão dos sistemas produtivos presentes no Plano ABC+. No setor de mudança de cobertura da terra, o MMA forneceu dados quantitativos temporalizados sobre os níveis de desmatamento e reflorestamento de acordo com cada cenário analisado. Os dados fornecidos pelo MMA também contaram com o suporte do grupo de modelagem de mudança de cobertura da terra da UFMG. Ademais, é importante destacar que esses dados foram fornecidos entre os meses 11/2023 e 02/2024, após, não foram fornecidos mais dados de nenhum outro grupo ou instituição relacionado ao setor agropecuário ou à mudança de cobertura da terra para a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ.

Para o setor de Energia, foram utilizadas premissas relacionadas a: diesel B15 a partir de 2025; gasolina com 27,5% volume de etanol; geração prevista na Lei 14.182/2021 e Decreto 11.042/2022 (8 GW de UTEs a GN e 2 GW de PCHs a partir de 2025); refinaria Abreu e Lima (RNEST) com capacidade de processamento de 230 milhares de barris por dia (kbpd) em 2030; Angra III em operação até 2030; entrada de capacidade já contratada; e consideração do tempo de maturação de entrada de tecnologias disruptivas, em especial BECCS.

Para o setor de Transportes, foi considerada a premissa de implementação de conjunto selecionado de empreendimentos de infraestrutura do Novo PAC (Rodovias, Ferrovias, Hidrovias, Portos e Aeroportos) com conclusão prevista até 2050.

Quanto aos outros setores contemplados no modelo BLUES, nenhum dado sobre premissas foi passado à equipe do Cenergia nos meses acordados para isso (entre 11/2023 e 03/2024).

## 2.1.2 Construção dos cenários

A partir do que foi apresentado anteriormente e com diversas discussões com o Governo brasileiro, foram elaborados três cenários para serem usados como base para o Plano Clima Mitigação, diferenciados unicamente pela taxa de desmatamento legal permitida entre 2030 e 2050, mantendo-se constantes todas as demais premissas macroeconômicas, demográficas, tecnológicas e setoriais.

- Cenário 100D – Mantém o desmatamento legal nos níveis observados atualmente, após 2030;
- Cenário 25D – Considera uma redução de 75% nos níveis de desmatamento legal existentes atualmente a partir de 2030; e
- Cenário 0D – Assume a eliminação completa do desmatamento legal após 2030, representando a trajetória mais ambiciosa de conservação florestal.

Essa estrutura permite isolar o efeito direto da política de controle do desmatamento sobre o desempenho climático e econômico do país, oferecendo uma comparação robusta entre trajetórias de mitigação de GEE com diferentes graus de restrição ambiental.

Os cenários foram concebidos como análises de sensibilidade com foco na intensidade e persistência do desmatamento legal como variável-chave. Essa abordagem visa quantificar o impacto das distintas trajetórias de uso da terra sobre as emissões líquidas de gases de efeito estufa, bem como sobre a necessidade de mitigação adicional nos demais setores como energia, transportes, agropecuária e processos industriais.

Por meio dessa sensibilidade, é possível compreender como a permanência de diferentes níveis de desmatamento influencia no esforço de descarbonização do resto da economia. Assim, caso o país mantenha níveis elevados de desmatamento, outros setores precisarão compensar com reduções mais agressivas de emissões, seja por meio da adoção de tecnologias de baixo carbono, eletrificação de frotas, expansão de energias renováveis ou práticas agropecuárias sustentáveis.

Além disso, os cenários foram alinhados aos compromissos estabelecidos pela NDC brasileira no âmbito do Acordo de Paris, que prevê:

- Redução absoluta de emissões de GEE em 48% até 2025 e 53% até 2030, em relação aos níveis de 2005;
- Alcance da neutralidade climática até 2050; e
- Desmatamento ilegal zero até 2030.

A análise conjunta desses cenários permite avaliar o grau de coerência entre as políticas de uso da terra e os compromissos internacionais do Brasil, subsidiando decisões estratégicas sobre priorização de investimentos, políticas de controle do desmatamento e instrumentos de precificação de carbono.

## 2.1.3 Interações institucionais

O trabalho realizado na fase inicial do Plano Clima Mitigação, que envolveu o desenvolvimento das trajetórias de gases de efeito estufa até 2035, buscou ser abrangente, diversificado e contar com a participação de diferentes atores da sociedade. Com o objetivo de se ter uma NDC participativa, a equipe do laboratório Cenergia da Coppe/UFRJ, buscou realizar uma ampla divulgação das metodologias utilizadas para as projeções através do modelo de análise integrada brasileiro, denominado modelo BLUES, além de solicitar aos especialistas de cada área, dados mais atualizados e premissas robustas para que fosse possível desenvolver a nova NDC brasileira. Para isso, foram realizados mais de 60 encontros, reuniões, oficinas, seminários e oficinas, totalizando mais de 200 horas de reuniões para cada um dos integrantes. Isso equivale a mais de 800 horas de trabalho dos pesquisadores do Cenergia/Coppe/UFRJ dedicadas exclusivamente à construção desse diálogo entre a academia, a sociedade civil e governo federal (Tabela 1).

**Tabela 1 – Reuniões desenvolvidas ao longo da fase de desenvolvimento das trajetórias de gases de efeito estufa para os setores da economia brasileira para o projeto Plano Clima Mitigação**

DATA (dd/mm/ano)	REUNIÕES (Nome da reunião)	DURAÇÃO (Horas)	PESQUISADORES CENERGIA (Pessoas)	AUDIÊNCIA (Pessoas)
21/11/2023	Oficina: Trajetória de Emissões GEE e Projeções 2024-2035	8	4	100
22/11/2023	Oficina: Trajetória de Emissões GEE e Projeções 2024-2035	8	4	100
18/12/2023	Reunião DPMA/Coordenador-Geral de Mitigação e Proteção da Camada de Ozônio, sobre o Plano Clima Mitigação	2	4	35
19/01/2024	Reunião MMA - MT/MCidades: Modelagem de Trajetórias de Mitigação em Transportes	2	5	20
23/01/2024	Reunião SMC/MMA, SQA/MMA e MCidades: Modelagem de Trajetórias de Mitigação em Resíduos	2	3	11
23/01/2024	Reunião MMA - MME: Modelagem de Trajetórias de Mitigação em Energia	2	3	15
24/01/2024	Reunião MMA - MAPA - MDA: Modelagem de Trajetórias de Mitigação em Agropecuária	2	3	13
25/01/2024	Reunião preparatória da Oficina Técnica "Trajetórias de Mitigação no Setor de Mudança do Uso da Terra e Florestas"	2	3	22
26/01/2024	Reunião MMA – MDIC: Modelagem de Trajetórias de Mitigação em Indústria	2	4	15
01/02/2024	Reunião prévia oficina LULUCF	1	3	6
02/02/2024	Reunião SQA/SMC/MMA, Coppe-UFRJ e parceiros sobre estimativas no setor de resíduos	2	6	21

Continuação

<b>DATA (dd/mm/ano)</b>	<b>REUNIÕES (Nome da reunião)</b>	<b>DURAÇÃO (Horas)</b>	<b>PESQUISADORES CENERGIA (Pessoas)</b>	<b>AUDIÊNCIA (Pessoas)</b>
06/02/2024	Oficina "Trajetórias de Mitigação no Setor de Mudança do Uso da Terra e Florestas"	10	3	60
07/02/2024	Oficina "Trajetórias de Mitigação no Setor de Mudança do Uso da Terra e Florestas"	10	3	58
20/02/2024	Plano Clima – Alinhamentos	2	3	11
27/02/2024	Plano Clima – cenários desmatamento	2	4	6
08/03/2024	Encontro Técnico Ministério do Meio Ambiente   Plano Estratégico 2024_2028+ Foco em Transição Energética	3	5	14
11/03/2024	Plano de Trabalho Coppe-UFRJ/MMA	2	3	12
15/03/2024	Análise do Plano de Trabalho	2	7	15
15/03/2024	Resultados modelagem – Coppe-UFRJ/MMA	2	4	11
18/03/2024	Cenários De Mitigação	2	6	12
18/03/2024	Reunião DPMA/MMA – MCTI – Coppe-UFRJ: Análise Resultados Modelo BLUES	2	5	40
21/03/2024	Modelagem Plano Clima Mitigação - refinamento resultados	2	3	22
01/04/2024	Apresentação resultados preliminares Plano Clima – Mitigação	2	5	31
02/04/2024	GTTs  Mitigação e Adaptação. Convite para Sessão de Apoio e Fortalecimento da Ambição Climática no âmbito do Plano Clima	2	4	127
05/04/2024	3a Reunião GTT Mitigação	3	4	69
12/04/2024	Reunião alinhamento DPMA e Coppe-UFRJ, 3ª Reunião do GTT Mitigação	3	4	15
24/04/2024	Reunião para apresentação de resultados e próximos passos cronograma modelagem	2	5	19
03/05/2024	Reunião apresentação de resultados (24 de abril) e próximos passos cronograma modelagem	2	5	24
13/05/2024	Reunião Coppe/UFRJ-MMA-MCTI	2	8	19
16/05/2024	Reunião GTT Mitigação	4	5	71
17/05/2024	Reunião MMA, MDIC, MCTI e Coppe/UFRJ: Oficina sobre Modelo BLUES 24/05 (agenda, formato e convidados)	1.5	8	13
17/05/2024	Reunião MMA, MME, MCTI e Coppe/UFRJ: Oficina sobre Modelo BLUES 24/05 (agenda, formato e convidados)	1.5	8	26
23/05/2024	Oficina "Resultados Preliminares do Modelo BLUES – Estratégia Nacional de Mitigação"	8	4	100
24/05/2024	Plano Clima / Mitigação: Oficina sobre o Modelo BLUES – Indústria	3	6	172
27/05/2024	Alinhamento Coppe-UFRJ/MMA	1	4	7

<b>DATA (dd/mm/ano)</b>	<b>REUNIÕES (Nome da reunião)</b>	<b>DURAÇÃO (Horas)</b>	<b>PESQUISADORES CENERGIA (Pessoas)</b>	<b>AUDIÊNCIA (Pessoas)</b>
28/05/2024	Seminário de Apresentação do Processo de Construção da Estratégia Nacional de Mitigação 2024-2035	8	1	100
17/06/2024	Alinhamento MAPA – Plano Clima Mitigação	2	4	17
18/06/2024	Oficina sobre o Modelo BLUES – Energia	3	6	118
20/06/2024	Alinhamento Coppe-UFRJ/MMA	2	4	14
21/06/2024	1ª Oficina Conjunta dos Planos Setoriais de Mitigação	9	3	187
24/06/2024	Preparação da Oficina Resultados Modelo BLUES (27.06)	2	6	29
27/06/2024	Oficina “Trajetória Nacional de Mitigação e Orçamentos Setoriais de Emissões”	9	5	82
02/07/2024	Reunião - detalhamento resultado	1.5	5	11
08/07/2024	Reunião com Coppe/UFRJ – Organização Resultados BLUES	2	4	8
23/07/2024	Plano Clima   Resultados BLUES	2	6	20
02/08/2024	Apresentação de Resultados Setoriais – Modelo BLUES	3	5	23
06/08/2024	Apresentação do Setor Agropecuário do Plano Clima “Diálogo estratégico público-privado   agricultura e mudança do clima	10	1	40
09/08/2024	Apresentação de Resultados Setoriais – Modelo BLUES	3	5	22
13/08/2024	Dúvidas BLUES LULUCF – MMA/Coppe-UFRJ	2	1	7
14/08/2024	Apresentação de Resultados Setoriais – Modelo BLUES	3	5	21
20/08/2024	Reunião MMA, BNDES e Coppe-UFRJ sobre Plano Clima	2	5	15
22/08/2024	Reunião com MMA, MRE e UFRJ	2	4	14
23/08/2024	“Continuidade do Diálogo Estratégico Público-Privado   Agricultura e Mudança do Clima – Detalhamento Resultados BLUES”	3	6	27
05/09/2024	Reunião MCTI/ Coppe-UFRJ	2	4	7
06/09/2024	Reunião setorial com Casa Civil	2	1	27
10/09/2024	Workshop ABBI sobre Plano Clima	3	1	44
12/09/2024	Estratégia Nacional de Mitigação – Oficina Orçamentos Setoriais de Emissões	2	4	18
13/09/2024	Reuniões Setoriais com Casa Civil – Mitigação GEE no setor de Energia	2	1	22
19/09/2024	Premissas Modelo Blues – MAPA/ Coppe-UFRJ	2	1	5
26/09/2024	MMA – Mitigação LULUCF	1	1	3
01/10/2024	Coalizão Brasil – (Coppe/UFRJ): metodologia NDC	2	1	42
08/10/2024	IBA- Coppe/UFRJ	2	1	40
10/10/2024	Oficina de Resultados das Modelagens de Avaliação Integrada do BLUES	10	4	40
11/10/2024	Oficina de Resultados das Modelagens de Avaliação Integrada do BLUES	10	4	40

As subseções seguintes apresentam, de forma mais aprofundada, relato das discussões ocorridas nas reuniões apresentadas anteriormente.

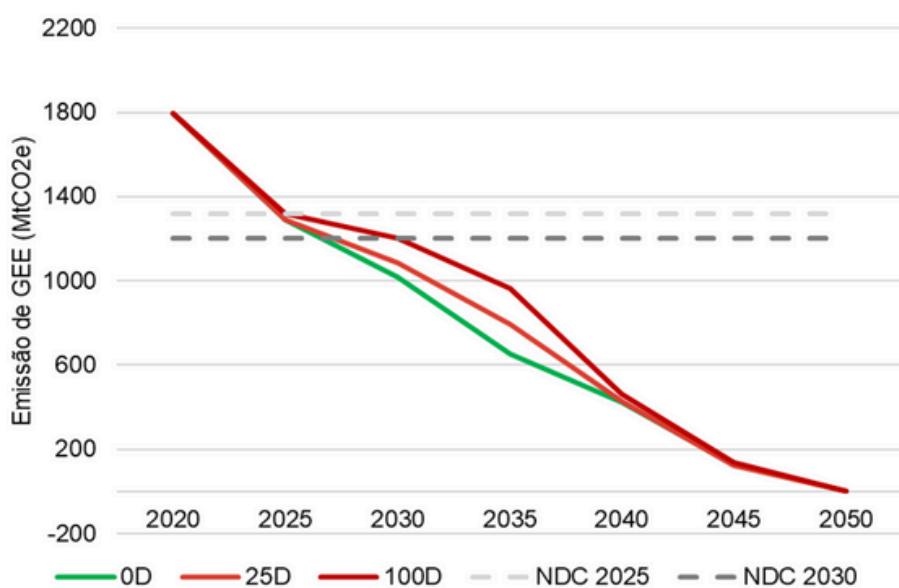
## 2.2 Resultados

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos a partir das rodadas realizadas com o modelo BLUES no âmbito do Plano Clima Mitigação. Inicialmente, são mostrados os resultados agregados, incluindo as trajetórias de emissões nacionais de GEE e de CO<sub>2</sub> até 2050, bem como a evolução das emissões setoriais desses gases e das emissões de não-CO<sub>2</sub>. Em seguida, são analisadas as mudanças no perfil da energia primária nacional, a contribuição das remoções de carbono por categoria e o custo anual equivalente associado às trajetórias de mitigação dos cenários analisados. Os resultados quantitativos detalhados do Modelo BLUES são apresentados em formato de planilhas no ANEXO A deste relatório[1].

### 2.2.1 Resultados gerais

A Figura 5 apresenta as trajetórias de emissões líquidas de gases de efeito estufa para os três cenários avaliados. As linhas tracejadas indicam os compromissos assumidos pelo Brasil em suas NDCs, com marcos para os anos de 2025 e 2030.

**Figura 5 – Trajetória das emissões de gases de efeito estufa entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

<sup>1</sup>É importante ressaltar que os dados de entrada para o Modelo BLUES foram aqueles divulgados pelo MCTI no âmbito do Inventário Nacional de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa de 2022, com dados sobre emissões e remoções por categoria do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) até 2020, apresentados na métrica Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential – GWP, na sigla em inglês) para um horizonte temporal de 100 anos, com base no Quinto Relatório de Avaliação (AR5, na sigla em inglês) do IPCC, ou seja, em GWP100 AR5. No entanto, os resultados do BLUES foram apresentados ao final em métrica mais atualizada, GWP100 AR6, o que ensejou a necessidade de ajustes para seu alinhamento à metodologia utilizada pelo Brasil no Inventário Nacional.

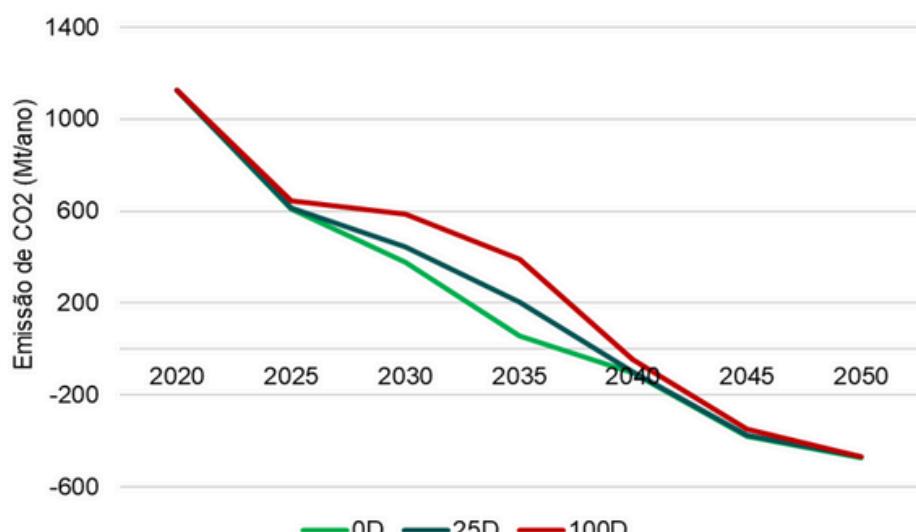
Observa-se que até 2030 as trajetórias permanecem relativamente próximas, mas os cenários 0D e 25D apresentam vantagem em relação ao cumprimento da meta proposta para esse ano. Isso ocorre decorrente da incorporação de medidas importantes, como a eliminação do desmatamento ilegal, a redução do desmatamento legal e a implementação de programas voltados para o uso do solo como o Planaveg e o ABC+, e isso garante não apenas o atendimento, mas uma redução ainda maior das emissões de GEE em relação à meta da NDC de 2030. Já no cenário 100D, em que o desmatamento legal se mantém mais elevado, o cumprimento da meta ocorre com maior dificuldade, mas atinge o valor da meta para esse ano.

A partir de 2035, as diferenças entre os cenários tornam-se mais significativas. O nível de emissões é consideravelmente menor nos cenários de menor desmatamento. Esse resultado mostra que eventuais atrasos na contenção do desmatamento podem comprometer a trajetória de redução de emissões e aumentar o esforço necessário para alcançar os objetivos de longo prazo.

Apesar das diferenças observadas na primeira metade do período, os cenários convergem gradualmente após 2040, tornando-se praticamente iguais em emissões a partir de 2045. Essa convergência mostra, em alguma medida, o nível de desafio dessa meta, em que o modelo acaba por convergir para um mesmo patamar de emissão entre os cenários. Além disso, todos os cenários atingem o objetivo de neutralidade climática em 2050.

Já a Figura 6 apresenta a trajetória de emissões líquidas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para os cenários 0D, 25D e 100D. O gráfico mostra a evolução anual das emissões desde 2020 até 2050, evidenciando a necessidade de redução de emissões para que o Brasil possa alcançar suas metas de longo prazo.

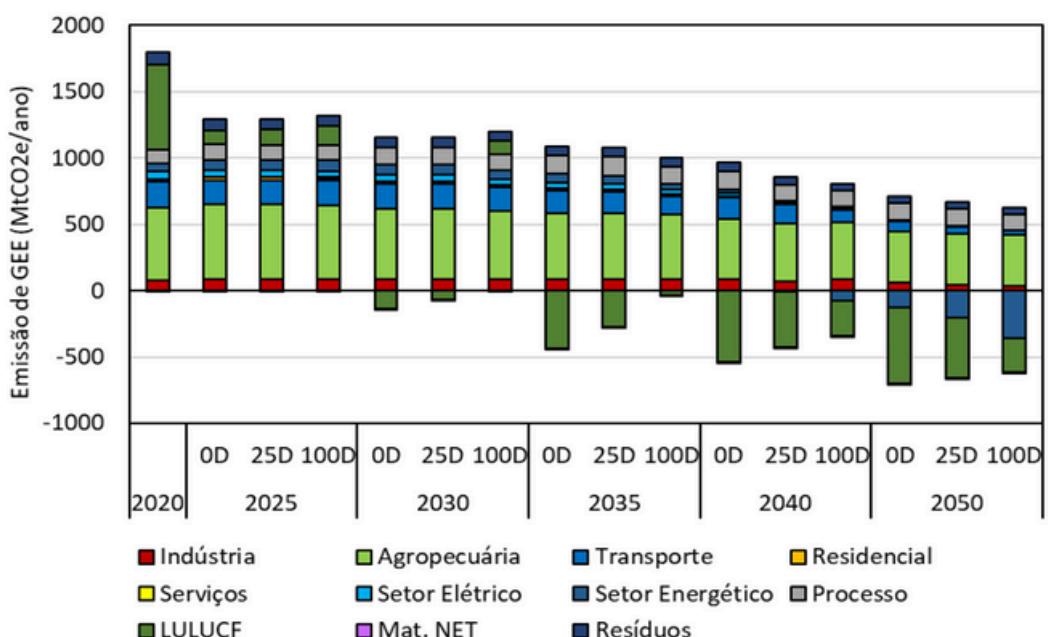
**Figura 6 – Trajetória das emissões de gás carbônico entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**



Os resultados indicam que, embora os cenários apresentem trajetórias distintas a partir de 2025, todos convergem para níveis semelhantes a partir de 2040, como ocorre nas emissões de GEE. Esse resultado mostra que para considerarmos que a neutralidade de gases de efeito estufa se dê até 2050, isso exige a neutralidade de CO<sub>2</sub> já entre 2035 e 2040. O cenário 100D, apesar de apresentar maior atraso, também converge para o patamar mais baixo das emissões de CO<sub>2</sub> como encontrados nos outros cenários.

