



PROGRAMA DE
TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA

The bottom half of the image features an abstract graphic of flowing, overlapping lines in shades of blue, cyan, and red, creating a sense of energy and movement against the dark blue background.

O programa de transição energética

Unindo o Centro Brasileiro de Relações Internacionais (CEBRI), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e o Centro de Economia Energética e Ambiental (CENERGIA), o programa buscou identificar trajetórias de neutralidade de carbono para o Brasil no horizonte de 2050.

Patrocínio:



Apoio:



OBS: Os resultados do Programa de Transição Energética refletem o processo de construção e desenvolvimento de cenários exploratórios e sua quantificação pelo Cenergia. Por isso, não expressam necessariamente a visão individual das instituições que participaram do Programa, nem necessariamente consideram outros trabalhos que estão sendo desenvolvidos por essas instituições. Naqueles aspectos específicos e recomendações de natureza setorial, devem ser consideradas as medidas de política, trabalhos e análises sobre descarbonização desenvolvidos pelas instituições/entidades setoriais competentes em cada caso. As análises e recomendações de políticas em nível setorial não são exaustivas e estão sujeitas a revisão quanto à validade e consistência com os marcos regulatórios, técnicos e políticos dos setores envolvidos e com tais marcos no contexto específico do Brasil.

AS FASES DO PROJETO

Para situar o Brasil no processo de compreensão, pela sociedade global, das consequências da mudança climática e de evolução no desenvolvimento de tecnologias que viabilizam a produção de energia sustentável, o programa foi dividido em três fases.



DIVERGÊNCIA

CONVERGÊNCIA

CENÁRIOS

DIVERGÊNCIA

Mapeamento das principais tendências e incertezas críticas através de uma série de eventos virtuais, em debates com especialistas, público e partes interessadas, e resultou no lançamento de um *whitepaper*, consolidando as percepções obtidas.

PERGUNTAS NORTEADORAS

Que **alternativas** trazem os maiores benefícios para o Brasil? Qual a contribuição de cada um dos segmentos para esse processo?

Quais efeitos estruturais a **pandemia** pode provocar no setor energético global e quais seus desdobramentos para o Brasil?

Que **tecnologias e fontes de energia** fazem mais sentido para o Brasil na busca pelo atendimento aos acordos climáticos?

CONVERGÊNCIA

Consolidação de uma visão de futuro para as principais variáveis explicativas identificadas na fase anterior

CONVERGÊNCIA

CONVERSAS COM EMPRESAS

- Debate on-line sobre as principais divergências da primeira etapa
- Instituições que integram o projeto e convidadas



PRIORIZAÇÃO DAS INCERTEZAS

- Priorização por grau de impacto e incerteza
- Matriz de correlação
- Validação junto ao CEBRI, BID e EPE



DEFINIÇÃO DOS BALIZADORES

- Estados futuros das incertezas priorizadas
- Sensibilidades (*What-ifs*)
- Verificação de compatibilidade com o modelo da COPPE



CONSTRUÇÃO DAS NARRATIVAS

- Redação das lógicas dos cenários
- Elaboração do relatório

CENÁRIOS

Modelagem dos cenários de futuro com base na metodologia adotada pelo Cenergia/PPE/COPPE/UFRJ



CENÁRIOS

AGENDA

Introdução

Caracterização dos cenários	11
Matriz energética	13
Emissões	15

Oferta

Setor elétrico	20
Petróleo	23
Gás natural	25
Biocombustíveis	27
Biometano	28
Hidrogênio	29

Demanda

Transportes	30
Indústria	33
Residencial e Serviços	34

Considerações finais

Recomendações	35
---------------	----

CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE OS CENÁRIOS

Ambiente internacional	Cooperação limitada (“blocos regionais”)		Cooperação global (“Vila global”)
Processo de transição no Brasil	Contexto brasileiro		Contexto mundial
Neutralidade de emissões no Brasil	CO ₂ em 2040 GEE em 2050	CO ₂ em 2040 GEE em 2050	CO ₂ em 2035 GEE em ~2050
Orçamento de carbono (2010-2050)	24 GtCO ₂	24 GtCO ₂	15 GtCO ₂
Reestruturação das cadeias globais de produção	Orientação mais regional da produção		Revitalização das cadeias globais de valor
Abordagem	Mínimo custo para NetZero GEE em 2050	Mínimo custo para NetZero GEE em 2050, com restrições	Mínimo custo para um ótimo global 1,5º

CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

FOCO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Descarbonização do setor de O&G			
Participação do O&G na matriz energética			
Geração hidrelétrica (impactos da mudanças climáticas)			
Ampliação da capacidade de geração eletronuclear			
Ampliação dos biocombustíveis			
Produção de hidrogênio			
Produção de biometano			
Ampliação da participação da bioenergia na matriz			

PREFERÊNCIAS/CONSENSOS ENTRE STAKEHOLDERS

Melhor uso da terra (fim do desmatamento ilegal)			
Gás como vetor de descarbonização (indústria)			
Maior eletrificação da frota de veículos			

MATRIZ ENERGÉTICA

A demanda de energia primária passará de 268 Mtep em 2020 para cerca de 400 Mtep em 2050 em todos cenários.

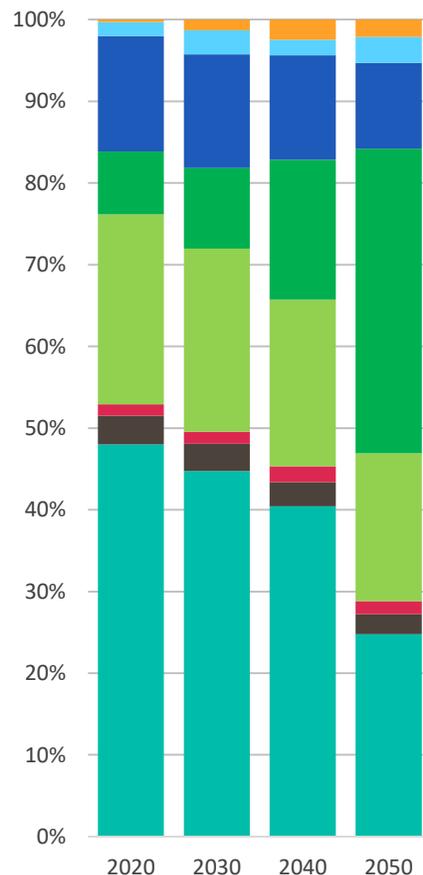
Em todos os cenários haverá queda da utilização de combustíveis fósseis e aumento do uso de fontes renováveis.

As fontes renováveis superarão a participação de 70% de demanda de energia primária.

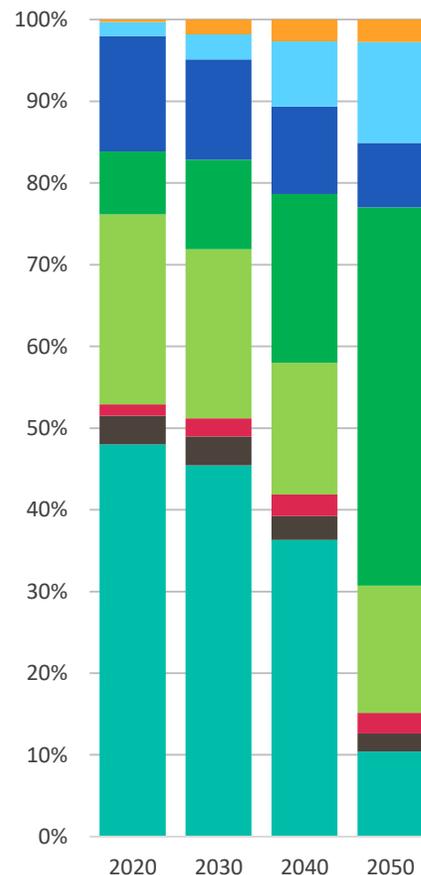
A biomassa será a fonte que ganhará maior participação na matriz energética brasileira, seguida por eólica e solar.

O óleo e gás será a fonte que mais reduzirá sua participação.