A Figura 7 apresenta a evolução das emissões líquidas de GEE por setor nos diferentes cenários para os anos de referência entre 2025 e 2050. Os resultados mostram que todos os setores contribuem para a redução de emissões ao longo do período, ainda que em diferentes níveis. A partir de 2030, o setor de LULUCF passa a apresentar emissões líquidas negativas, deixando de ser uma fonte de emissões de GEE e tornando-se um importante vetor de remoções.

**Figura 7 – Emissões setoriais de gases de efeito estufa entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**

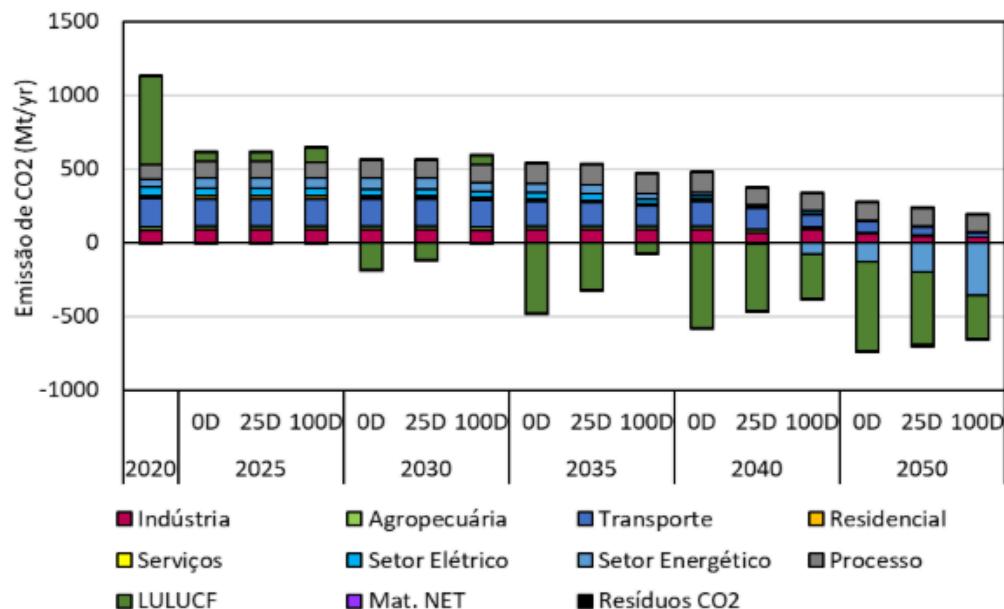


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

A análise setorial revela que quanto maior a manutenção do nível de desmatamento legal, maior o esforço necessário dos demais setores para compensar o atraso na mitigação. O setor energético, por exemplo, precisa atingir emissões líquidas negativas em todos os cenários até 2050, antecipando esse marco já em 2040 no cenário 100D. O setor de transportes, historicamente um dos maiores emissores de CO<sub>2</sub>, reduz substancialmente sua contribuição, embora mantenha emissões residuais até 2050. Já as emissões de processos industriais permanecem relativamente estáveis ao longo do período, apresentando reduções mais expressivas apenas ao fim do horizonte de análise.

A Figura 8 apresenta a evolução das emissões setoriais de CO<sub>2</sub> entre 2020 e 2050 para os cenários 0D, 25D e 100D. O formato da figura se assemelha ao observado para as emissões de GEE totais, porém com diferenças importantes: aqui, a agropecuária tem papel menos relevante nas emissões totais, uma vez que a maior parte de suas emissões ocorre na forma de gases não CO<sub>2</sub>.

**Figura 8 – Emissões setoriais de gás carbônico entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**

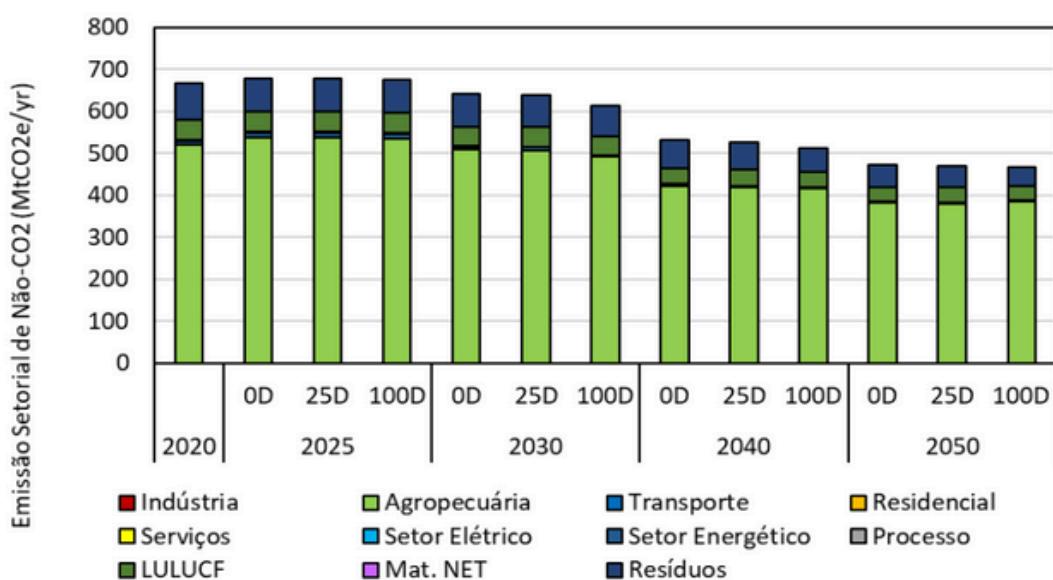


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

Todos os setores apresentam redução progressiva das emissões ao longo do período. A partir de 2030, o setor de LULUCF passa a ter emissões líquidas negativas. Destaca-se também a redução expressiva das emissões do setor de transportes, bem como a queda pela metade das emissões industriais até 2050. O setor energético, por sua vez, segue trajetória semelhante à observada nas emissões líquidas de GEE, necessitando da adoção de tecnologias de remoção de carbono, como BECCS, para alcançar emissões negativas dentro do setor nos cenários analisados, porém se tornando já negativo em 2040 no cenário 100D.

Ao considerar apenas as emissões de gases não-CO<sub>2</sub>, percebe-se que o setor agropecuário continuará sendo um grande emissor de gases como o CH<sub>4</sub> e o N<sub>2</sub>O, sendo o principal emissor. Contudo, o setor reduz suas emissões de aproximadamente 530 MtCO<sub>2</sub>e em 2020 e 2025 para menos de 400 MtCO<sub>2</sub>e em 2050 (Figura). Isso demonstra que o setor desempenhará um papel fundamental na redução dos níveis de emissão de gases que não sejam CO<sub>2</sub>, mesmo com uma produção crescente de alimentos e bioinssumos. O que demonstra que o setor ainda possui um grande potencial de expansão da produção, especialmente ao adotar medidas de baixo carbono, principalmente aquelas previstas no Plano ABC+. Ademais, é interessante perceber que os cenários apresentam diferenças marginais nos níveis de emissão de gases não-CO<sub>2</sub>, o que evidencia a extrema necessidade de todos os cenários na redução desses gases, algo que não ocorre quando a comparação é feita apenas entre os cenários observando o CO<sub>2</sub>.

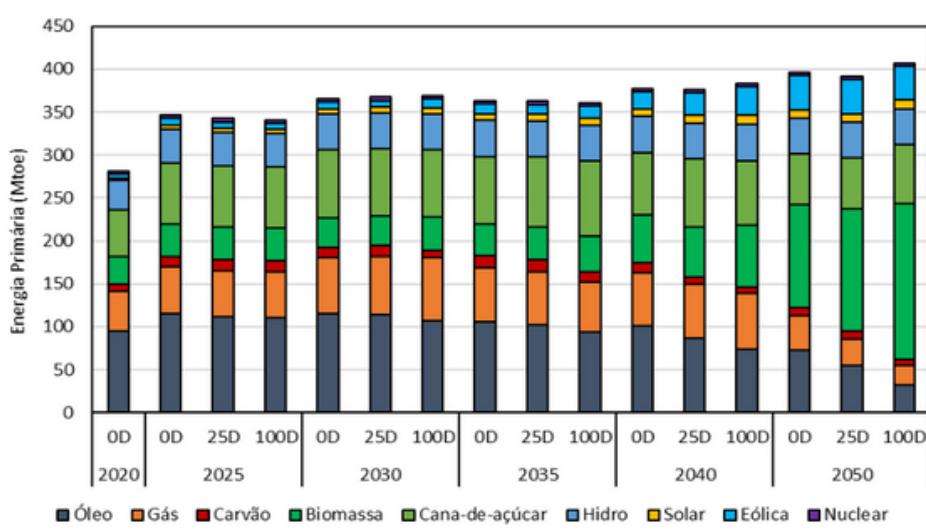
**Figura 9 – Emissões setoriais de gases não-CO<sub>2</sub> entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

A Figura 9 apresenta a evolução da oferta de energia primária no Brasil para os cenários 0D, 25D e 100D entre 2020 e 2050. Os resultados indicam mudanças significativas na composição da matriz de energia primária, com destaque para o crescimento expressivo da biomassa, especialmente no cenário 100D, onde a necessidade de compensar as emissões relacionadas ao desmatamento leva a uma expansão mais acentuada dessa fonte.

**Figura 10 – Energia primária, em Mtoe, entre 2020 e 2050 para os cenários 0D, 25D e 100D**



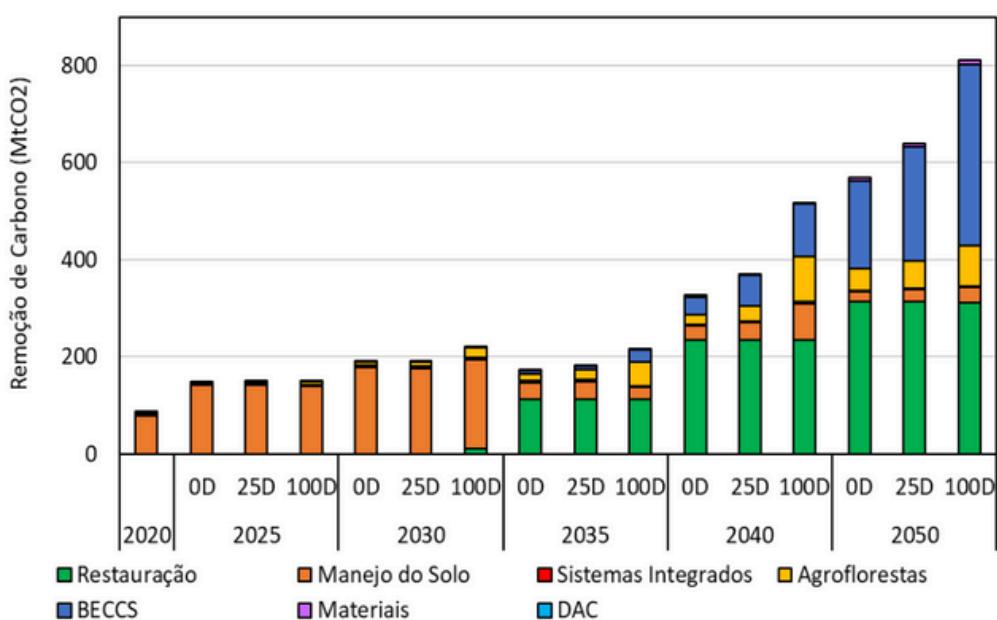
Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

Os combustíveis fósseis, especialmente o óleo, permanecem relativamente estáveis até 2030, mas começam a seguir trajetórias divergentes a partir de 2035. Quanto maior o desmatamento, menor é o espaço ocupado pelo óleo na matriz, sendo o cenário 100D aquele em que a oferta de energia primária proveniente dessa fonte diminui mais ao longo do período.

Esse mesmo cenário também é o que apresenta a maior perda relativa de fósseis no total da matriz, sendo substituído por fontes renováveis. Paralelamente, observa-se a expansão contínua das fontes solar, eólica e biomassa, que seguem crescendo em todo o horizonte analisado.

A Figura 11 apresenta a evolução das remoções de carbono por categoria entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D. Até 2030, os resultados são bastante próximos entre cenários, refletindo a execução das metas do ABC+ (com ênfase em manejo do solo e sistemas integrados). A partir de 2035, a restauração florestal passa a liderar as remoções e é muito parecida entre cenários, pois segue as premissas do PLANAVEG.

**Figura 11 – Remoções de carbono por categoria (MtCO<sub>2</sub>/ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

À medida que aumenta o cenário de desmatamento, cresce a necessidade de CDR adicional e, com isso, agroflorestas e BECCS escalam para fechar a lacuna de emissões. No cenário 100D, o volume de BECCS é mais que o dobro do 0D, e as agroflorestas apresentam quase o dobro das remoções do 0D. E os bioplásticos respondem por quase 1% das remoções anuais dos cenários no ano de 2050.

A próxima subseção irá dar sequência aos resultados apresentados, porém dando foco aos resultados setoriais.

## 2.2.2 Resultados setoriais

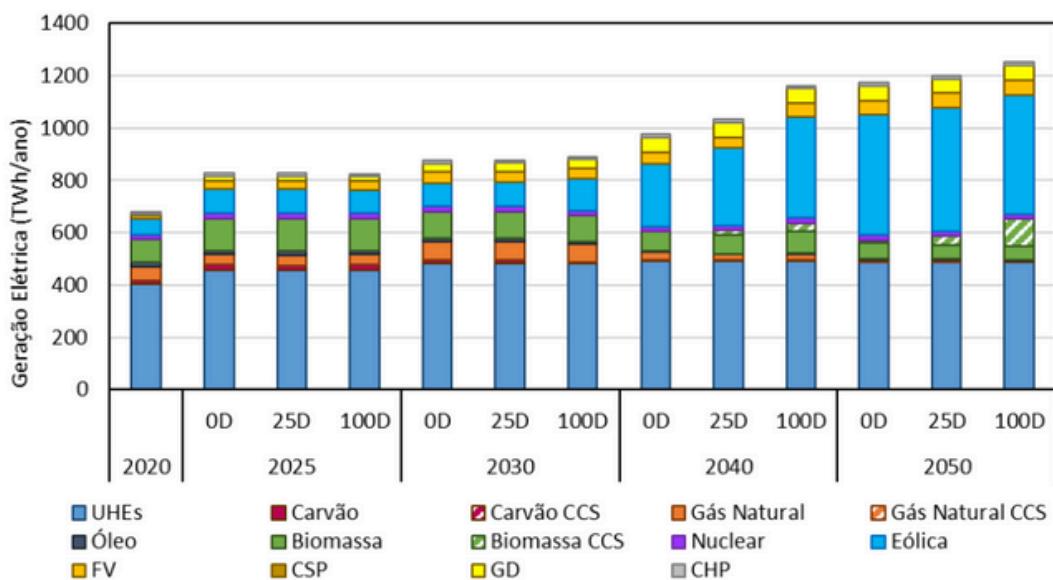
Nesta subseção, os resultados são apresentados de forma setorial, com foco nos setores de energia, transportes, indústria, edificações, AFOLU e resíduos, destacando o papel e o potencial de mitigação de cada um desses componentes na consecução das metas de neutralidade climática do país, focando em cada um dos cenários avaliados.

## 2.2.2.1 Setor energético

Nesta seção, são mostradas a evolução da geração elétrica por fonte e da capacidade instalada, evidenciando a expansão das fontes renováveis e a mudança de perfil de geração do parque gerador brasileiro. Em seguida, são discutidos os resultados de produção de biocombustíveis e as emissões de gases de efeito estufa do setor, destacando os efeitos das medidas de mitigação sobre o perfil emissor do sistema energético nacional.

A Figura 12 apresenta a evolução da geração elétrica por fonte entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D. Observa-se um crescimento acelerado das fontes renováveis, tanto variáveis (eólica e solar fotovoltaica) quanto de base (biomassa e hidrelétrica), as quais passam progressivamente a substituir as fontes fósseis na matriz elétrica brasileira.

**Figura 12 – Geração elétrica por fonte (TWh/ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**

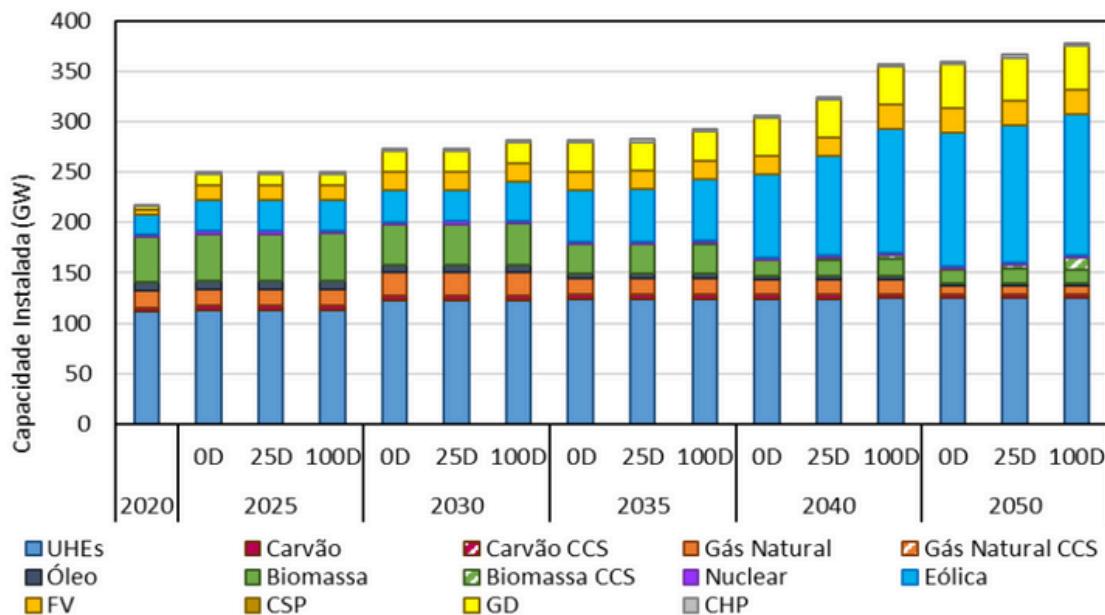


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

Mesmo com a entrada de novas térmicas a gás natural até 2030, em decorrência da Lei da Eletrobras, a produção de eletricidade a partir dessa fonte cai substancialmente nas décadas seguintes. Em 2040, a geração a gás é inferior a 30 TWh/ano, chegando a cerca de 20 TWh/ano no cenário 100D neste ano. Nos cenários com maior nível de desmatamento, há necessidade de captura e armazenamento de carbono associada à geração termoelétrica, especificamente na biomassa. Em 2050, a geração combinada de eólica e solar fotovoltaica ultrapassa 500 TWh/ano em todos os cenários, superando a geração proveniente de hidrelétricas, que tradicionalmente lidera o sistema elétrico brasileiro.

A Figura 13 apresenta a evolução da capacidade instalada no sistema elétrico brasileiro entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D. Os resultados seguem a mesma tendência observada na geração elétrica, como visto na Figura 5 , com o crescimento expressivo das fontes renováveis e a redução gradual das fontes fósseis ao longo do período.

**Figura 13 – Capacidade instalada por fonte (GW) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**

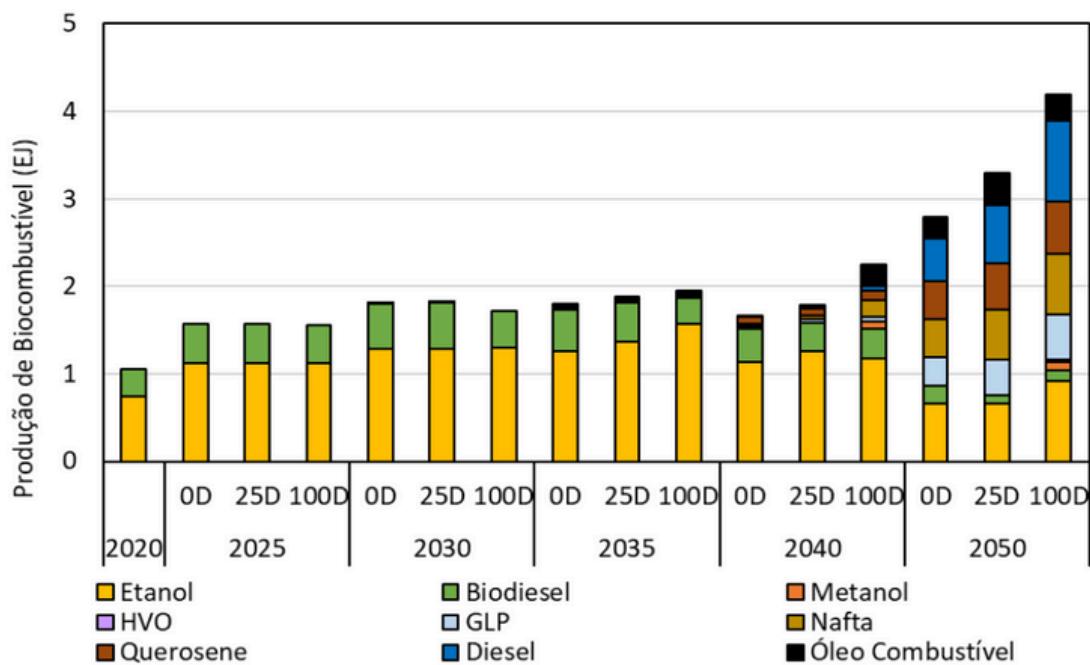


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

De forma geral, a expansão da capacidade instalada é liderada por eólica e solar fotovoltaica, refletindo a necessidade de atender à crescente demanda com tecnologias de baixo carbono. No entanto, devido às diferenças nos fatores de capacidade de cada fonte, a ordem de grandeza da potência instalada difere da observada na geração. Apesar da redução na participação das fontes fósseis, estas permanecem necessárias para trazer estabilidade do sistema elétrico, especialmente as térmicas a gás natural, que desempenham um papel relevante no despacho do sistema em um sistema com alta penetração de renováveis variáveis.

A Figura 14 apresenta a produção de biocombustíveis no Brasil entre 2020 e 2050 para os cenários 0D, 25D e 100D. Até 2030, observa-se a manutenção da tendência histórica, com predominância do etanol e do biodiesel. A partir de 2035, novas rotas tecnológicas passam a ganhar relevância, com a entrada de combustíveis sintéticos produzidos a partir de plantas do tipo Fischer-Tropsch, ampliando a diversificação da oferta.

**Figura 14 – Produção de biocombustíveis (EJ/ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**

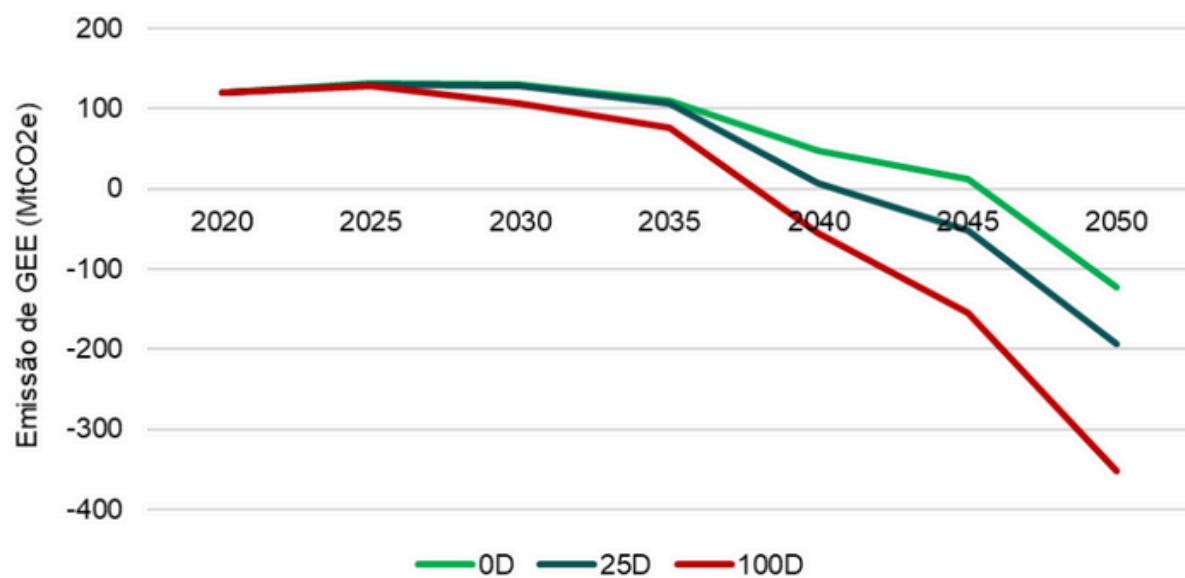


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

A partir de 2040, o diesel fóssil e, por consequência, o biodiesel, começam a ser substituídos pelo diesel verde, reduzindo substancialmente a participação do biodiesel, que passa a representar apenas uma fração da sua produção histórica. O querosene verde de aviação também se torna essencial para auxiliar na descarbonização do setor aéreo. Nos cenários com maior nível de desmatamento, a produção total de biocombustíveis é mais elevada, impulsionada pela necessidade de remoções adicionais associadas a rotas de captura e uso de carbono, fazendo BECCS, reforçando o papel dos biocombustíveis na compensação das emissões remanescentes.

A Figura 15 apresenta a evolução das emissões do setor de energia entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D. Até 2030, observa-se um esforço semelhante de mitigação entre os três cenários, resultando em reduções próximas de emissões no período inicial. Entretanto, o cenário 100D já demonstra maior ritmo de redução, antecipando parte das medidas necessárias para compensar o impacto adicional do desmatamento legal.

**Figura 15 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO<sub>2</sub>e/ano) do setor de energia entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

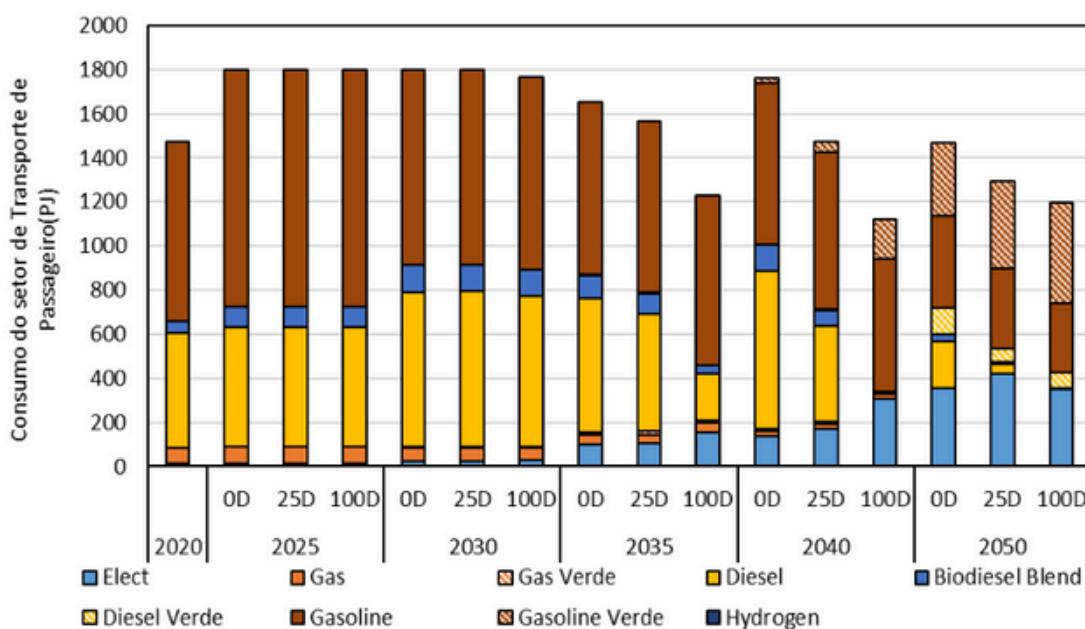
A partir de 2035, ocorre uma divergência mais clara entre os cenários, com reduções mais acentuadas no 25D e, sobretudo, no 100D, onde há antecipação de ações no sistema energético. Entre 2035 e 2050, esses cenários passam a incorporar maior eletrificação, uso ampliado de biocombustíveis e aplicação de tecnologias de CCS, especialmente em termelétricas e na produção de biocombustíveis.

### 2.2.2.2 Setor de Transportes

Esta seção apresenta os resultados do setor de transportes, que desempenha um papel importante na redução das emissões nacionais. São mostrados o consumo de energia no transporte de passageiros e no transporte de carga, além das emissões de GEE do setor.

A Figura 16 apresenta o consumo de energia no transporte de passageiros entre 2020 e 2050 para os cenários 0D, 25D e 100D. Observa-se uma transição gradual em direção à eletrificação, tanto no transporte público quanto nos veículos privados, refletindo a ampliação da oferta de veículos elétricos e híbridos e o avanço pela escolha dos modais eletrificáveis.

**Figura 16 – Consumo de energia no transporte de passageiros (PJ) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**



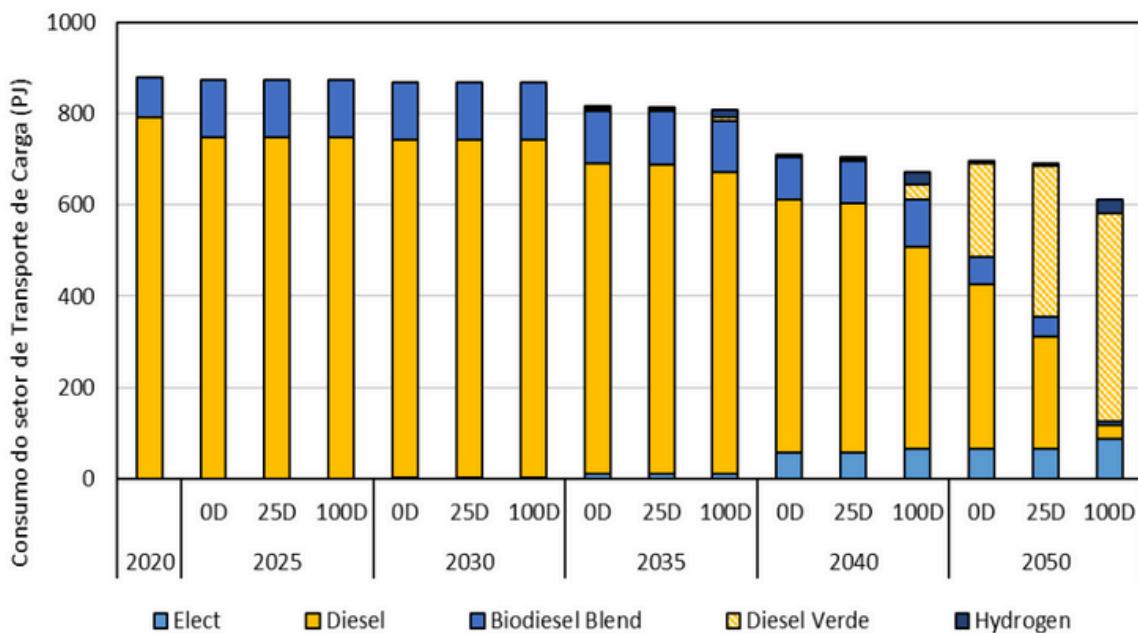
Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

*Nota: a demanda por serviço energético, isto é, a quantidade de quilômetros andados por pessoas, por ano, é igual em todos os cenários. Diferenças entre o consumo de energia se explicam por ganhos de eficiência de veículos elétricos e híbridos.*

O etanol encontra outras formas de manter o seu papel no setor, com uso crescente em veículos híbridos e em rotas de pilha a combustível, aproveitando a infraestrutura já existente e a familiaridade tecnológica do país com esse biocombustível. Paralelamente, a introdução de biocombustíveis avançados, como diesel verde e gasolina verde, torna-se fundamental para reduzir as emissões em alguns modais. A eletrificação se mostra relevante em todos os cenários, com uma entrada mais acelerada no cenário 100D. De toda forma, para viabilizar esses resultados, são necessários investimentos na expansão da infraestrutura de recarga e abastecimento, especialmente em pontos de recarga pública e postos compatíveis com veículos elétricos e híbridos, além de fomentar o desenvolvimento tecnológico de rotas nacionais de eletrificação e a biocombustíveis.

A Figura 17 apresenta o consumo energético do transporte de carga entre 2020 e 2050 para os cenários 0D, 25D e 100D. Observa-se que, embora o diesel continue desempenhando papel importante ao longo do período, há redução gradual de sua participação e substituição progressiva por alternativas de menor intensidade de carbono, e com medidas de eficiência no setor.

**Figura 17 – Consumo de energia no transporte de carga (PJ) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**



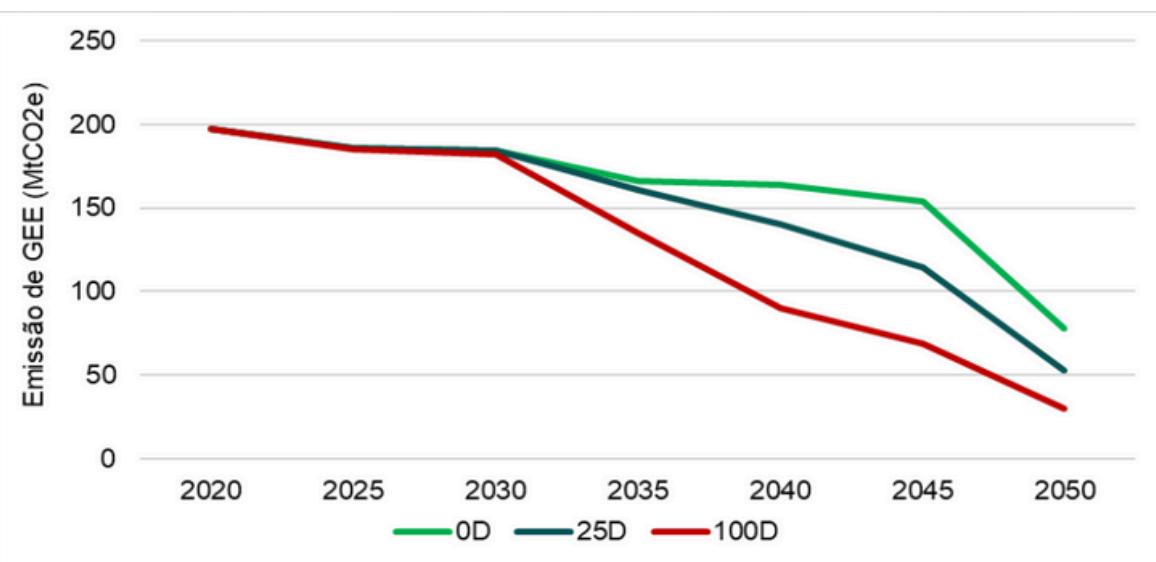
Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

No curto prazo, ações complementares como melhorias de infraestrutura rodoviária, logística otimizada e boas práticas de condução têm papel relevante na redução do consumo de combustível e no aumento da eficiência energética do transporte de carga.

Os biocombustíveis avançados tornam-se ainda mais relevantes para a mitigação das emissões do transporte de carga, especialmente o diesel verde e o hidrogênio, que ganham espaço, mesmo que em diferentes escalas, nas décadas finais do horizonte de análise. Além disso, há potencial crescente para caminhões elétricos, seja por baterias ou por pilhas a combustível de hidrogênio ou etanol, contribuindo para diversificar as rotas tecnológicas de descarbonização.

A Figura 18 apresenta a evolução das emissões totais de GEE do setor de transportes entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D. Observa-se que o esforço de redução é semelhante até 2030, quando os três cenários mantêm trajetórias próximas de mitigação. A partir de 2035, as emissões passam a divergir devido ao aumento da eletrificação e do uso de biocombustíveis nos cenários com maior nível de desmatamento.

**Figura 18 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO<sub>2</sub>e/ano) do setor de transportes entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

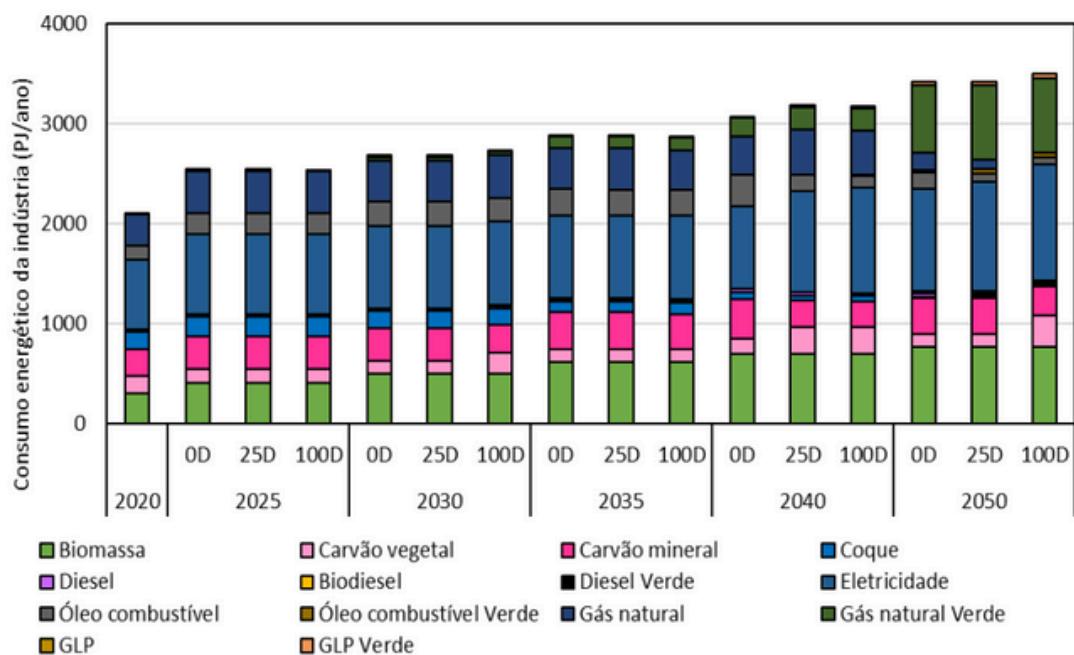
O setor, que atualmente é um dos maiores emissores nacionais, precisa reduzir suas emissões em até um quarto dos níveis atuais até 2050, como observado nos cenários 25D e 100D. A eletrificação e o uso de biocombustíveis são elementos centrais para a mitigação setorial, e a produção dos biocombustíveis trazem cobenefícios adicionais por também contribuírem para a produção de biocombustíveis da aviação e da navegação, já que muitas dessas rotas coproduzem diversos combustíveis.

### 2.2.2.3 Setor Industrial

Esta seção apresenta os resultados do setor industrial, responsável por parcela significativa do consumo energético e das emissões diretas de GEE no país. São analisados o consumo de energia do setor industrial e suas emissões de gases de efeito estufa.

A Figura 19 apresenta o consumo energético do setor industrial entre 2020 e 2050 para os cenários 0D, 25D e 100D. Até 2035, observam-se poucas diferenças entre os cenários, com todos apresentando trajetórias de mitigação semelhantes e redução gradual da participação de combustíveis fósseis, que caem para cerca de 40% do consumo total nesse período.

**Figura 19 – Consumo energético do setor industrial (PJ/ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**

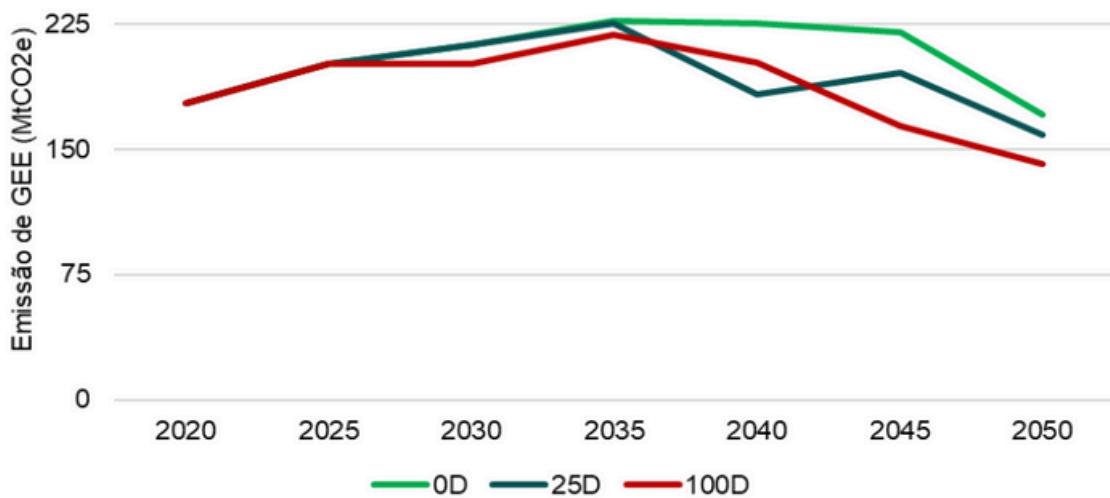


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

A partir de 2035, as mudanças no setor se aceleram, com a participação de fontes renováveis e eletrificação crescente no consumo industrial. No cenário 100D, a eletricidade representa cerca de 33% do consumo total em 2050, evidenciando o avanço da eletrificação em processos eletrificáveis. Os combustíveis verdes ganham destaque a partir de 2030, impulsionados pelas metas da NDC brasileira. O biometano se torna 100% da parcela de gás natural consumido no cenário 100D e atinge níveis significativos em todos os cenários, reforçando seu papel estratégico na substituição de combustíveis fósseis e na redução das emissões industriais.