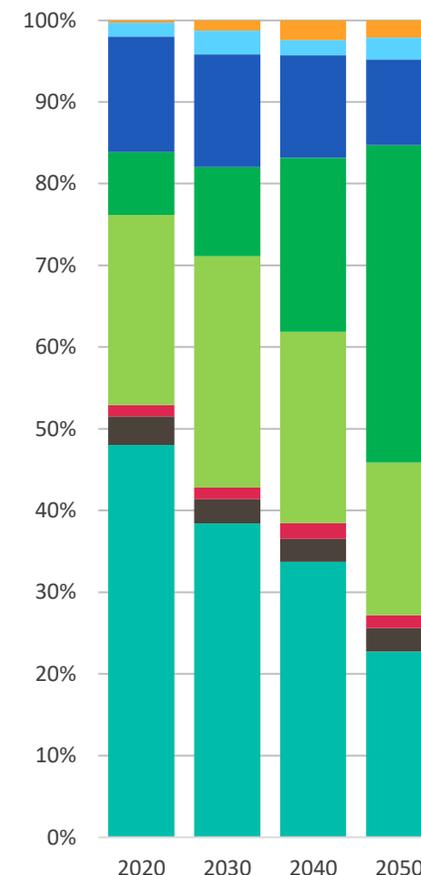
1 TRANSIÇÃO BRASIL



2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

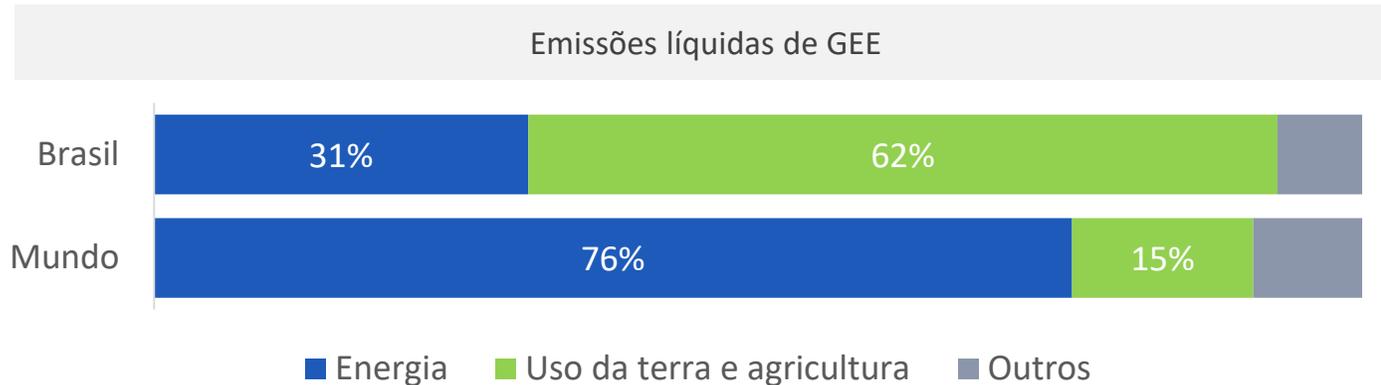


3 TRANSIÇÃO GLOBAL

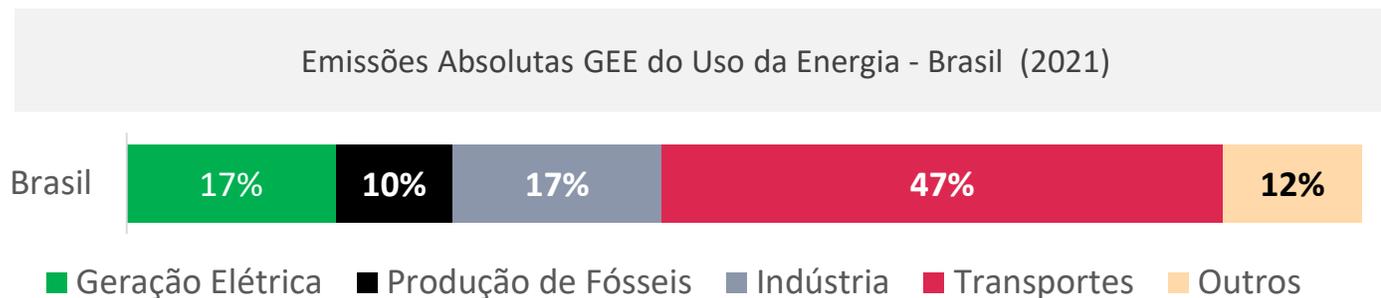


DESAFIOS DA DESCARBONIZAÇÃO NO BRASIL

O perfil de emissões no Brasil é completamente distinto do perfil global, o que implica conciliar as agendas agropecuária, energética e de meio ambiente.



Fonte: CAIT (2019)



Fonte: SEEG (2022)

Desafios para neutralidade

1. Tendência esperada de crescimento na demanda por energia
2. Eliminação do desmatamento ilegal, como condição necessária
3. Atualização e criação de marcos regulatórios para transição energética
4. Novas tecnologias e infraestrutura ainda precisam de desenvolvimento e escala

Notas: 1. Restauração vegetal e reflorestamento foram descontados em uso da terra - AFOLU (emissões líquidas); 2. A participação de energia no total das emissões de GEE brutas no Brasil é 18%. Ressalte-se que, por esse critério, restaurações vegetais e reflorestamento realizados pelo setor de energia implicam em remoção de carbono em AFOLU e não em energia. 3. Na indústria, não está computado as emissões de processo.

MATRIZ ENERGÉTICA

A demanda de energia primária passará de 268 Mtep em 2020 para cerca de 400 Mtep em 2050 em todos cenários.

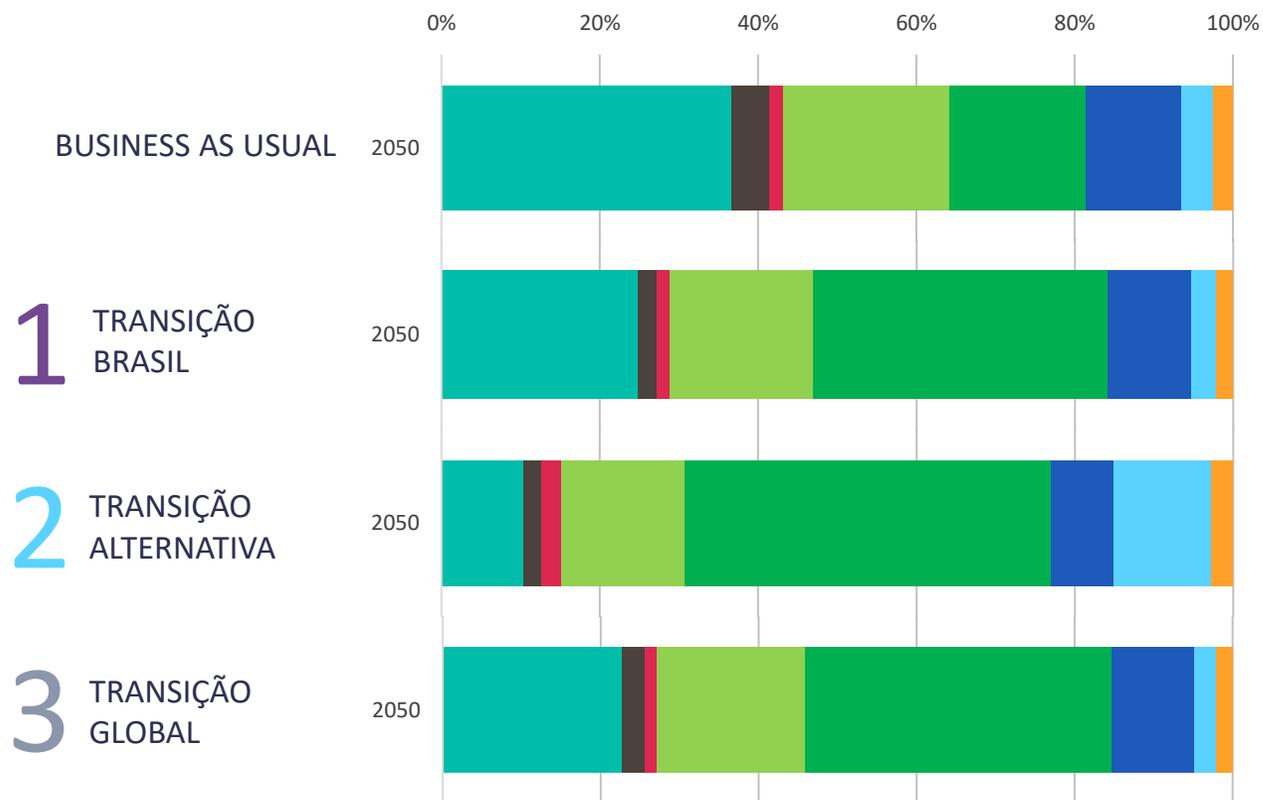
Em todos os cenários haverá queda da utilização de combustíveis fósseis e aumento do uso de fontes renováveis.