A Figura 20 apresenta a evolução das emissões do setor industrial, incluindo as emissões de processos industriais, entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D. Observa-se que, até 2035, as emissões seguem trajetórias semelhantes entre os cenários, refletindo medidas de eficiência e substituição gradual de combustíveis fósseis por fontes de menor intensidade de carbono.

**Figura 20 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO<sub>2</sub>e/ano) do setor industrial, incluindo processos, entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-URFJ.

A partir de 2040, as trajetórias começam a divergir com maior intensidade. O aumento da eletrificação e o uso ampliado de biocombustíveis têm papel determinante na redução das emissões, enquanto a captura de carbono se torna necessária para mitigar as emissões de processos industriais que são mais difíceis de descarbonizar. Além disso, a substituição de insumos por biomateriais contribui para a redução líquida das emissões em alguns segmentos.

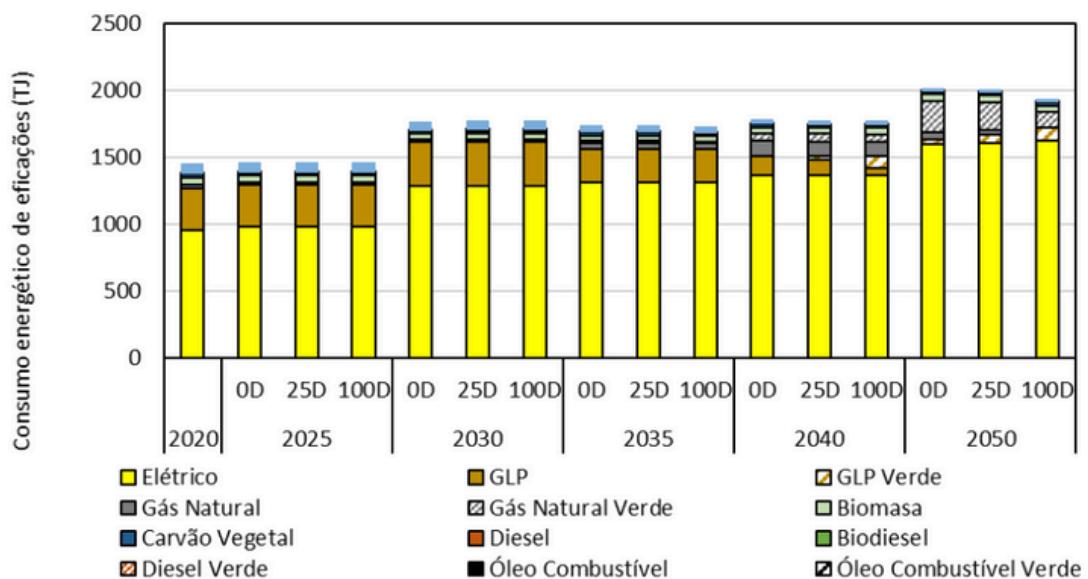
No cenário 0D, o setor industrial implementa medidas de mitigação, mas mantém, em 2050, níveis de emissão próximos aos valores históricos. Já nos cenários 25D e 100D, observa-se uma redução mais expressiva, especialmente no 100D, onde o setor precisa compensar parte do impacto adicional do desmatamento legal, exigindo adoção antecipada de tecnologias de captura e maior penetração de biocombustíveis e eletrificação.

#### 2.2.2.4 Setor de Edificações

Esta seção apresenta os resultados do setor de edificações, que abrange o consumo energético em usos residenciais, comerciais e de serviços. São analisados o consumo de energia final e as emissões de gases de efeito estufa associadas ao setor, destacando o papel das medidas de eficiência energética, da geração distribuída e da substituição de equipamentos e combustíveis por alternativas de menor intensidade de carbono.

A Figura 21 apresenta o consumo energético do setor de edificações entre 2020 e 2050 para os cenários 0D, 25D e 100D. O setor de edificações, que contempla residencial e serviços, é um setor altamente eletrificado, e essa característica se mantém ao longo do horizonte de análise. A eletricidade continua sendo a principal fonte de energia do setor, podendo ser utilizada para iluminação, climatização, aquecimento de água e operação de equipamentos eletrônicos, e se consolidando como o vetor central da descarbonização do setor.

**Figura 21 – Consumo energético do setor de edificações (TJ/ano) entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**



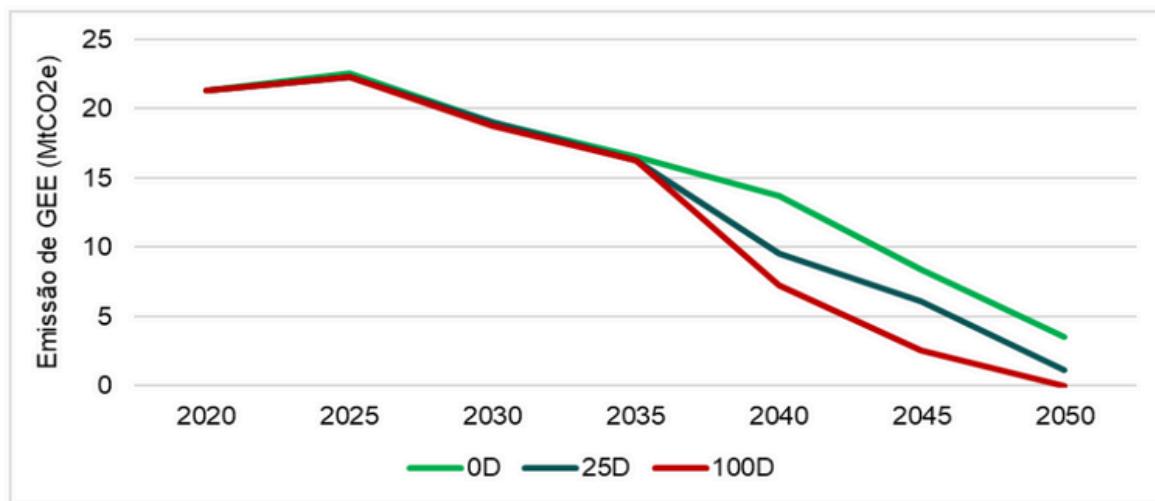
Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-URFJ.

A parcela não eletrificável, composta principalmente por consumidores que utilizam gás encanado ou GLP, tende a migrar para opções renováveis, como o biometano, que é injetado na rede de distribuição de gás, e o GLP verde. Essa substituição permite reduzir significativamente as emissões associadas ao uso energético do setor.

Entre os cenários analisados, o 100D é o que antecipa com maior intensidade a penetração dos biocombustíveis, praticamente eliminando o uso de combustíveis fósseis até 2050. Os cenários 25D e 0D seguem trajetória semelhante, mas em ritmos mais moderados, refletindo menor pressão de mitigação em função das trajetórias de desmatamento legal menos intensas.

A Figura 22 apresenta a evolução das emissões de GEE do setor de edificações entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D. Observa-se que o esforço de mitigação é semelhante até 2035 nos três cenários, com diferença inferior a 1% entre eles. A partir desse período, as emissões passam a divergir, com reduções mais acentuadas nos cenários que assumem maior nível de desmatamento legal, em função da necessidade de compensação adicional.

**Figura 22 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO<sub>2</sub>e/ano) do setor de edificações entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

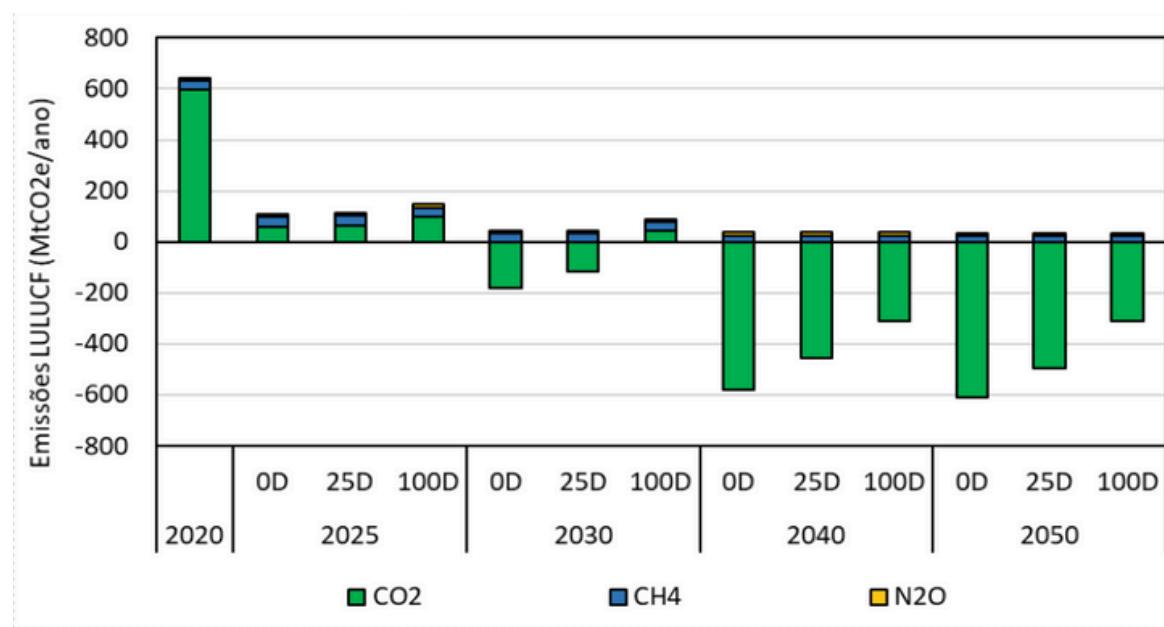
No cenário 100D, o setor atinge emissões líquidas nulas em 2050, enquanto os cenários 0D e 25D apresentam emissões residuais, demonstrando o alto potencial de mitigação do setor. Essa redução é resultado do avanço da eletrificação, da substituição dos combustíveis fósseis por seus substitutos verdes e da melhoria da eficiência energética em edificações.

#### 2.2.2.5 AFOLU

Esta seção apresenta os resultados do setor de AFOLU, responsável por parcela expressiva tanto das emissões quanto das remoções de GEE no Brasil. São analisadas as emissões do setor de LULUCF e da agropecuária, bem como as mudanças no uso da terra entre os anos analisados e a remoção de carbono resultante das práticas de manejo e restauração florestal. Também são discutidas a distribuição da produção de carne na pecuária e da produção agrícola, evidenciando como a intensificação produtiva, a recuperação de pastagens e a expansão de sistemas integrados contribuem simultaneamente para aumentar a produtividade e reduzir as emissões líquidas do setor.

O setor LULUCF (mudança de uso da terra e florestas) apresenta uma tendência clara de redução das emissões ao longo do período analisado, com destaque para o CO<sub>2</sub>, cujo comportamento é determinante para o balanço de emissões do país. Nos cenários com baixas taxas de desmatamento legal (0D e 25D), as emissões de CO<sub>2</sub> diminuem continuamente, tornando-se negativas entre 2030 e 2040, o que indica uma inversão no balanço líquido: o setor passa de emissor a sumidouro de carbono. Essa tendência resulta diretamente da expansão das áreas florestais e de vegetação nativa, aliada à redução do desmatamento e ao aumento das ações de restauração.

**Figura 23 – Emissões do setor de LULUCF de gases de efeito estufa entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**

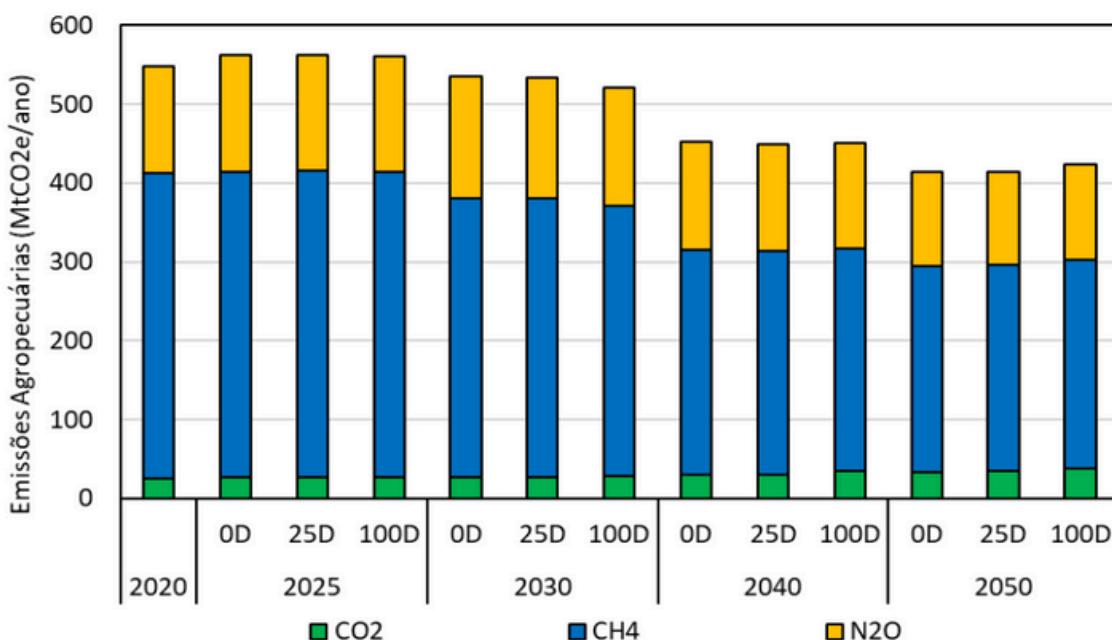


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-URFJ.

Em 2050, as remoções líquidas no LULUCF ultrapassam 500 MtCO<sub>2</sub>/ano nos cenários mais ambiciosos, representando o maior potencial de compensação das emissões remanescentes de outros setores da economia. Nos cenários de desmatamento elevado (100D), as emissões permanecem positivas, evidenciando a dependência do cumprimento da NDC em relação ao controle efetivo do desmatamento. As emissões de não-CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) apresentam um comportamento estável e de baixa magnitude no setor, sem comprometer o resultado líquido negativo obtido pelas remoções de CO<sub>2</sub>.

O setor agropecuário, o segundo maior emissor do setor de AFOLU, mantém emissões moderadamente estáveis de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, com uma leve tendência de redução até 2050. Em 2020, o setor emitia cerca de 550 MtCO<sub>2</sub>e/ano, com predomínio de metano proveniente da fermentação entérica. Até 2050, observa-se uma redução para cerca de 400 MtCO<sub>2</sub>e/ano, resultado da adoção crescente de práticas de baixa emissão, como integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), terminação intensiva, manejo de dejetos, uso eficiente de fertilizantes e melhorias genéticas.

**Figura 24 – Emissões do setor agropecuário de gases de efeito estufa entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**

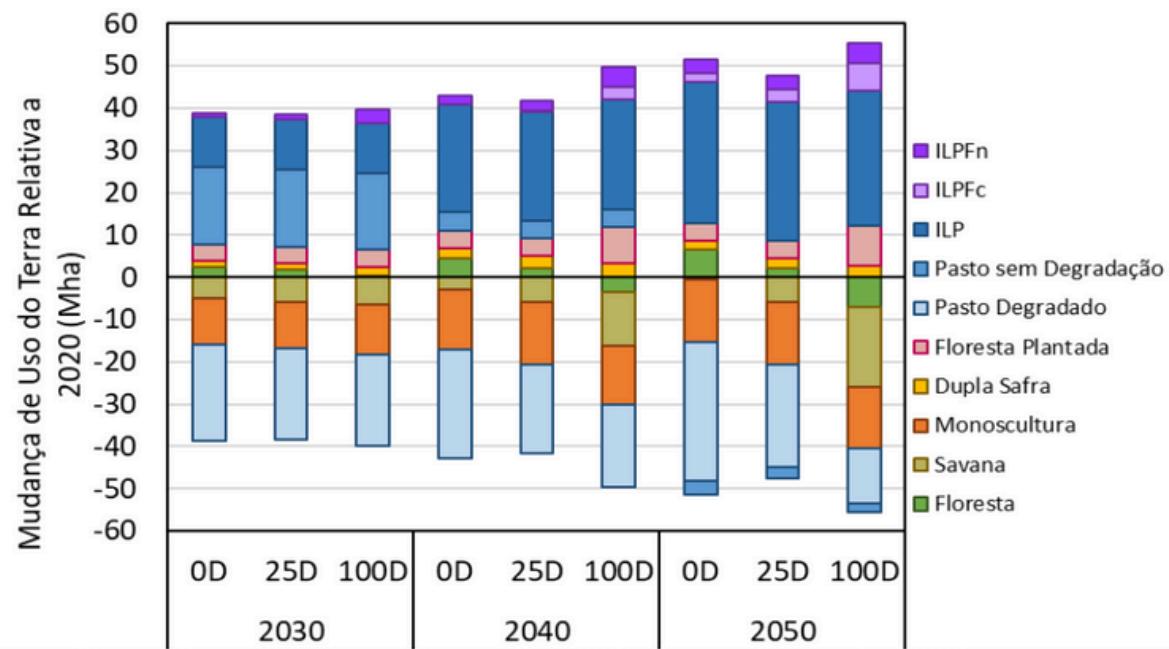


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-URFJ.

Embora o ritmo de mitigação seja mais gradual do que no LULUCF, o setor agropecuário contribui para a liberação de terras e aumento da produtividade por hectare, o que favorece o crescimento das áreas de vegetação nativa e de sistemas integrados. Assim, o segmento se consolida como parte da solução para as mudanças climáticas, especialmente por sua capacidade de promover uma intensificação sustentável.

Observando o comportamento da mudança de uso da terra, percebe-se que os cenários de menor desmatamento legal promovem maior cobertura de solo por vegetação nativa e reduzem as áreas de monocultura e pastagens degradadas. Entre 2020 e 2035, há um avanço significativo na recuperação de pastagens e na implantação de florestas plantadas, substituindo áreas degradadas. Os sistemas integrados (ILP e ILPF) continuam a crescer, aumentando a produtividade sem expandir a fronteira agrícola. A integração entre produção agrícola, pecuária e floresta consolida-se como uma estratégia de mitigação fundamental, promovendo sinergias entre conservação ambiental e competitividade econômica.

**Figura 25 – Mudança no uso da terra entre os anos de 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-URFJ.

Nota: *ILPFn*: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta Nativa; *ILPFC*: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta Comercial (*pinus* e *eucalipto*); *ILP*: Integração Lavoura-Pecuária; *Floresta Plantada*: Floresta Comercial (*pinus* e *eucalipto*).

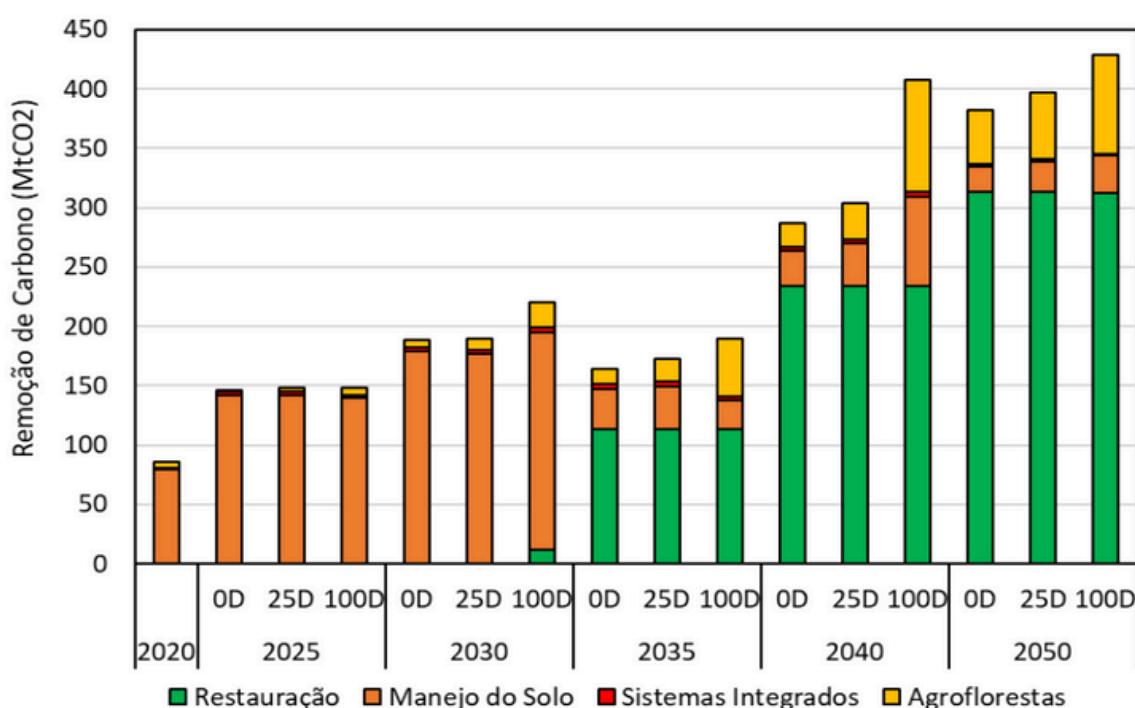
A partir de 2040, observa-se a consolidação do mosaico agroflorestal, com o uso da terra tornando-se mais diversificado, equilibrando produção e restauração. Nos cenários de desmatamento controlado, a proporção de áreas florestais e agroflorestais cresce consistentemente até 2050, reforçando o potencial do setor para atingir a neutralidade climática.