As fontes renováveis superarão a participação de 70% de demanda de energia primária.

A biomassa será a fonte que ganhará maior participação na matriz energética brasileira, seguida por eólica e solar.

O óleo e gás será a fonte que mais reduzirá sua participação.

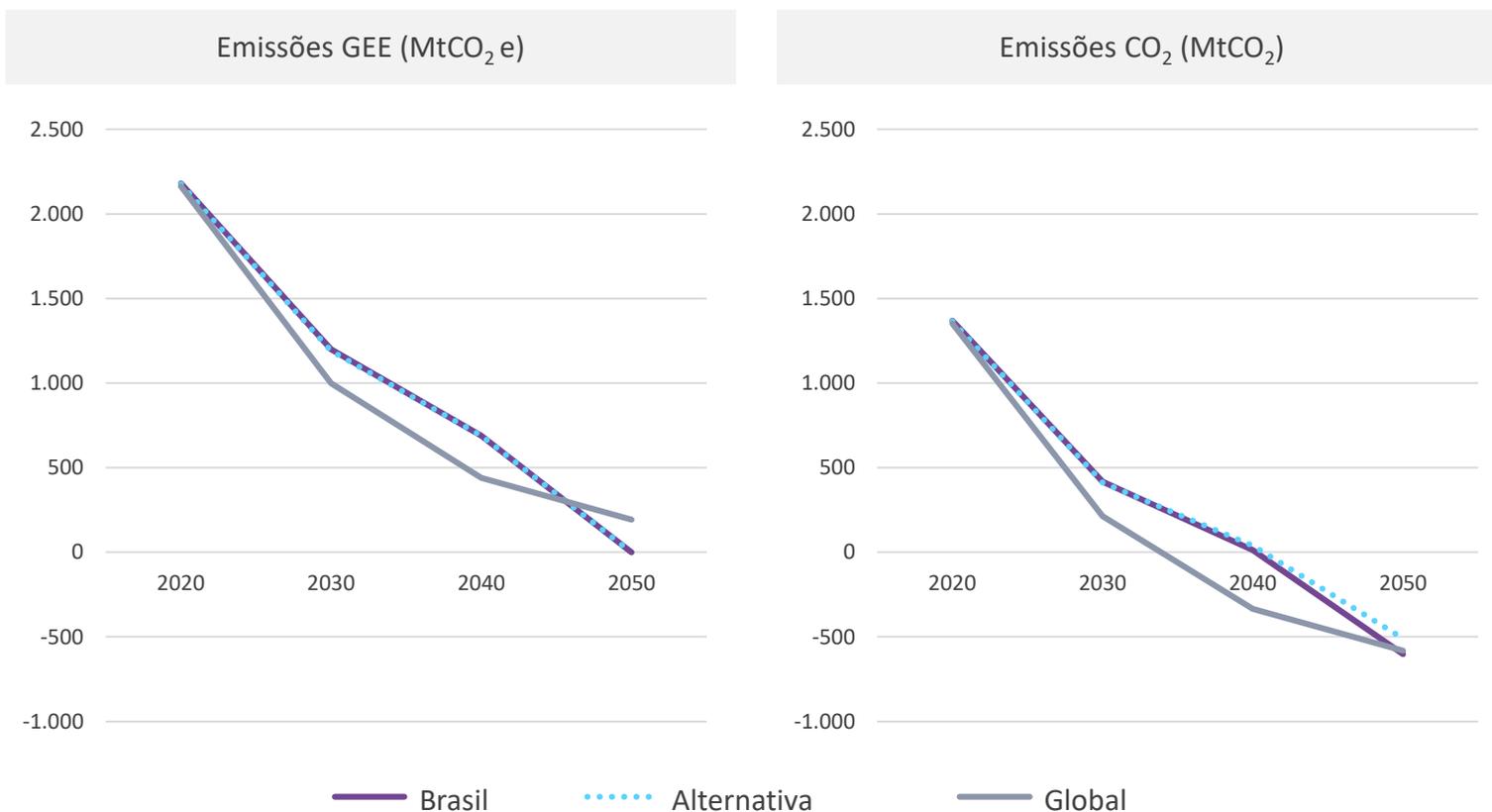
Energia primária por fonte em 2050



- Óleo e Gás
- Carvão
- Nuclear
- Cana de Açúcar
- Biomassa
- Hidro
- Eólica
- Solar

EMISSÕES: URGÊNCIA DE AÇÃO

Os cenários buscaram a neutralidade de gases de efeito estufa (GEE) em 2050, sendo necessário atingir a neutralidade de carbono (CO₂) em torno de 2040, ou seja, dez anos antes da meta do país.



PONTO DE ATENÇÃO

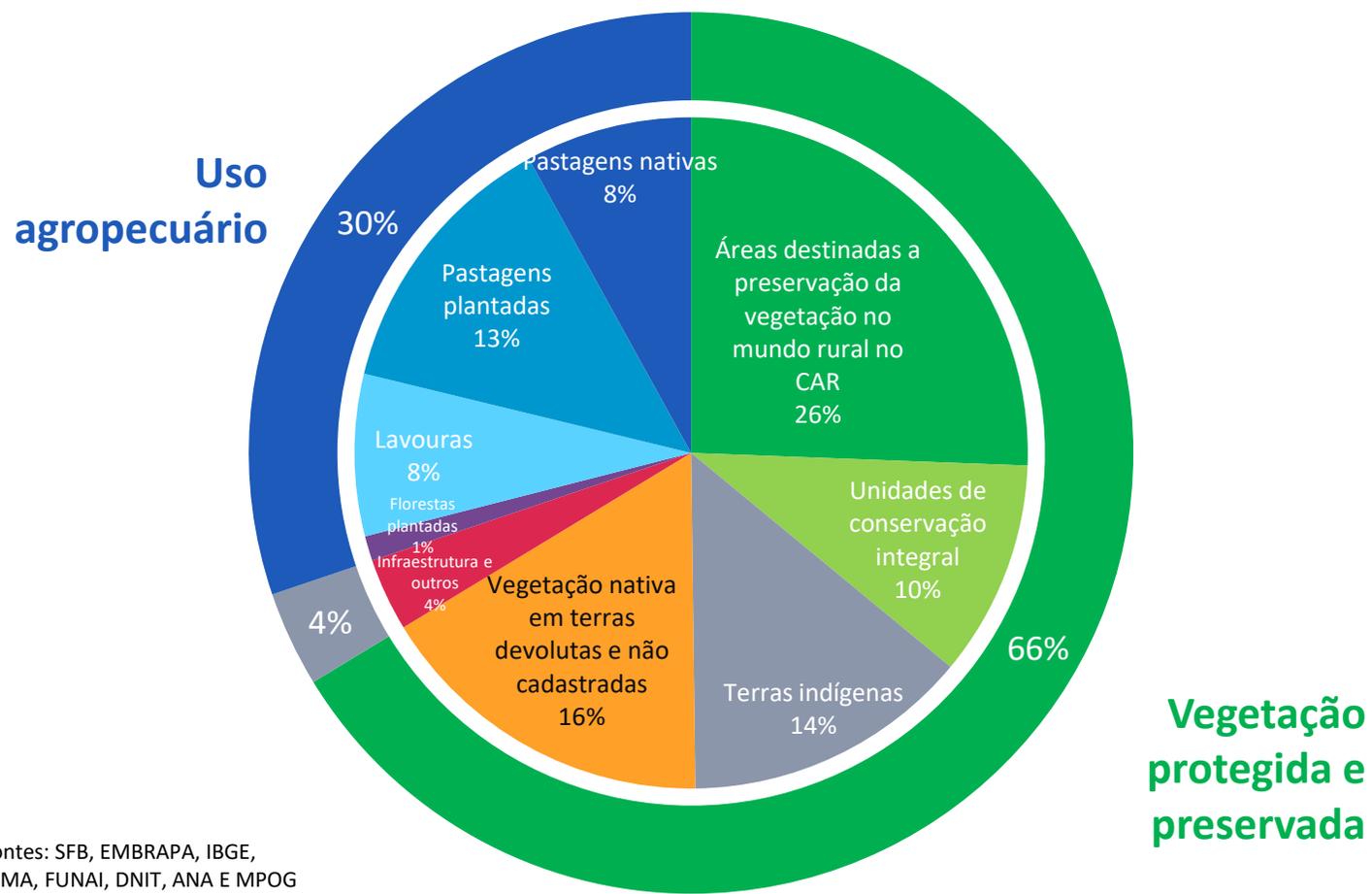
- O modelo não encontrou uma solução tecnicamente viável e realista para neutralidade em 2050 sem que o desmatamento ilegal seja zerado até o final desta década. Sendo essa uma **condição necessária para a neutralidade no Brasil**.
- Acabar com o desmatamento ilegal evitará 21 Gt CO₂ em emissões até 2050.
- Caso não seja evitado, alcançar a neutralidade implicará um custo de compensação que pode chegar a US\$ 3,4 trilhões a fim de atingir os compromissos assumidos na NDC do Brasil.