Quanto menor a taxa de desmatamento legal, maior é a migração para sistemas que acumulam carbono no solo, como agroflorestas, ILPF e reflorestamento. Esses sistemas aumentam o estoque de carbono e reduzem a vulnerabilidade climática, além de contribuírem para a produção de bioenergia e biomassa renovável. A substituição de monoculturas extensivas e pastagens degradadas por sistemas integrados reflete uma reorganização territorial, na qual as áreas agrícolas passam a desempenhar funções ambientais e produtivas simultaneamente. As remoções líquidas de carbono aumentam significativamente ao longo do período.

Até 2030, predominam as mudanças não florestais, como o manejo do solo agrícola e a recuperação de pastagens, que são essenciais para atingir as metas intermediárias da NDC. Após 2030, o protagonismo passa a ser da restauração florestal e dos sistemas agroflorestais, que passam a responder pela maior parte das remoções.

De 2020 a 2050, o total anual de remoções aumenta de aproximadamente 100 para mais de 450 MtCO<sub>2</sub>, sendo o maior incremento proveniente das ações de restauração e manejo do solo. Esses resultados demonstram que as soluções baseadas na natureza são cruciais para viabilizar a neutralidade climática do país.

**Figura 26 – Remoção de carbono no setor de AFOLU entre os anos de 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**

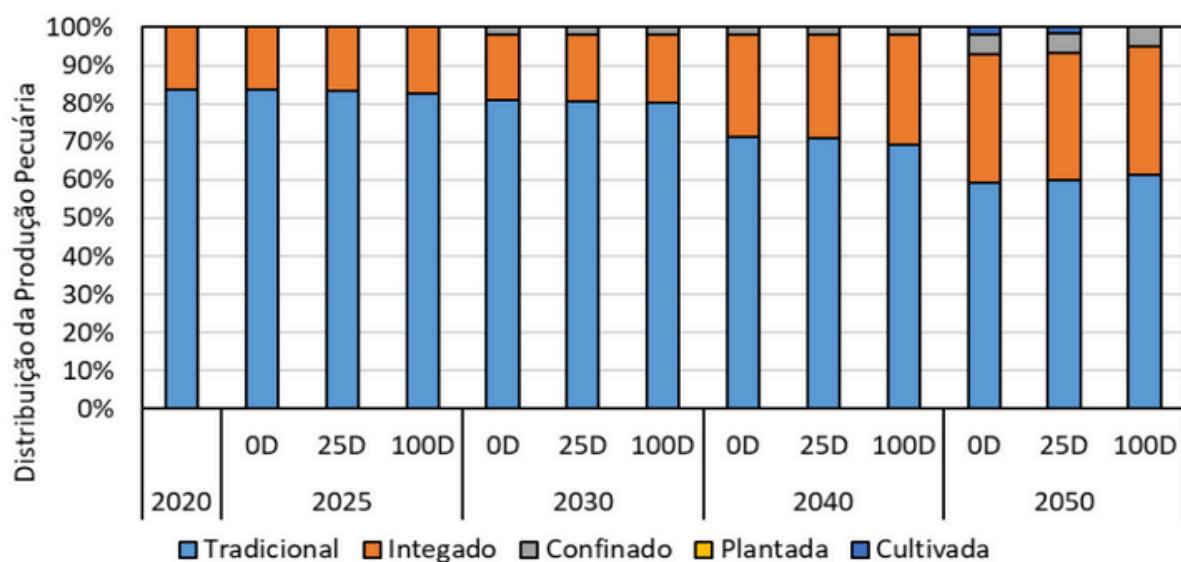


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

*Nota: Restauração: Restauração de vegetação nativa; Manejo do Solo: Recuperação de pastagens, melhoramento da qualidade do solo e outros; Sistemas Integrados: Integração Lavoura-Pecuária; Agroflorestas: Sistemas integrados que possuam o fator florestal presente, como Integração Lavoura-Floresta, Integração Pecuária-Floresta e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.*

A pecuária brasileira passa por mudanças estruturais até 2050, migrando de sistemas extensivos para modelos integrados e de terminação intensiva (confinada). Nos primeiros anos (2020–2030), a participação de sistemas integrados aumenta, substituindo gradualmente as pastagens tradicionais. Após 2035, o confinamento para terminação intensiva ganha força, aumentando a produtividade e reduzindo a emissão de metano por unidade produzida. Em 2050, os cenários de desmatamento legal controlado (0D e 25D) destacam a importância de sistemas integrados, que representam mais de 30%, sendo a terminação intensiva essencial para alcançar emissões líquidas zero. Essa transformação libera terras, reduz emissões e aumenta a eficiência na alimentação do rebanho.

**Figura 27 – Distribuição da produção de carne na pecuária entre os anos de 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**

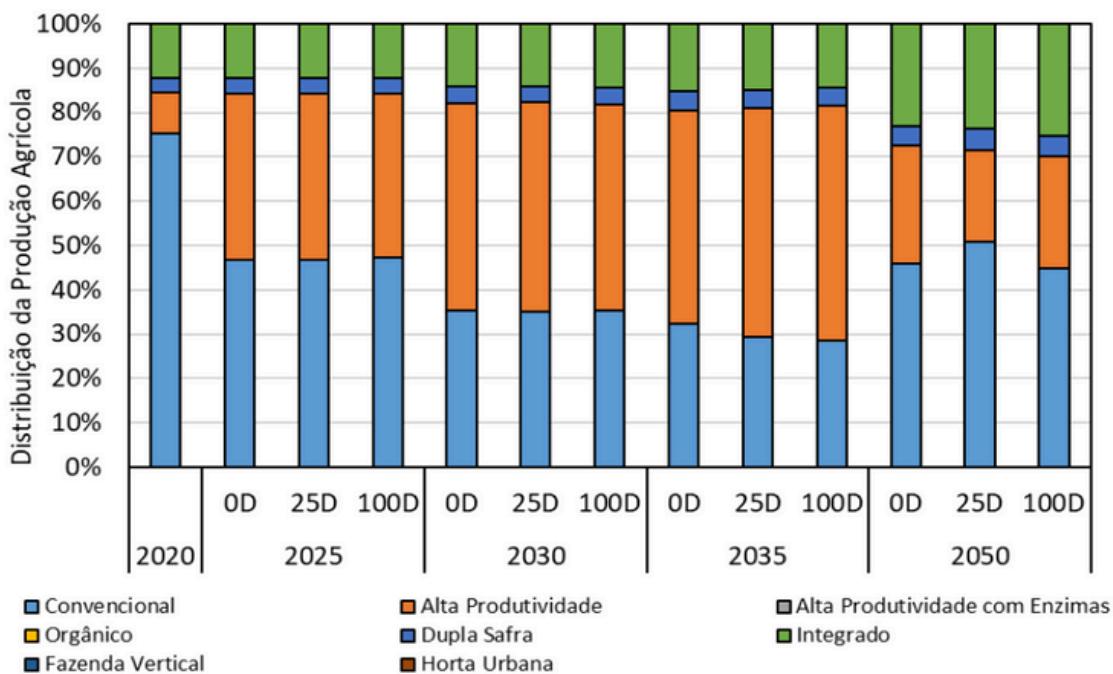


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-URFJ.

*Nota: Tradicional: Padrão atual (ano base 2020) da produção de cada indivíduo da pecuária; Integrado: Qualquer sistema ILPF e suas variantes; Confinado: Terminação intensiva; Plantada: Carne plantada (soja, trigo e outros); Cultivada: Carne cultivada produzida através de sistemas de replicação celular.*

Na agricultura, até 2035, ocorre uma redução dos sistemas convencionais e uma expansão dos sistemas de alta produtividade e dupla safra, impulsionada por avanços em biotecnologia e manejo. Após 2035, a demanda por bioenergia e bioproductos (etanol, biogás e biomassa florestal) cresce de forma significativa, impulsionando o uso de áreas agrícolas para sistemas integrados e bioenergéticos. Entretanto, esse avanço requer uma gestão territorial equilibrada, pois as produções de alta produtividade e bioenergia são mais intensivas em água e nutrientes, demandando um planejamento hídrico e ambiental integrado. Ademais, esse aumento na demanda por insumos bioenergéticos faz com que seja necessária uma expansão de áreas de monoculturas dedicadas para a produção principalmente de florestas plantadas para a geração de biocombustíveis através de rotas como Fischer-Tropsch associado a captura e armazenamento de carbono.

**Figura 28 – Distribuição da produção de agrícola entre os anos de 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-URFJ.

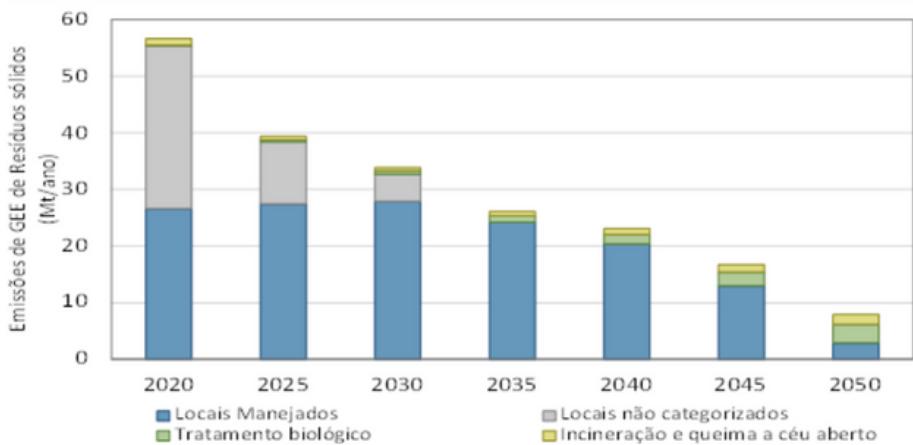
Nota: *Convencional: Padrão atual (ano base 2020) da produção de cada cultura; Orgânico: Sistema produtivo sem a adição de insumos químicos; Alta Produtividade: Sistemas de produção que buscam o aumento da produtividade das culturas para que elas possam expressar o máximo potencial genético. Esse sistema produtivo também simula as tecnologias da agricultura 4.0; Alta Produtividade com Enzimas: Arroz irrigado com alta produtividade e com adição de bioinsumos para redução da metanogênese; Integrado: Qualquer sistema ILPF e suas variantes; Dupla Safra: Sistema de produção agrícola que consiste na produção intercalada de cultura, principalmente, Soja-Milho e Soja-Trigo; Fazendas Verticais: Sistemas de produção em galpões que buscam expressar o máximo potencial genético das culturas através de sistemas de climatização e iluminação adequados; Hortas Urbanas: Sistema de produção no perímetro urbano em hortas comunitárias ou nas coberturas dos prédios.*

## 2.2.2.6 Setor de Resíduos

Esta seção apresenta os resultados do setor de resíduos, que compreende as emissões associadas à disposição de resíduos sólidos urbanos e ao tratamento de efluentes. São analisadas as emissões de gases de efeito estufa desses dois segmentos separadamente, e, por fim, são apresentadas as emissões totais deste setor.

A Figura 29 apresenta as emissões de GEE do setor de resíduos sólidos urbanos (RSU) entre 2020 e 2050. As emissões são iguais para os três cenários, uma vez que foi utilizada uma simulação específica do setor como base para a trajetória de RSU.

**Figura 29 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO<sub>2</sub>e/ano) do setor de resíduos sólidos urbanos entre 2020 e 2050.**

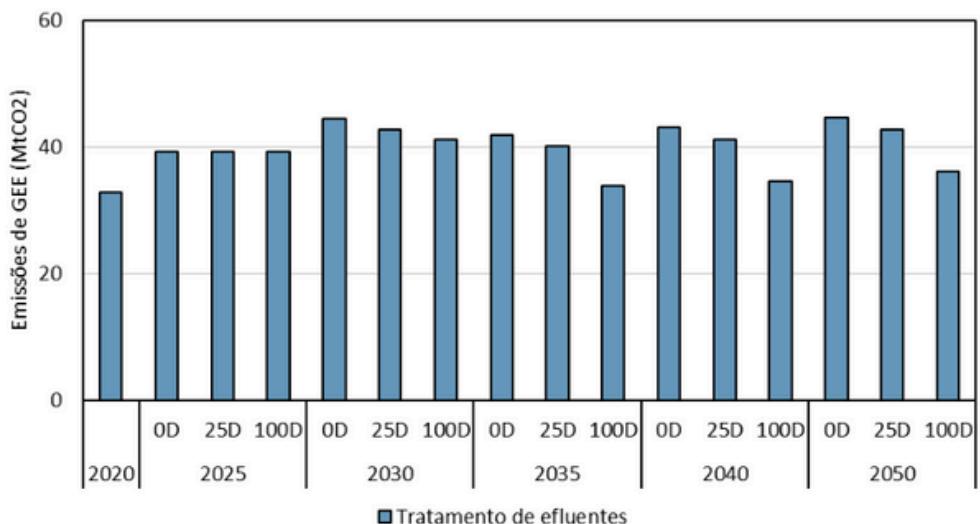


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-URFJ.

Ao longo do período, observa-se uma redução contínua das emissões, resultado de três principais medidas estruturais consideradas: o encerramento de lixões e aterros controlados, a recuperação do biogás em aterros sanitários e o aumento da quantidade de resíduos secos encaminhados à reciclagem. Essas ações combinadas permitem ao setor reduzir suas emissões em mais de 80% até 2050, consolidando uma trajetória consistente com as metas nacionais de mitigação.

A Figura 30 apresenta as emissões de GEE do tratamento de efluentes entre 2020 e 2050 para os cenários 0D, 25D e 100D. Até 2030, as diferenças entre os cenários são marginais, refletindo a manutenção das práticas atuais de gestão e tratamento.

**Figura 30 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO<sub>2</sub>e/ano) do tratamento de efluentes entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**

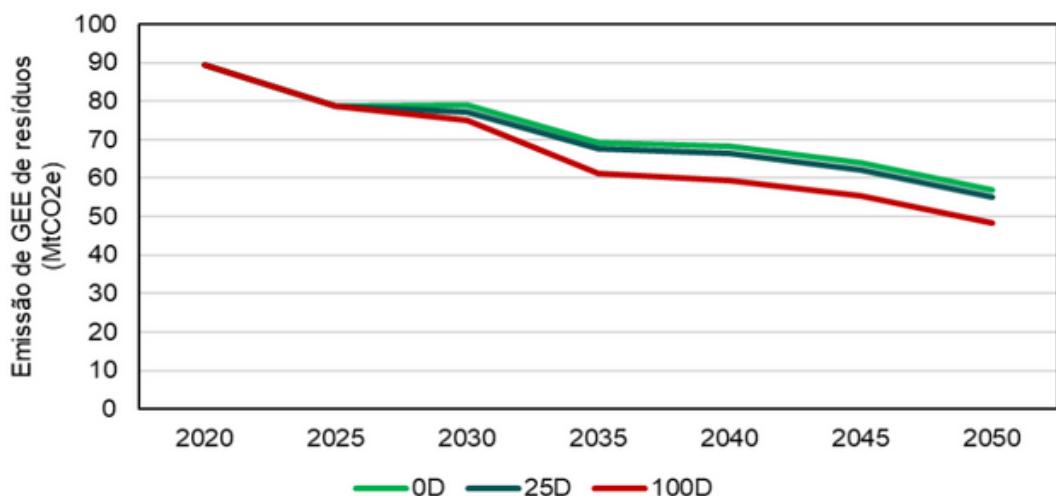


Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-URFJ.

A partir de 2035, o cenário 100D passa a adotar maior número de medidas de mitigação, possibilitando uma redução de quase 10 MtCO<sub>2</sub>e em relação ao cenário 0D neste ano. Essa tendência se intensifica até 2050, quando o setor apresenta menores níveis de emissões nesse cenário, em comparação aos demais.

A Figura 31 apresenta a evolução das emissões de GEE do setor de resíduos entre 2020 e 2050 nos cenários 0D, 25D e 100D. Como a parcela de resíduos sólidos urbanos é idêntica entre os cenários, as diferenças observadas decorrem exclusivamente do tratamento de efluentes, que apresenta variação conforme o nível de esforço de mitigação em cada cenário.

**Figura 31 – Emissões de gases de efeito estufa (MtCO<sub>2</sub>e/ano) do setor de resíduos entre 2020 e 2050, cenários 0D, 25D e 100D**



Fonte: Laboratório Cenergia/Coppe-UFRJ.

Assim, o cenário 100D, que considera maior nível de desmatamento legal, exibe uma trajetória de redução mais intensa e adoção antecipada de medidas de mitigação no setor de efluentes, em comparação aos demais cenários. Essa antecipação reflete o esforço adicional exigido para compensar as emissões associadas ao desmatamento.

## 2.3 Discussão dos resultados

Os resultados obtidos a partir dos cenários de descarbonização analisados (0D, 25D e 100D) indicam uma transformação profunda e estrutural na economia e na matriz energética brasileira nas próximas três décadas. A modelagem indica que o Brasil tem condições técnicas e econômicas de alcançar um modelo de desenvolvimento de baixo carbono, preservando a segurança energética, a competitividade industrial e a expansão da oferta de bens e serviços. No entanto, essa transição não ocorre de forma homogênea: cada setor segue trajetórias distintas, determinadas por seus ritmos tecnológicos, demandas energéticas e potencial de mitigação.

A transição para uma economia de baixo carbono é o eixo estruturante de todas as mudanças setoriais. Entre 2020 e 2050, a eletrificação da economia e a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis resultam em uma redução drástica das emissões, especialmente a partir de 2035. A oferta de eletricidade torna-se quase totalmente renovável antes de 2045, apoiada pela expansão de hidrelétricas, parques eólicos, usinas solares e biomassa com captura e armazenamento de carbono. Essa configuração transforma o setor energético em sumidouro líquido de carbono na maioria dos cenários e, principalmente, no cenário 100D, contribuindo para compensar as emissões residuais de setores de difícil redução das emissões, como o setor industrial.

No setor elétrico, o processo de descarbonização é acompanhado por um aumento significativo na demanda total de energia elétrica, que cresce de forma consistente em todos os cenários. Essa expansão é impulsionada pela eletrificação do transporte e pela substituição de combustíveis fósseis na indústria. Apesar da expansão da demanda puxar a entrada de fontes renováveis, baterias se fazem necessárias para o armazenamento de energia no setor e para estabilizar o grid elétrico nacional, acompanhados de uma residual capacidade de térmicas fósseis que servem para estabilizar o grid. No cenário 100D, a geração a partir de fontes fósseis praticamente desaparece após 2040, sendo mantida apenas como fontes para estabilização do grid.

O setor de transportes desempenha um papel decisivo nessa transição. Os resultados mostram uma substituição acelerada de combustíveis fósseis por eletricidade, biocombustíveis e biometano. No transporte leve, a eletrificação torna-se predominante a partir da década de 2040, atingindo boa parte da frota nova no cenário 100D. Já o transporte pesado apresenta maior inércia tecnológica, mas é progressivamente atendido por biodiesel, diesel verde e, em estágio mais avançado, pelo hidrogênio. Essa mudança na matriz reduz as emissões do setor em mais de 80% até 2050 nos cenários 25D e 100D, trazendo impactos positivos adicionais na qualidade do ar e na segurança energética, devido à diminuição da dependência de derivados de petróleo.

Na agricultura, a transição ocorre tanto pelo lado produtivo quanto pelo uso do solo. A produção agropecuária brasileira, já caracterizada por eficiência e intensificação, é diversificada e modernizada. O modelo convencional perde espaço para sistemas integrados, de baixo carbono e maior produtividade, enquanto crescem as modalidades orgânicas e agroecológicas. Em alguns cenários, surgem ainda alternativas tecnológicas inovadoras, como fazendas verticais e hortas urbanas, representando nichos de sustentabilidade em áreas metropolitanas, auxiliando na redução de desperdício que ocorre no transporte de longas distâncias nesse setor. Até 2050, a produção agrícola total aumenta, impulsionada por ganhos de eficiência e pela integração entre lavoura, pecuária e floresta, ao mesmo tempo em que as emissões do setor diminuem de forma consistente.

A maior transformação, contudo, ocorre na fronteira entre agricultura e energia. A expansão dos biocombustíveis e da bioenergia consolida o papel do Brasil como potência bioenergética. A produção de etanol, biometano, diesel verde e bioquerosene cresce substancialmente, atendendo à demanda interna e criando oportunidades para exportação de energia limpa. Esses biocombustíveis passam a substituir progressivamente os derivados de petróleo, tanto na matriz energética quanto na pauta de exportação. Além disso, a integração entre agricultura e tecnologias de captura de carbono permite que o país alcance emissões negativas líquidas até 2050 no cenário 100D, com destaque para o uso combinado de BECCS e recuperação de solos degradados.