EMISSÕES: USO DO SOLO

Destaca-se a grande dimensão das áreas dedicadas à preservação e à proteção da vegetação nativa, no total dos usos e ocupação das terras no Brasil.

Não há competição entre agroenergia e alimentos no Brasil hoje.

Quantificação territorial dos usos e ocupação das terras no Brasil, 2018



Fontes: SFB, EMBRAPA, IBGE, MMA, FUNAI, DNIT, ANA E MPOG

USO DO TERRA

Na trajetória de neutralidade brasileira é possível conciliar objetivos: agropecuários, energéticos e ambientais.

Remoção de CO₂

30%
(IPCC)

Oportunidades de soluções baseadas na natureza (NBS) no Brasil

20%
do total dos países tropicais
(Griscom et al, 2020)

Reflorestamento

40 Mha
Cenário TA

Recuperação

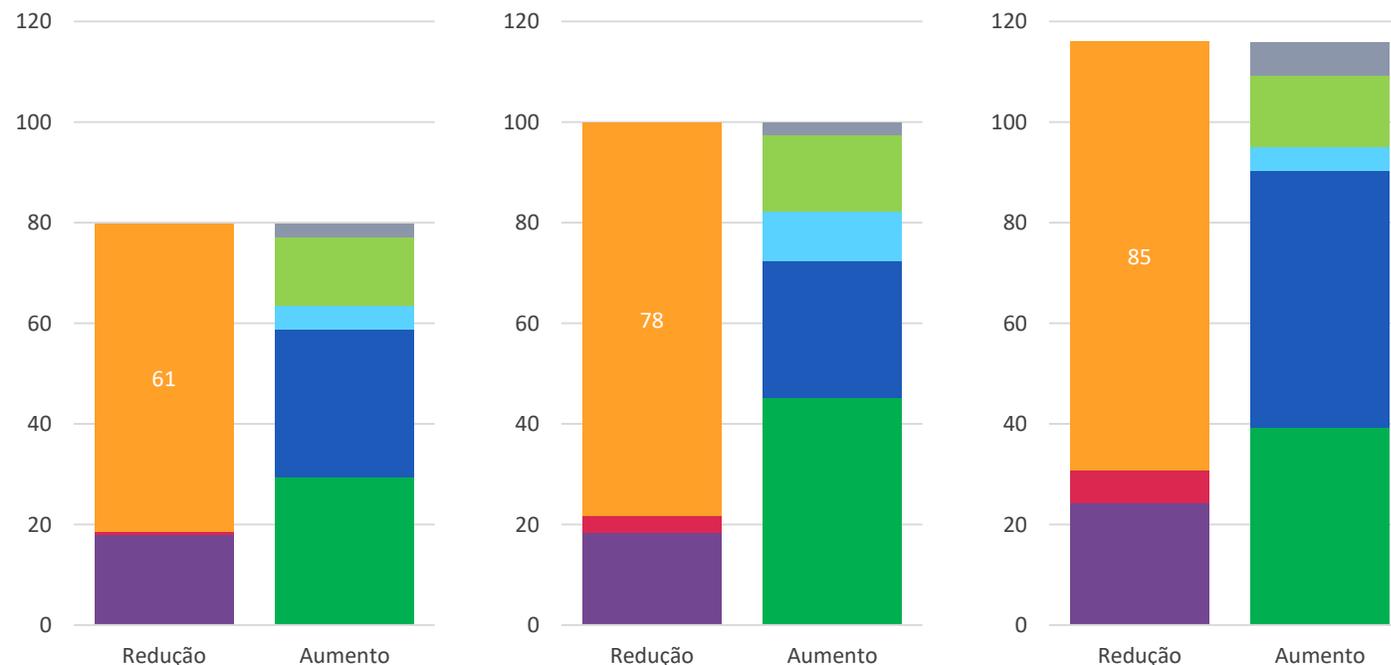
27 Mha
Cenário TA

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Mudanças no uso da terra (Mha) em 2050