A captura e armazenamento de carbono é um componente-chave da meta de neutralidade climática brasileira. Os cenários mostram um crescimento gradual da captura de CO<sub>2</sub> até 2035, seguido de aceleração significativa nas duas décadas seguintes. O Brasil desenvolve infraestrutura de captura, transporte e armazenamento de carbono, aproveitando a experiência acumulada em campos de óleo e gás e a disponibilidade geológica de aquíferos salinos. À medida que as tecnologias BECCS e CCS se tornam predominantes, elas respondem por mais de 80% da captura total em 2050 no cenário 100D. A magnitude da captura atinge cerca de 850 MtCO<sub>2</sub>/ano, o que equivale a mais de 40% das emissões brutas de 2020, compensando as emissões residuais do setor industrial e de parte da agropecuária.

As emissões relacionadas a resíduos e efluentes, embora representem uma parcela menor do total, também apresentam uma queda relevante. As emissões provenientes de tratamento de efluentes permanecem relativamente estáveis, enquanto as associadas a resíduos sólidos urbanos diminuem mais de 80% até 2050. Isso resulta na expansão da coleta seletiva, reciclagem, compostagem e aproveitamento energético, além da introdução de biogás em sistemas de tratamento. O consumo energético total do setor aumenta ligeiramente, refletindo maior cobertura e eficiência operacional, mas as emissões por unidade de serviço prestado caem de forma acentuada, indicando um ganho sistêmico de eficiência ambiental.

O setor de petróleo e gás natural é afetado pela meta de neutralidade climática e quanto maior for o desmatamento, menor é o espaço para o setor seguir produzindo. A produção de petróleo cresce até 2030-2035, atingindo um pico em torno de 230 bep, sustentada por campos do pré-sal. A partir daí, observa-se uma redução acentuada, com a produção caindo para menos de 70 bep em 2050 no cenário 100D. As importações praticamente desaparecem após 2030, e as exportações seguem uma trajetória semelhante, caindo mais de 60% até 2050. Esse movimento reflete a substituição dos combustíveis fósseis por alternativas renováveis e o declínio gradual da demanda doméstica. Em 2050, o consumo interno de petróleo é inferior a 25 bep no cenário de descarbonização total, correspondendo a uma redução superior a 80% em relação aos níveis atuais.

A estrutura da produção petrolífera também se transforma. O pré-sal não maduro mantém uma participação significativa até meados da década de 2030, mas os investimentos em novas fronteiras e reservas não descobertas são gradualmente desestimulados nos cenários mais ambiciosos de mitigação. O Brasil, historicamente dependente das exportações de óleo cru, reorienta sua estratégia energética para fontes renováveis e biocombustíveis, reduzindo a vulnerabilidade às flutuações do mercado internacional. Em termos geopolíticos, o país deixa de atuar como um exportador líquido relevante de petróleo e passa a consolidar sua imagem como fornecedor global de energia limpa e sustentável.

A transição industrial é outro elemento central da transformação econômica. Embora o setor seja responsável por uma parcela significativa das emissões residuais, ele também apresenta um elevado potencial de redução e inovação tecnológica. O setor de cimento, tradicionalmente intensivo em carbono, reduz progressivamente o uso de coque e carvão, substituindo-os por biomassa, gás verde e eletricidade. O uso de resíduos como combustível, por meio do coprocessamento, cresce de forma constante, possibilitando uma redução de mais de 60% nas emissões específicas do setor até 2050, e isso ocorre em paralelo com a captura de carbono usada no setor. Essa transição é apoiada por inovações nos processos de produção de clínquer e pelo aumento da participação de cimentos alternativos de menor intensidade de carbono.

Na indústria química, a transição é mais desafiadora devido à dependência de insumos fósseis. Ainda assim, o setor segue uma trajetória gradual de substituição, com aumento no uso de gás natural renovável, biocombustíveis e eletricidade. No cenário 100D, há uma penetração significativa do hidrogênio verde como matéria-prima para a produção de amônia e metanol, reduzindo substancialmente as emissões. A combinação dessas rotas tecnológicas com a produção de bioplásticos verdes torna possível alcançar uma redução significativa das emissões do setor, embora com custos marginais mais elevados do que em outros segmentos industriais.

O setor de ferro e aço segue com a sua estrutura histórica, porém abrindo mais espaço para outros energéticos. Tradicionalmente dependente de coque e carvão mineral, ele se transforma a partir de 2035 com o aumento do carvão vegetal e da eletricidade. O aumento do uso desses energéticos abre caminho para a adoção de mais plantas baseadas no carvão vegetal, até acoplados ao uso de CCS, e no uso de fornos elétricos, reduzindo de maneira significativa as emissões do setor.

A análise integrada dos setores revela um processo de transição coerente e interdependente. O setor agrícola, ao reduzir emissões e expandir a produção de biomassa, fornece insumos sustentáveis para o sistema energético e industrial. O setor elétrico, ao tornar-se limpo e flexível, sustenta a eletrificação do transporte e da indústria.

A captura de carbono, por sua vez, atua como mecanismo de compensação das emissões residuais, completando o ciclo de neutralidade. Essa integração reforça a ideia de que o caminho para a descarbonização não é linear nem isolado por setor, mas sim sistêmico e complementar.

No cenário 0D, o Brasil mantém crescimento econômico e expansão energética, sendo o primeiro cenário a alcançar a neutralidade de carbono. As emissões líquidas reduzidas permitem que o país siga produzindo e utilizando combustíveis fósseis, ainda que com expansão de renováveis. No cenário 25D, a neutralidade ocorre um pouco após o cenário 0D, com uma participação de 65% de fontes renováveis na matriz e um aumento expressivo nas remoções por meio do uso do solo e da bioenergia. Já no cenário 100D, o país atinge a neutralidade de carbono antes de 2050 e se torna carbono negativo a partir de 2040, com mais de 85% de renováveis na matriz e remoções líquidas superiores a 800 MtCO<sub>2</sub> anuais.

Esses resultados reforçam a viabilidade de um Brasil carbono neutro antes de meados do século, desde que sejam implementadas políticas coordenadas de longo prazo. A integração entre políticas energéticas, agrícolas, industriais e territoriais é essencial para garantir que os ganhos de um setor não sejam anulados por retrocessos em outro. Além disso, o financiamento da transição e a requalificação da força de trabalho surgem como desafios centrais. A descarbonização profunda exige investimentos contínuos em pesquisa, inovação e infraestrutura, mas também oferece oportunidades estratégicas de desenvolvimento sustentável e liderança global.

Do ponto de vista econômico e social, a transição para um modelo de baixa emissão tem potencial para gerar ganhos expressivos. A diversificação da matriz energética reduz a exposição a riscos externos, estabiliza preços domésticos e possibilita a criação de mercados para exportação. Setores como bioenergia, hidrogênio e captura de carbono podem posicionar o Brasil na vanguarda tecnológica global. No entanto, é fundamental garantir que a transição seja inclusiva e justa, promovendo a reconversão produtiva de regiões e setores dependentes da economia fóssil.

Em síntese, os cenários mostram que a transição para uma economia neutra em carbono é tecnicamente viável, economicamente factível e socialmente desejável. O Brasil possui vantagens comparativas únicas: abundância de recursos renováveis, uma matriz elétrica já predominantemente limpa, experiência consolidada em bioenergia e um grande potencial de remoção de carbono por meio do uso do solo. A concretização dessa trajetória, porém, dependerá de decisões estratégicas tomadas nesta década e nas próximas, com decisões que definirão o papel do país no mundo descarbonizado do futuro.

A neutralidade de carbono até 2050 não é apenas um objetivo ambiental, mas uma estratégia de desenvolvimento. Representa a oportunidade de reposicionar o país em cadeias globais de valor, gerar empregos qualificados, ampliar a segurança energética e fortalecer a soberania tecnológica. Ao combinar agricultura sustentável, energia renovável e inovação industrial, o Brasil pode construir um modelo de crescimento de baixo carbono que une competitividade, inclusão e resiliência. Os resultados apresentados demonstram que esse caminho é possível e que as escolhas feitas agora determinarão se o país alcançará plenamente seu potencial de liderança climática nas próximas décadas.

### **2.3.1 Limitações do estudo**

Apesar da robustez e da abrangência do modelo BLUES, o estudo apresenta limitações decorrentes da falta de disponibilidade de dados por parte dos setores. Parte significativa das premissas, sobretudo para o setor energético, não foi fornecida dentro do prazo acordado pelos ministérios e instituições setoriais, restringindo a capacidade da equipe de adicionar estudos e análises setoriais que pudessem compor o Plano Clima Mitigação. Assim, o modelo operou com base nas informações já contidas nele, que seguem a literatura científica e séries históricas, o que pode afetar a forma como os agentes setoriais se enxergam nos resultados do modelo. Além disso, a modelagem se baseia em diversas curvas de projeção de custos para as tecnologias que compõe o modelo, e toda projeção futura propaga consigo incertezas.

O processo de construção dos cenários foi condicionado também por restrições institucionais e pela ausência de premissas atualizadas de políticas em alguns setores estratégicos. A participação governamental e interministerial, embora ampla, foi heterogênea em termos de resposta e envio de insumos, o que impôs desafios para a representação detalhada de políticas a serem implementadas no modelo, fora as já consideradas pela equipe de modelagem do Cenergia. Ademais, o cronograma reduzido, o escopo limitado e os prazos curtos limitaram o aprofundamento de análises de sensibilidade e a exploração de incertezas no que tange a modelagem. Essas restrições não comprometem as conclusões principais, mas ressaltam a importância de fortalecer mecanismos contínuos de atualização de dados, diálogo técnico entre instituições e aprimoramento da governança de modelagem integrada no país.

### **2.4 Conclusão**

O processo de modelagem desenvolvido para o Plano Clima Mitigação representou um esforço importante para a integração entre governo e academia para a construção de cenários de longo prazo de emissões e mitigação no Brasil.

A partir do modelo de análise integrada BLUES, foi possível simular trajetórias consistentes com as metas de redução de gases de efeito estufa consideradas na primeira NDC brasileira, considerando a interação entre os setores de energia, transportes, indústria, edificações, resíduos e AFOLU. Essa abordagem permitiu ao governo avaliar de forma integrada os benefícios das diferentes medidas de mitigação, identificando as principais oportunidades tecnológicas e setoriais para o alcance da neutralidade climática.

Durante o desenvolvimento dos cenários, a equipe de modelagem manteve um processo contínuo de interação com os ministérios e instituições setoriais, a fim de garantir alinhamento entre as simulações e as políticas públicas em vigor. Reuniões técnicas foram realizadas com os principais órgãos envolvidos, para validar premissas, revisar dados e incorporar as prioridades políticas de cada setor. Essa troca constante de informações contribuiu para aumentar a transparência metodológica e a legitimidade dos resultados obtidos, reforçando o papel do BLUES como instrumento técnico de apoio à tomada de decisão governamental, além de servir para apresentar o modelo para diversos agentes setoriais.

O uso do BLUES também permitiu aprofundar a compreensão sobre as interdependências entre setores, evidenciando como estratégias de mitigação no uso da terra influenciam a oferta de energia e vice-versa. O modelo possibilitou avaliar cenários em que o aumento da eletrificação, o avanço da bioenergia com captura de carbono e a recuperação de pastagens degradadas contribuem conjuntamente para reduzir as emissões líquidas nacionais. Além disso, a modelagem integrada demonstrou que trajetórias de mitigação mais ambiciosas exigem políticas complementares, como a aceleração de tecnologias de baixo carbono, instrumentos de precificação e a expansão de incentivos à inovação.

Por fim, o trabalho reforça a importância do BLUES como instrumento estratégico para o planejamento climático nacional. Sua capacidade de integrar múltiplos setores e ainda manter o contexto global aderente às narrativas, posiciona o Brasil entre os poucos países em desenvolvimento com infraestrutura de modelagem própria e plenamente compatível com os padrões internacionais de modelos de análise integrada. A continuidade do aprimoramento do BLUES e sua institucionalização como ferramenta de suporte técnico ao governo são passos essenciais para garantir a atualização permanente das metas de mitigação e o acompanhamento dos avanços rumo à neutralidade climática.

O modelo BLUES tem potencial para se consolidar como uma ferramenta central e permanente de apoio à formulação e ao monitoramento das políticas climáticas brasileiras. Sua estrutura integrada permite que ele siga contribuindo para a atualização periódica das metas nacionais de mitigação, auxiliando os ministérios e secretarias setoriais na definição de trajetórias específicas para cada setor da economia de forma coerente com um ótimo nacional de emissões.

Essa capacidade pode ser ampliada com o acoplamento do BLUES a modelos setoriais especializados, permitindo que os setores se reconheçam nas trajetórias resultantes e fortaleçam a coordenação interministerial na implementação do Plano Clima. Além disso, o modelo pode continuar sendo utilizado para propor novas metas de mitigação, avaliar o grau de convergência do país em relação às próximas metas da NDC, e subsidiar a atualização dos Relatórios Bienais de Transparência (BTRs) junto à UNFCCC. Para que esse papel seja plenamente cumprido, é essencial manter uma base de dados atualizada anualmente, garantindo a consistência entre as políticas nacionais em andamento e os cenários prospectivos gerados pelo modelo, além de diálogo aberto com os ministérios e secretarias setoriais.

## 2.5 Material Suplementar

Esta seção apresenta o material suplementar do relatório, que reúne informações complementares ao processo de modelagem integrada desenvolvido no âmbito do Plano Clima Mitigação. Inicialmente, é apresentada a descrição das interações institucionais, detalhando os temas tratados nas reuniões técnicas realizadas entre a equipe de modelagem e os diferentes órgãos governamentais envolvidos. Em seguida, é disponibilizado um glossário de termos, elaborado para apoiar a compreensão dos principais conceitos técnicos utilizados ao longo do relatório e facilitar a leitura por públicos de diferentes áreas de atuação.

### 2.5.1 Descrição das interações institucionais

Esta subseção apresenta um detalhamento mais aprofundado das reuniões apresentadas na Seção 2.1.3, destacando as mais importantes e os pontos-chave discutidos entre os pesquisadores do Cenergia/Coppe/UFRJ, ministérios, tomadores de decisão e atores da sociedade civil.

- Workshop: Trajetória de Emissões GEE e Projeções 2024-2035 (21/11/2023 – 22/11/2023).

Primeira reunião realizada entre os pesquisadores do Cenergia/Coppe/UFRJ e os ministérios do governo brasileiro para apresentar o modelo BLUES, seus principais dados de entrega, métodos de cenarização e possíveis resultados a serem apresentados ao final da elaboração do projeto. Nessa reunião, foram discutidos diversos pontos, incluindo a necessidade de um diálogo amplo entre o governo e os tomadores de decisão, para que a elaboração dos cenários de descarbonização pudesse refletir caminhos plausíveis para cada setor da economia nacional.

Este workshop durou dois dias inteiros e contou com a participação de cerca de 100 pessoas de todos os ministérios, além de quatro pesquisadores do Cenergia/Coppe/UFRJ. Ao final das apresentações setoriais, foi solicitado a cada ministério que realizasse uma pesquisa interna e com outros tomadores de decisão de cada setor sobre as políticas e trajetórias que deveriam ser representadas no modelo. Assim, é possível estabelecer de forma adequada no modelo BLUES projeções para o desenvolvimento de tecnologias importantes, como o BECCS (bioenergia associada à captura e armazenamento de carbono), geração de energia por fontes renováveis, implementação de sistemas integrados na produção agropecuária, expansão de sistemas irrigados, recuperação de áreas degradadas, entre outros setores da economia nacional.

Além disso, foi destacada a grande dificuldade de cumprir os compromissos climáticos estabelecidos pelo Brasil ao definir a necessidade de elaborar uma nova NDC para 2035, com o objetivo final de alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa em 2050. Foi entendido que o país precisaria passar por uma transição significativa para implementar medidas de descarbonização nos setores da economia nacional, com grande foco na economia verde, na eficiência dos sistemas produtivos e na necessidade de acabar com o desmatamento ilegal até 2030.

Ademais, tornou-se necessário realizar mais reuniões setoriais para discutir pontos sensíveis, especialmente no setor de mudança de uso da terra, uma vez que medidas de combate ao desmatamento e de incentivo ao reflorestamento se mostraram essenciais para o desenvolvimento da nova NDC brasileira.

- Oficina "Trajetórias de Mitigação no Setor de Mudança do Uso da Terra e Florestas" em Brasília (06/02/2024 – 07/02/2024).

Esta oficina foi realizada em parceria entre o MMA e o MCTI para reunir especialistas na área de mudança do uso da terra e florestas, permitindo discutir pontos importantes abordados no workshop inicial do projeto, como desmatamento e reflorestamento. Além do MMA, MCTI e Cenergia/Coppe/UFRJ, participaram dessa reunião especialistas do INPE, da USP, do IPAM, da UFMG, da Conservação Internacional, do IIS e outros atores do governo brasileiro e da sociedade civil. Totalizando cerca de 60 pessoas ao longo dos dois dias de trabalho.

Ao longo da reunião, o modelo BLUES foi novamente apresentado, juntamente com resultados iniciais de uma modelagem desenvolvida pela equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ sobre uma NDC 2035, considerando a necessidade de alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa até 2050. Ao longo dos dois dias de reunião, os diversos grupos presentes fizeram apresentações e discussões importantes para estabelecer uma narrativa plausível sobre o combate ao desmatamento ilegal, além de promover o reflorestamento e o cumprimento do Planaveg.

No final da reunião, foi estabelecido que o MMA e a UFMG seriam responsáveis por repassar os dados de cenários de reflorestamento e desmatamento para a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ, visando ao desenvolvimento de dois cenários. Ambos preveem o fim do desmatamento ilegal até 2030, mas apresentam projeções diferentes quanto à continuidade do desmatamento legal e à recomposição florestal.

Esses resultados, prometidos pelo MMA e pela UFMG, foram repassados à equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ e exigiram algumas reuniões bilaterais para que os dados pudessem ser incorporados ao modelo BLUES, de modo a representar com o maior nível de detalhamento possível dentro das cinco regiões do modelo. Foram necessários mais dois meses de interações para alcançar um nível de alinhamento adequado para a cenarização.

- Oficina "Resultados Preliminares do Modelo BLUES – Estratégia Nacional de Mitigação" (23/05/2024).

O workshop para a apresentação dos resultados preliminares contou com a participação de cerca de 100 representantes ministeriais e teve como objetivo principal apresentar o modelo BLUES, além de discutir os resultados setoriais preliminares com as autoridades do governo brasileiro. Essa primeira reunião de resultados com o governo brasileiro foi muito importante para que cada ministério pudesse fazer suas análises iniciais e apresentar novas considerações. Além disso, foi importante destacar a relevância dos ministérios fornecerem dados sobre trajetórias tecnológicas e políticas em andamento que deveriam ser implementadas no modelo.

Destaca-se que os pontos mais sensíveis na discussão com os ministérios foram os setores agropecuário, de mudança de uso da terra e energético. Havendo discussões valiosas para a revisão dos cenários desenvolvidos pela equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ. Contudo, a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ voltou a solicitar o fornecimento de dados aos ministérios e instituições que participaram da reunião.

- Seminário de Apresentação do Processo de Construção da Estratégia Nacional de Mitigação 2024-2035 (28/05/2024).

Este seminário foi a primeira oportunidade de apresentar os resultados preliminares dos cenários da nova NDC brasileira à sociedade civil mais ampla e contou com a presença de mais de 100 pessoas. O evento foi realizado pela Casa Civil, pelo MCTI e pelo MMA para apresentar os avanços alcançados até o momento na elaboração da Estratégia Nacional de Mitigação, bem como as próximas etapas para consolidar a agenda de mitigação em âmbito nacional.

Também foram discutidas as abordagens utilizadas na elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação, assim como as perspectivas dos diferentes atores envolvidos. Esse evento foi uma oportunidade de diálogo com a sociedade, a fim de comunicar o andamento e as atividades relacionadas ao Plano Clima Mitigação em sua dimensão de mitigação, com o intuito de promover o intercâmbio de informações, o debate e o recebimento de contribuições de representantes da comunidade científica, setor privado, organizações da sociedade civil, movimentos sociais e representantes dos Estados e Municípios (ex.: MMA, MAPA, MDIC, MME, MCTI, Casa Civil, Coppe/UFRJ, FGV, PNUMA, ANNAMA, C40 cities, ABEMA, CNI, IEMA, ABRACE e outros).

Assim, o Cenergia/Coppe/UFRJ fez uma apresentação breve do modelo BLUES, além de destacar rapidamente os pontos mais importantes dos resultados preliminares dos cenários. Ao longo do evento, ocorreram discussões muito enriquecedoras, e a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ solicitou que considerações, dados e premissas fossem compartilhados com o grupo para facilitar uma maior compatibilidade entre os cenários desenvolvidos e as limitações tecnológicas discutidas durante a reunião. Contudo, nenhum dado foi repassado para a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ.

- Oficina “Trajetória Nacional de Mitigação e Orçamentos Setoriais de Emissões” (27/06/2024).

A oficina contou com a participação de aproximadamente 80 representantes do governo e teve como objetivo apresentar as premissas, cenários e resultados agregados e setoriais provenientes das rodadas do modelo BLUES. Inicialmente, foi feita uma apresentação rápida sobre o modelo BLUES e os modelos de análise integrada. Posteriormente, foram apresentados os resultados agregados e desagregados com o objetivo de incentivar a participação dos ministérios.

A reunião trouxe ponderações importantes para o desenvolvimento dos cenários do modelo BLUES. Contudo, ainda havendo muitas dúvidas sobre o funcionamento do modelo BLUES, suas premissas e os cenários desenvolvidos. Alguns dos pontos destacados deveram-se a fatores externos como troca de equipes responsáveis pelo Plano Clima dentro dos ministérios, que não fossem o MMA ou o MCTI, ou ainda à dificuldade de compreensão sobre o funcionamento de um modelo de análise integrada em contraposição a modelos setoriais, principalmente nos setores agropecuário e energético. Dessa forma, comprometeu-se a realizar novas reuniões bilaterais com a participação de ministérios e sociedade civil para ampliar o entendimento sobre a modelagem integrada e os resultados obtidos em cada cenário.

- Apresentação do Setor Agropecuário do Plano Clima “Diálogo estratégico público-privado | agricultura e mudança do clima” na FGV São Paulo (06/08/2024) e online (23/08/2024).

As duas reuniões, do dia 06/08/2024 e do dia 23/08/2024, tiveram como objetivo a divulgação dos resultados preliminares das trajetórias de emissões de gases de efeito estufa do setor agropecuário advindas do modelo BLUES, além de refazer as apresentações iniciais do modelo BLUES, de modelos de análise integrada e gerar discussões enriquecedoras para o desenvolvimento do setor agropecuário dentro do projeto Plano Clima Mitigação. O evento contou com a participação de aproximadamente 40 pessoas em 06/08/2024 e de 27 pessoas em 23/08/2024. Nas duas reuniões, o foco foi a ampla divulgação de resultados e a discussão entre academia, governo e sociedade civil. Dessa forma, estiveram presentes representantes do: MAPA, MMA, Embrapa, AVIEC, CAL, SRB, FGV, ABAG, Agroicone, FIESP, CCARBON, IMAFLORA, ICS, CNA, ABIOVE, CNC, IPA, IBA, CEBDS, OCB, TNC, AGROTOOLS e Coppe/UFRJ.

Este foi um encontro muito importante para o desenvolvimento do setor agropecuário dentro do Plano Clima Mitigação, pois promoveu um debate aberto e enriquecedor sobre premissas, dúvidas existentes, modelagem integrada e outros aspectos. Além disso, a reunião de 06/08/2024 permitiu a elaboração de perguntas detalhadas que seriam discutidas posteriormente, na reunião de 23/08/2024. No total, foram elaboradas cerca de 50 perguntas, que foram respondidas ao longo das 3 horas de reunião em 23/08/2024. Alguns dos pontos abordados nas perguntas referiam-se à alocação do desmatamento e do reflorestamento, se para o setor agropecuário ou não. Foi esclarecido que o modelo BLUES não atribui essas emissões ou remoções ao setor agropecuário, mas sim ao setor de mudança do uso da terra (LULUCF).

Destaca-se a importância dessa reunião visto que foi a primeira que possibilitou uma ampla participação de diferentes atores da sociedade, envolvendo importantes tomadores de decisão do setor do agronegócio e pesquisadores do setor.

Além disso, a equipe Cenergia/Coppe/UFRJ solicitou novamente dados, premissas e referências sobre custos de tecnologias e práticas de sustentabilidade no setor agropecuário e seu desenvolvimento até 2035 e 2050, com o objetivo de alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa até 2050. Contudo, nenhum dado foi fornecido.

- Reunião “Workshop ABBI sobre Plano Clima” (10/09/2024).

A reunião com a Associação Brasileira de Bioinovação (ABBI) foi agendada para que a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ pudesse apresentar à sociedade e aos tomadores de decisão o conteúdo do projeto Plano Clima Mitigação. Além disso, explicar um pouco melhor o que são os modelos de análise integrada, o modelo BLUES e a importância de uma modelagem integrada por trás de uma NDC. Foi uma reunião com a participação de aproximadamente 50 representantes do setor de bioinovação no Brasil.

A reunião foi importante para que as empresas integrantes da ABBI pudessem compreender melhor o que está por trás da nova NDC brasileira, embora não tenham sido apresentadas as premissas dos cenários nem os resultados preliminares do projeto.

As empresas que fazem parte da ABBI levantaram várias questões, principalmente sobre o nível de desagregação do modelo BLUES, como poderiam se sentir representadas pelos resultados do modelo e de que forma a bioinovação poderia ser percebida através dos resultados futuros do modelo. Foi explicado de forma detalhada o funcionamento do módulo industrial do modelo BLUES, bem como todas as formas de produção de bioinsumos por meio da cadeia agropecuária.

É importante destacar que essa foi apenas uma das várias reuniões realizadas com diferentes atores da sociedade e que a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ tentou realizar o máximo possível de encontros para apresentar o modelo BLUES à sociedade.

- Reunião “Coalizão Clima, Florestas e Agropecuária Brasil - (Coppe/UFRJ): metodologia NDC” (01/10/2024).

A reunião com a Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agropecuária contou com a participação de cerca de 40 representantes dos diversos membros que compõem a Coalizão. A reunião foi conduzida de modo a explicar o funcionamento do modelo BLUES, destacando sua capacidade de observar todos os setores da economia brasileira simultaneamente, em contraste com modelos setoriais que focam apenas em um setor específico.

Durante a reunião, foram feitos diversos questionamentos sobre o funcionamento do modelo BLUES. No entanto, houve demandas para que a equipe Cenergia/Coppe/UFRJ apresentasse, sem aviso prévio, dados de premissas, resultados e informações do modelo BLUES e do Plano Clima, que ainda estavam em desenvolvimento. Isso fez com que a reunião terminasse antes do previsto, pois alguns integrantes não aceitaram que os dados ainda estavam em desenvolvimento e não poderiam ser apresentados naquele momento.

- Reunião “IBÁ-Coppe/UFRJ” (08/10/2024).

A reunião com a Indústria Brasileira de Árvores encerrou a série de encontros que a equipe do Cenergia/COPE/UFRJ realizou com membros da sociedade para divulgar e explicar o modelo BLUES, bem como seu papel e importância para o desenvolvimento de uma nova NDC brasileira. A reunião foi de grande importância para que o setor pudesse compreender melhor como está sendo representado no modelo BLUES e os dados utilizados na implementação do setor nesse modelo. A reunião abordou alguns pontos importantes, como as projeções de expansão do setor em cenários antigos do modelo e os critérios de alocação utilizados para o armazenamento de carbono no solo e no material lignocelulósico. Além disso, contou com aproximadamente 40 representantes dos membros da IBÁ.

- Oficina de Resultados das Modelagens de Avaliação Integrada do BLUES (10/10/2024 – 11/10/2024).

A oficina realizada nos dias 10/10/2024 e 11/10/2024 marcou a conclusão do trabalho desenvolvido pela equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ. Nele, foram apresentados os resultados finais do trabalho realizado ao longo de 11 meses no projeto Plano Clima Mitigação, que contou com a participação dos pesquisadores do Cenergia/Coppe/UFRJ. O evento contou com a participação de cerca de 80 integrantes do governo federal, havendo a participação de todos os ministérios que compuseram o GTT Mitigação do CIM.

Ao longo da apresentação a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ foi responsável pela apresentação do modelo BLUES e da importância de se haver a participação de modelos de análise integrada para o desenvolvimento de trajetórias de emissão de gases de efeito estufa da nova NDC brasileira, assim, como da apresentação e esclarecimento de dúvidas para cada um dos setores que compuseram o Plano Clima Mitigação.

Alguns dos pontos levantados ao longo da apresentação focaram principalmente na viabilidade dos cenários, especialmente considerando a redução dos níveis de desmatamento ilegal no Brasil e o cumprimento do Planaveg. Ademais, surgiram alguns questionamentos sobre as rotas escolhidas para a produção de energéticos em detrimento da produção de hidrogênio verde em grande escala, bem como sobre outras políticas que não estavam em andamento durante a elaboração dos cenários ou que não haviam sido destacadas pelos ministérios anteriormente. Em resposta aos questionamentos, destacou-se que a meta do Brasil de se tornar um emissor líquido neutro de gases de efeito estufa até 2050 é bastante ambiciosa e exigirá a colaboração de todos os setores para que essa meta seja alcançada. Ademais, destacou-se a impossibilidade de uma NDC nacional não contemplar acordos já estabelecidos, como o compromisso de zero desmatamento ilegal até 2030 e a implementação integral do Planaveg. Já em relação às políticas recentes, foi mencionado que alguns ministérios não forneceram as premissas de cenários solicitadas, o que impossibilitou a implementação dessas premissas nos cenários atuais. Isso ocorreu principalmente devido ao fato de o projeto com o Cenergia/Coppe/UFRJ já ter sido concluído e à necessidade de repassar as trajetórias de emissão de gases de efeito estufa aos setores responsáveis, a fim de possibilitar o processo de elaboração das metas.

As apresentações realizadas pela equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ constam do ANEXO B deste relatório.

- Demais Reuniões

Ao longo de quase um ano de projeto que a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ teve, em conjunto dos ministérios do governo brasileiro, o objetivo de desenvolver as trajetórias de gases de efeito estufa para a elaboração da NDC brasileira com foco no ano de 2035 para alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa, ocorreram mais de 200 horas de reuniões que contaram com uma audiência de mais de 2300 pessoas divididas entre governo e outras esferas da sociedade. Este foi um processo que considerou tanto a esfera científica quanto a política e a sociedade, buscando, mesmo com limitações, ser participativo e levando em conta as premissas e desafios apresentados pelos principais tomadores de decisão no Brasil.

Além das reuniões já destacadas, outras 50 reuniões de menor porte também foram realizadas ao longo deste quase um ano de projeto. É importante destacar que a equipe do Cenergia/Coppe/UFRJ realizou reuniões com todos os setores da economia brasileira que fazem parte do Grupo Técnico Temporário de Mitigação (GTT Mitigação) do CIM. Contudo, além das reuniões realizadas pelos pesquisadores do Cenergia/Coppe/UFRJ, ocorreram também dezenas de encontros entre as equipes do MMA e do MCTI com outros ministérios e tomadores de decisão, com o objetivo de conseguir propiciar os dados solicitados pela equipe de modelagem integrada e auxiliar no desenvolvimento adequado do trabalho de elaboração das emissões de gases de efeito estufa para cada setor do Plano Clima Mitigação.

Essa dezena de reuniões trouxeram uma grande quantidade de debate sobre os cenários que deveriam ser desenvolvidos assim como premissas necessárias e atualizações importantes que deveriam ser feitas no modelo BLUES. Além disso, foi possível disseminar conhecimento entre muitas pessoas sobre a importância de desenvolver um modelo de análise integrada e a necessidade de criar uma NDC nacional, adotando uma abordagem ampla e integrada de todos os setores da economia do país. Assim, fornece insumos tanto para a elaboração das trajetórias de gases de efeito estufa da nova NDC brasileira quanto para que tomadores de decisão e a sociedade possam compreender melhor esse tipo de modelo e seu papel na comunidade científica e no combate às mudanças climáticas.

## 2.5.2 Referências sobre custos de tecnologias no Modelo BLUES

Maiores detalhes sobre os custos de tecnologias integradas ao BLUES podem ser consultados em <https://cenergialab.coppe.ufrj.br/tools> e no quadro de referências bibliográficas do modelo BLUES:

Setor	Publicação
AFOLU	Oportunidades para a transição sustentável da agropecuária brasileira <a href="https://ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/teses-e-dissertacoes/2023/2415-opportunidades-para-a-transicao-sustentavel-da-agropecuaria-brasileira">https://ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/teses-e-dissertacoes/2023/2415-opportunidades-para-a-transicao-sustentavel-da-agropecuaria-brasileira</a>
AFOLU	A new spatially explicit methodology for inputting land use data into bluesix – an improved integrated assessment model for Brazil based on the original blues model <a href="https://ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/teses-e-dissertacoes/2022/2337-a-new-spatially-explicit-methodology-for-inputting-land-use-data-into-bluesix-an-improved-integrated-assessment-model-for-brazil-based-on-the-original-blues-model">https://ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/teses-e-dissertacoes/2022/2337-a-new-spatially-explicit-methodology-for-inputting-land-use-data-into-bluesix-an-improved-integrated-assessment-model-for-brazil-based-on-the-original-blues-model</a>
AFOLU	Modelagem do setor agropecuário dentro de modelo de análise integrada brasileiro <a href="https://ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%A3o%20-%20GERD%20ANGELKORTE%20Vers%C3%A3o%20FINAL.pdf">https://ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%A3o%20-%20GERD%20ANGELKORTE%20Vers%C3%A3o%20FINAL.pdf</a>
AFOLU	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 <a href="https://ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%A3o%20-%20doutorado/aKoberle.pdf">https://ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%A3o%20-%20doutorado/aKoberle.pdf</a>
AFOLU	Aproveitamento energético de resíduos agropecuários no modelo de análise integrada brasileiro <a href="https://ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%A3o%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Ta%C3%A3o%20Adsa%20Nogueira%20Morais.pdf">https://ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%A3o%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Ta%C3%A3o%20Adsa%20Nogueira%20Morais.pdf</a>
Energia	Aprimoramento do Modelo de Análise Integrada Blues e Estudo de Caso Para os Shared Socioeconomic Pathways <a href="https://ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/dissertacoes/2020/1525-aprimoramento-do-modelo-de-analise-integrada-blues-e-estudo-de-caso-para-os-shared-socioeconomic-pathways">https://ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/dissertacoes/2020/1525-aprimoramento-do-modelo-de-analise-integrada-blues-e-estudo-de-caso-para-os-shared-socioeconomic-pathways</a>
Energia	CO <sub>2</sub> capture in ethanol distilleries in Brazil: Designing the optimum carbon transportation network by integrating hubs, pipelines and trucks <a href="https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2018.02.018">https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2018.02.018</a>
Energia	Designing an optimum carbon capture and transportation network by integrating ethanol distilleries with fossil-fuel processing plants in Brazil <a href="https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2017.10.013">https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2017.10.013</a>
Energia	Evaluation of offshore CO <sub>2</sub> transport alternatives in Brazil <a href="https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2022.103629">https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2022.103629</a>

<b>Energia</b>	<u>Carbon capture potential and costs in Brazil</u> <a href="https://doi.org/10.1016/j.iclepro.2016.05.033">https://doi.org/10.1016/j.iclepro.2016.05.033</a>
<b>Energia</b>	<u>Renewable power generation cost 2022</u> <a href="https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022">https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022</a>
<b>Energia</b>	<u>IRENA - Future of Wind</u> <a href="https://www.irena.org/-/media/files/irena/agency/publication/2019/oct/irena_future_of_wind_2019.pdf">https://www.irena.org/-/media/files/irena/agency/publication/2019/oct/irena_future_of_wind_2019.pdf</a>
<b>Energia</b>	<u>IRENA Future of Solar PV</u> <a href="https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf">https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf</a>
<b>Energia</b>	<u>Projected Costs of Generating Electricity</u> <a href="https://iea.blob.core.windows.net/assets/ae17da3d-e8a5-4163-a3ec-2e6fb0b5677d/Projected-Costs-of-Generating-Electricity-2020.pdf">https://iea.blob.core.windows.net/assets/ae17da3d-e8a5-4163-a3ec-2e6fb0b5677d/Projected-Costs-of-Generating-Electricity-2020.pdf</a>
<b>Energia</b>	<u>IMPACTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO POTENCIAL DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DO SETOR RESIDENCIAL BRASILEIRO</u> <a href="https://www.ppe.ufrj.br/images/AlbertoSantos-Mestrado.pdf">https://www.ppe.ufrj.br/images/AlbertoSantos-Mestrado.pdf</a>
<b>Geral</b>	<u>The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil</u> <a href="https://www.nature.com/articles/s41558-018-0213-y">https://www.nature.com/articles/s41558-018-0213-y</a>
<b>Geral</b>	<u>Neutralidade de carbono até 2050: Cenários para uma transição eficiente no Brasil</u> <a href="https://www.cebri.org.br/doc/309/neutralidade-de-carbono-ate-2050-cenarios-para-uma-transicao-eficiente-no-brasil">https://www.cebri.org.br/doc/309/neutralidade-de-carbono-ate-2050-cenarios-para-uma-transicao-eficiente-no-brasil</a>
<b>Indústria</b>	<u>The role of biomaterials for the energy transition from the lens of a national integrated assessment model</u> <a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-021-03201-1">https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-021-03201-1</a>
<b>Indústria/Transporte</b>	<u>Aprimoramento do Modelo de Análise Integrada Blues e Estudo de Caso Para os Shared Socioeconomic Pathways</u> <a href="https://ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/dissertacoes/2020/1525-aprimoramento-do-modelo-de-analise-integrada-blues-e-estudo-de-caso-para-os-shared-socioeconomic-pathways">https://ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/dissertacoes/2020/1525-aprimoramento-do-modelo-de-analise-integrada-blues-e-estudo-de-caso-para-os-shared-socioeconomic-pathways</a>
<b>Transporte</b>	<u>The role of bioenergy in Brazil's low-carbon future</u> <a href="https://doi.org/10.1016/j.egycc.2023.100123">https://doi.org/10.1016/j.egycc.2023.100123</a>
<b>Transporte</b>	<u>Production of alternative marine fuels in Brazil: An integrated assessment perspective</u> <a href="https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119444">https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119444</a>
<b>Transporte</b>	<u>Prospects for carbon-neutral maritime fuels production in Brazil</u> <a href="https://doi.org/10.1016/j.iclepro.2021.129385">https://doi.org/10.1016/j.iclepro.2021.129385</a>
<b>Transporte</b>	<u>Are there synergies in the decarbonization of aviation and shipping? An integrated perspective for the case of Brazil</u> <a href="https://doi.org/10.1016/j.iclepro.2021.129385">https://doi.org/10.1016/j.iclepro.2021.129385</a>
<b>Transporte</b>	<u>Road conditions and driving patterns on fuel usage: Lessons from an emerging economy</u> <a href="https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.130979">https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.130979</a>

### 2.5.3 Glossário

Nesta seção são apresentados alguns termos que aparecem no âmbito desse relatório.

Termo	Definição
<b>Integrated Assessment Models (IAMs)</b>	Os modelos de Análise Integrada (do inglês, Integrated Assessment Models (IAMs)) são ferramentas quantitativas que integram dimensões energéticas, econômicas, ambientais e de uso da terra para analisar políticas climáticas. Permitem simular trajetórias de emissões, custos e tecnologias em cenários futuros, relacionando escolhas setoriais com metas globais e regionais/nacionais de mitigação.
<b>BLUES</b>	O modelo BLUES (Brazilian Land-Use and Energy Systems model) é um IAM nacional desenvolvido pelo Cenergia/Coppe/UFRJ. Representa detalhadamente os sistemas energéticos, de uso do solo, indústria, transportes e resíduos do Brasil, permitindo explorar cenários de mitigação, neutralidade climática e políticas públicas, com horizonte de análise até 2060.
<b>COFFEE</b>	O modelo COFFEE (Computable Framework For Energy and the Environment) é um IAM global, também desenvolvido no Cenergia/Coppe/UFRJ. Representa energia, uso do solo e suas emissões em 18 regiões do mundo. Foi um dos quatro modelos integrados selecionados pelo IPCC que tiveram um cenário usado como trajetória ilustrativa de mitigação no AR6. Seus resultados são utilizados para trazer uma consistência global ao modelo BLUES.
<b>Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)</b>	Narrativas globais que descrevem diferentes trajetórias socioeconômicas até 2100, usadas em diversos tipos de modelos, como os modelos de análise integrada e os modelos de circulação. Combinam hipóteses de crescimento econômico, população, urbanização, tecnologia e políticas, orientando simulações de emissões e adaptações em IAMs. Servem como base para possibilitar comparações entre diferentes modelos.
<b>NDC</b>	Compromissos nacionais submetidos pelos países no âmbito do Acordo de Paris, especificando metas de mitigação de emissões. No caso do Brasil, incluem redução de emissões até 2035, e suas metas setoriais estão sendo trabalhadas no âmbito do Plano Clima.
<b>Net zero</b>	Emissões líquidas de gases emissores (podem ser CO <sub>2</sub> ou GEE) neutras, podem ser obtidas através da combinação da redução das emissões, bem como com remoções (como reflorestamento, BECCS ou DAC).
<b>Capacidade instalada</b>	Potência máxima de geração de eletricidade que as usinas de determinado sistema podem fornecer de forma contínua em condições normais de operação. Geralmente é medida em megawatts (MW) ou gigawatts (GW) e corresponde ao somatório das unidades geradoras em operação.
<b>Oferta interna de energia</b>	Representa a disponibilidade de energia dentro do país após considerar produção, importações, exportações, variação de estoques, reinjeções e perdas. Reflete a quantidade de energia disponível para transformação e consumo final.
<b>Gás natural</b>	Mistura de hidrocarbonetos leves, composta principalmente por metano. No Brasil, grande parte da produção está associada à extração de petróleo cru em reservatórios offshore, o chamado gás associado.

<b>Petróleo cru</b>	Hidrocarboneto líquido em estado natural, englobando óleo cru e condensado. É a matéria-prima básica para a produção de derivados energéticos e não-energéticos em refinarias.
<b>Refino de petróleo</b>	Processo industrial que transforma o petróleo cru em derivados como gasolina, diesel, GLP, querosene e óleo combustível. Inclui destilação fracionada e processos de conversão e tratamento, como a dessulfurização e o hidrotratamento.
<b>Derivados de petróleo</b>	Produtos obtidos no refino, utilizados predominantemente como combustíveis energéticos. Incluem a gasolina, querosene de aviação, diesel e óleo combustível.
<b>Carvão mineral</b>	Combustível fóssil sólido formado a partir da matéria vegetal submetida a pressão e calor ao longo de milhões de anos.
<b>Enriquecimento de urânia</b>	Processo que aumenta a proporção do isótopo físsil U-235 no urânio natural, tornando-o adequado para uso em reatores nucleares.
<b>Biomassa sólida</b>	Conjunto de materiais de origem vegetal utilizados como fonte de energia. Inclui bagaço de cana, lenha, resíduos agrícolas e florestais, que podem ser queimados diretamente ou processados.
<b>Bagaço de cana</b>	Resíduo resultante da moagem da cana-de-açúcar na produção de açúcar e etanol. É utilizado como biomassa para geração de calor e eletricidade em caldeiras de usinas.
<b>Lenha</b>	Madeira utilizada diretamente como combustível em fornos, caldeiras e fogões. Ainda é expressiva em usos residenciais e industriais. Pode ser processada em líquidos pela síntese de Fischer-Tropsch ou pelo método de pirólise.
<b>Combustível drop-in</b>	Combustível renovável ou sintético com propriedades idênticas ao fóssil, que pode ser usado sem adaptações em motores, dutos e na infraestrutura existente.
<b>Biogás</b>	Gás combustível gerado pela decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos, composto principalmente por metano e dióxido de carbono.
<b>Biometano</b>	Versão purificada do biogás, com remoção de impurezas e concentração de metano compatível ao gás natural. É considerado um combustível drop-in do gás natural.
<b>Diesel verde</b>	Biocombustível obtido por hidrogenação de óleos vegetais ou gorduras animais. Possui propriedades idênticas ao diesel fóssil e é considerado um combustível drop-in.
<b>Bioquerosene de aviação</b>	Combustível renovável derivado de biomassa, produzido por rotas como HEFA, FT ou ATJ, compatível com o querosene fóssil em turbinas aeronáuticas.
<b>Bio-óleo combustível</b>	Líquido energético obtido pela pirólise ou gaseificação de biomassa, podendo substituir parcialmente o óleo combustível em caldeiras, processos industriais e alguns motores.
<b>HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids)</b>	Rota que converte óleos vegetais e gorduras animais em combustíveis parafínicos por hidrogenação, produzindo diesel verde e bioquerosene.

<b>FT (Fischer-Tropsch)</b>	Processo termoquímico que converte gás de síntese, obtido da gaseificação de biomassa, em hidrocarbonetos líquidos como diesel e querosene.
<b>ATJ (Alcohol-to-Jet)</b>	Rota que transforma álcoois em hidrocarbonetos parafínicos por desidratação, oligomerização e hidrogenação, gerando bioquerosene de aviação.
<b>CCS (Captura e armazenamento de carbono)</b>	Tecnologia que captura o dióxido de carbono emitido por processos industriais ou energéticos e o armazena em formações geológicas profundas.
<b>BECCS (Bioenergia com captura e armazenamento de carbono)</b>	Combina bioenergia e CCS, capturando o dióxido de carbono gerado na queima ou fermentação da biomassa e pode resultar em emissões negativas na cadeia produtiva.
<b>Mudança de uso da terra (MUT)</b>	Alteração da cobertura da terra por atividades humanas, como desmatamento, agricultura ou urbanização, afetando fluxos de carbono e biodiversidade.
<b>AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use)</b>	Setor que abrange agricultura, florestas e outros usos do solo, responsável por emissões e remoções de gases de efeito estufa.
<b>LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry)</b>	Categoria de inventário de emissões que contabiliza o uso e a mudança do uso da terra e atividades florestais.
<b>Reflorestamento</b>	Plantio de árvores em áreas desmatadas ou degradadas para recuperar cobertura vegetal e aumentar o sequestro de carbono.
<b>Recuperação de pastagens</b>	Conjunto de práticas para restaurar a produtividade de pastos degradados, reduzindo emissões e liberando área para outros usos sustentáveis.
<b>Sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)</b>	Sistema produtivo que combina agricultura, pecuária e florestas na mesma área, promovendo sinergias ambientais e aumento de eficiência produtiva.
<b>Veículos elétricos a bateria</b>	Veículos movidos exclusivamente por motores elétricos alimentados por baterias recarregáveis, sem uso direto de queima de combustíveis.
<b>Veículos a pilha a combustível</b>	São veículos que geram eletricidade a bordo por reação entre hidrogênio e oxigênio, emitindo apenas vapor d'água como subproduto.
<b>Veículos a pilha a combustível a etanol</b>	Veículos que usam etanol como fonte de hidrogênio, via reforma embarcada ou alimentação direta da pilha, combinando baixa emissão e infraestrutura existente.
<b>FT (Fischer-Tropsch)</b>	Processo termoquímico que converte gás de síntese, obtido da gaseificação de biomassa, em hidrocarbonetos líquidos como diesel e querosene.
<b>ATJ (Alcohol-to-Jet)</b>	Rota que transforma álcoois em hidrocarbonetos parafínicos por desidratação, oligomerização e hidrogenação, gerando bioquerosene de aviação.

## 2.6 Referências

- Angelkorte, G. (2023). OPORTUNIDADES PARA A TRANSIÇÃO SUSTENTÁVEL DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Angelkorte, G. B. (2019). Modelagem do Setor Agropecuário Dentro de Modelo de Análise Integrada Brasileiro [UFRJ]. In Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. [http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/DISSERTAÇÃO\\_-\\_GERD\\_ANGELKORTE\\_Versão\\_FINAL.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/DISSERTAÇÃO_-_GERD_ANGELKORTE_Versão_FINAL.pdf)
- Baptista, L. B. C. da S. (2020). Aprimoramento do modelo de análise integrada BLUES e estudo de caso para os Shared Socioeconomic Pathways. UFRJ.
- Cunha, B. S. L. (2019). DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO GLOBAL DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL PARA AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS CLIMÁTICAS: O PAPEL DA MUDANÇA DE DIETA. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Cunha, B. S. L., Garaffa, R., & Gurgel, A. C. (2020). TEA Model Documentation (520; 1). [www.fgv.br](http://www.fgv.br)
- da Silva, M. I. M. (2020). Nexo entre Poluição Atmosférica de Impacto Local e Mudanças Climáticas Globais em um Modelo de Avaliação Integrada para o Brasil. UFRJ.
- Fricko, O., Havlik, P., Rogelj, J., Klimont, Z., Gusti, M., Johnson, N., Kolp, P., Strubegger, M., Valin, H., Amann, M., Ermolieva, T., Forsell, N., Herrero, M., Heyes, C., Kindermann, G., Krey, V., McCollum, D. L., Obersteiner, M., Pachauri, S., ... Riahi, K. (2017). The marker quantification of the Shared Socioeconomic Pathway 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 251–267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.004>
- Kriegler, E., Edmonds, J., Hallegatte, S., Ebi, K. L., Kram, T., Riahi, K., Winkler, H., & van Vuuren, D. P. (2014). A new scenario framework for climate change research: The concept of shared climate policy assumptions. *Climatic Change*, 122(3), 401–414. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0971-5>
- O'Neill, B. C., Kriegler, E., Ebi, K. L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D. S., van Ruijen, B. J., van Vuuren, D. P., Birkmann, J., Kok, K., Levy, M., & Solecki, W. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 169–180. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>
- O'Neill, B. C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K. L., Hallegatte, S., Carter, T. R., Mathur, R., & van Vuuren, D. P. (2014). A new scenario framework for climate change research: The concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change*, 122(3), 387–400. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0905-2>
- Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C., KC, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
- Rochedo, P. R. R., Soares-Filho, B., Schaeffer, R., Viola, E., Szklo, A., Lucena, A. F. P., Koberle, A., Davis, J. L., Rajão, R., & Rathmann, R. (2018). The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. In *Nature Climate Change* (Vol. 8, Issue 8, pp. 695–698). <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0213-y>.
- Van Vuuren, D. P., Kriegler, E., O'Neill, B. C., Ebi, K. L., Riahi, K., Carter, T. R., Edmonds, J., Hallegatte, S., Kram, T., Mathur, R., & Winkler, H. (2014). A new scenario framework for Climate Change Research: Scenario matrix architecture. *Climatic Change*, 122(3), 373–386. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0906-1>
- Vásques-Arroyo, E. M. (2018). Incorporação do Nexo Energia-Água em um Modelo de Otimização da Expansão do Sistema Energético Brasileiro. UFRJ.

### **3. Processo de definição da meta de mitigação para 2035 da 2ª NDC do Brasil**

Conforme apresentado na Introdução deste relatório, o CIM foi reestruturado por meio do Decreto nº 11.550/2023, órgão colegiado do governo federal formado por mais de 20 ministérios e representantes da comunidade científica (Rede Clima) e sociedade civil (Fórum Brasileiro de Mudança do Clima – FMBC), presidido pela CC/PR e tendo como secretaria executiva a SMC/MMA. Ainda naquele ano, o CIM aprovou a atualização da sua primeira NDC, restabelecendo as ambições assumidas para o alcance dos objetivos do Acordo de Paris, e comunicando acerca dos esforços iniciados para elaboração de estratégias nacionais para mitigação e adaptação.

A Resolução CIM nº 3/2023 criou o Grupo Técnico Temporário de Mitigação (GTT-Mitigação), coordenado pela SMC/MMA, e co-coordenado pela CC/PR e MCTI, com a missão de elaborar a Estratégia Nacional de Mitigação (ENM) do Plano Clima 2024-2035, assim como dos seus Planos Setoriais de Mitigação, e definir metas nacionais e setoriais de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para 2030 e 2035.

O GTT Mitigação foi então o locus institucional do CIM responsável pela definição das premissas de modelagem utilizadas, pela análise e debate dos resultados desse trabalho de geração de evidências científicas, pelo estabelecimento de espaços de diálogo com atores do setor privado, sociedade civil e comunidade científica sobre o modelo BLUES e possíveis trajetórias de mitigação e pelas decisões técnicas acerca dos subsídios a serem utilizados na tomada de decisão em nível de ministras e ministros do CIM. No âmbito desse processo, o GTT Mitigação realizou ou participou ativamente dos cerca de 60 encontros, reuniões, oficinas, seminários e oficinas apresentados na Tabela deste relatório, totalizando mais de 200 horas de diálogos.

Dessa forma, foi no âmbito do processo de formulação do Plano Clima Mitigação (Estratégia Nacional de Mitigação e seus respectivos Planos Setoriais de Mitigação) que foram geradas as evidências científicas que subsidiaram o processo de formulação e decisão sobre as metas de mitigação 2035 da segunda NDC do Brasil.

O modelo BLUES foi selecionado para fundamentar esse processo de geração de evidências, tendo em vista que a agenda de mitigação tem um caráter transversal intrínseco, portanto, um modelo nacional de visão integrada foi considerado fundamental para indicar um resultado ótimo para a economia como um todo, sobretudo no caso brasileiro dado que as metas de emissões líquidas do país são “economy-wide” e não restritas a setores específicos. Os IAMs são ferramentas importantes para a análise de longo prazo de cenários de baixas emissões de GEE. Eles permitem investigar as interconexões entre diferentes setores da economia e indicar as opções mais custo-efetivas para alcançar as metas e objetivos de descarbonização de países.

Como resultado do exercício da modelagem integrada, foram construídas possíveis trajetórias de emissões futuras para atingir compromissos climáticos com maior custo-efetividade para a economia brasileira, que subsidiam os setores do Plano Clima.

O desenho da trajetória nacional de mitigação foi feito, assim, por meio de projeções de trajetórias de mitigação de emissões de GEE com base em premissas tecnológicas e de políticas públicas, e em estimativas de variáveis sobre a atividade econômica em âmbito nacional e internacional. Portanto, os resultados do modelo não devem ser interpretados como uma previsão, mas sim como resultados de uma combinação otimizada de tecnologias e investimentos, servindo como subsídios para formulação das políticas e priorização dos investimentos necessários para viabilizar essa trajetória.

Essa abordagem permitiu traduzir o objetivo climático em possíveis metas quantitativas, representativas de uma quantidade máxima de CO<sub>2</sub>e a ser emitida 2035, oferecendo um parâmetro objetivo para subsidiar o esforço nacional de redução de emissões líquidas para 2035. Dessa forma, foi possível planejar e elencar possíveis ações estratégicas em cada setor para garantir que o volume total de GEE emitido em um período seja compatível com a meta climática, ao mesmo tempo em que permitirá monitorar ao longo do tempo a aderência à trajetória de redução de emissões estabelecida.

Com base nas projeções de crescimento econômico e populacional e nas premissas definidas, o modelo BLUES estabeleceu possíveis trajetórias nas quais o aumento da demanda por produtos e serviços decorrentes desse crescimento fosse atendido com a redução das emissões líquidas de GEE necessária para alcance das metas de 2025, 2030 e 2050, da forma mais custo-efetiva para a economia brasileira como um todo. Ademais, o modelo considerou e estipulou a contribuição específica de mitigação de cada setor econômico traçando trajetórias de mitigação absoluta e/ou relativa.

Porém, para além das limitações intrínsecas ao processo de modelagem integrada, que resultam em representações matemáticas simplificadas dos diferentes setores que compõem um sistema complexo, o GTT Mitigação avaliou que há uma série de incertezas a serem consideradas para se definir objetivos, metas e trajetórias de mitigação factíveis e com impactos significativos no desenvolvimento do país.

Considerou-se, primeiramente, a incerteza típica de modelos de “*perfect foresight*”<sup>2</sup>, que pressupõem combinações ótimas de fatores no médio e longo prazo, sem considerar mudanças e efeitos provenientes de dinâmicas sociais, econômicas e tecnológicas futuras. Um segundo fator decorre do uso dos dados do Inventário Nacional apresentado na 6<sup>a</sup> Edição das Estimativas Anuais de GEE (MCTI), no ano base da modelagem, o qual possuía um grau de incerteza média geral de 12% com grande variação entre os setores<sup>3</sup>.

Outra fonte de incerteza considerada foi nas premissas baseadas na efetiva implementação de políticas públicas e no cumprimento de suas metas nos prazos definidos em planejamento, sobre as quais há possibilidade de atrasos ou cumprimento parcial. Ademais, outra fonte de incerteza observada pelo GTT Mitigação se referia à não internalização dos próprios impactos da mudança do clima ao longo do tempo, com possíveis impactos adversos que não são considerados na projeção das possíveis trajetórias de mitigação de nenhum modelo existente, tais como queda da produtividade agrícola e redução da disponibilidade hídrica, bem como dos custos da inação frente à mudança do clima. Deve-se ressaltar que as incertezas consideradas durante a elaboração das possíveis trajetórias seguiram as melhores metodologias e práticas na elaboração de planos climáticos futuros e se apresentam como uma realidade para todos os países, em maior ou menor grau.

Finalmente, o GTT Mitigação também avaliou que o cenário socioeconômico de modelagem utilizado foi o SSP2, com desafios médios para mitigação e adaptação. Considerando a volatilidade, a incerteza, a complexidade e a ambiguidade no desenho de cenários futuros, ponderou-se que a extensão da implementação de sua ambição climática dependerá de fatores pouco previsíveis que poderão emergir na próxima década até 2035, tanto nacional como internacionalmente. Tais fatores incluem os níveis de cooperação global, de investimentos e de desenvolvimento e difusão tecnológicos. Em cenário internacional favorável, de crescimento exponencial da cooperação e difusão tecnológicas, o Brasil poderia alcançar o nível mais alto de suas ambições climáticas. Em um cenário de fragmentação da cooperação internacional, por outro lado, poderia se impor como limitação ao potencial brasileiro de contribuir com os objetivos da UNFCCC e do seu Acordo de Paris.

Dessa forma, e como solução para incorporar esse conjunto de incertezas no estabelecimento da meta nacional de emissões para 2035, foi proposta às instâncias superiores a definição de uma meta em banda, mediante a incorporação de margens de incerteza aos resultados do modelo, baseada em um dos cenários modelados pelo BLUES ou adotando uma combinação intermediária entre os cenários de modelagem definidos, conforme o conteúdo apresentado no Anexo C deste relatório. Ao longo dos meses de outubro de 2024, foram então realizadas reuniões de alto nível, coordenadas pela Casa Civil da Presidência da República com apoio técnico da SMC/MMA, para debate e tomada de decisão sobre a meta de mitigação 2035 para ser incorporada à segunda NDC do Brasil, bem como para orientar a formulação do Plano Clima Mitigação.

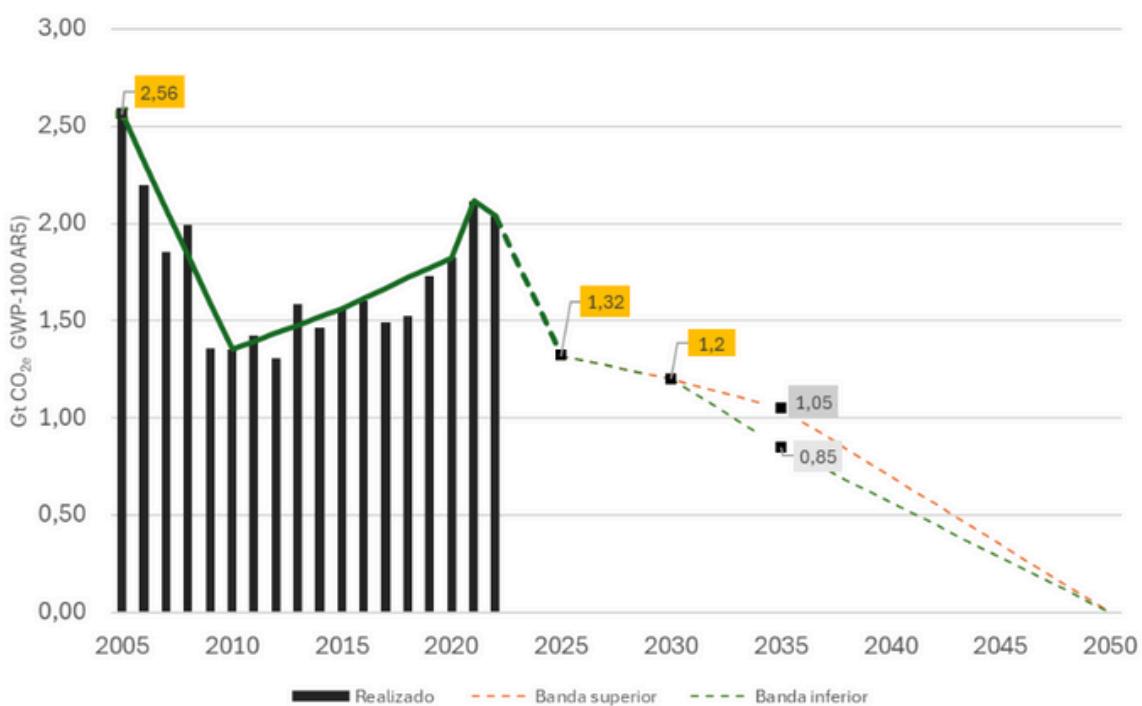
A nova meta nacional de mitigação para 2035 foi finalmente definida pelo Presidente da República em consulta aos Ministros e Ministras do CIM, a qual foi incorporada à segunda NDC brasileira submetida à UNFCCC em 13 de novembro de 2024 e passou a orientar os trabalhos técnicos de formulação do Plano Clima Mitigação do GTT Mitigação do CIM desde então.

Ao definir sua nova meta climática para 2035, a NDC do Brasil reconheceu que as projeções futuras relativas a sistemas complexos são inherentemente incertas, o que exige o planejamento de cenários, refletindo a ambição climática do país em consonância com uma trajetória de emissões líquidas zero em 2050 e o melhor conhecimento científico de planejamento de cenários apropriado para sistemas complexos e visão sistêmica.

O Brasil definiu uma meta para toda a economia de reduzir em 2035 as emissões líquidas nacionais de GEE em 59% e 67% abaixo dos níveis de 2005, o que é consistente, em termos absolutos, com uma emissão de 1,05 GtCO<sub>2</sub>e e 0,85 GtCO<sub>2</sub>e, de acordo com os dados mais recentes do Inventário Nacional de GEE (NIR2024), alinhada à meta nacional de alcançar emissões líquidas zero de GEE em 2050 e à meta global de limitar o aumento de temperatura do planeta a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais.

A Figura 32 representa graficamente as metas de redução de emissões líquidas de GEE expressas na segunda NDC do Brasil e a trajetória histórica de mitigação do Brasil desde 2005.

**Figura 32 – Trajetória de Mitigação e metas da atual NDC brasileira**



Fonte: Elaboração própria (DPMI/SMC/MMA, 2025).

## **Anexos**

Anexo A – Planilha de Resultados do Modelo BLUES (GWP100 AR6)

Anexo B – Apresentações Cenergia/COPPE/UFRJ

Anexo C – Apresentações sobre a Segunda NDC do Brasil

Apoio

**UK PACT**

Realização

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE E  
MUDANÇA DO CLIMA