- Pastagem degradada ● Monocultura ● Savana
- Floresta ● Pastagem saudável ● Integração Lavoura-Pecuária (ILP)
- Sistemas agroflorestais ● Cultivo Duplo

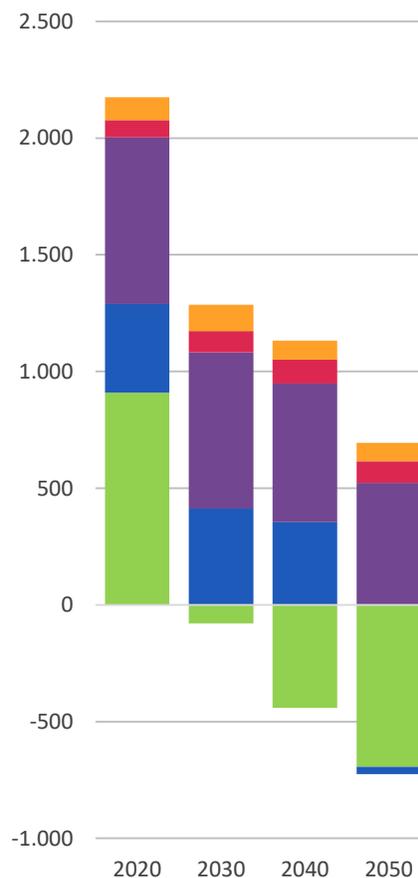
EMISSÕES

As mudanças estruturais apresentadas nos setores de oferta e demanda de energia são parte da transição energética necessária para alcançar a neutralidade climática.

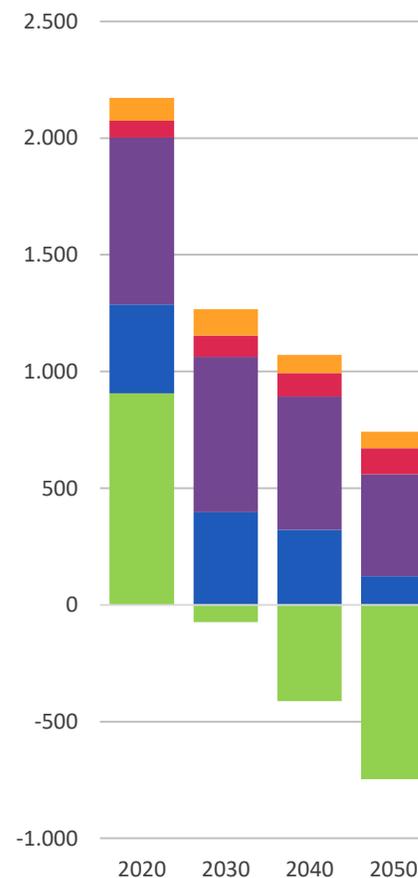
Além da eliminação das emissões decorrentes do uso de energia é necessário promover as NBS, que em 2050, devem proporcionar emissões negativas da ordem de 562-747 Mton.

Nas trajetórias de neutralidade, serão evitadas aproximadamente 30 bilhões de toneladas de CO₂ equivalente para os cenários TB e TA e 40 bilhões de toneladas de CO₂ equivalente para o cenário TG.

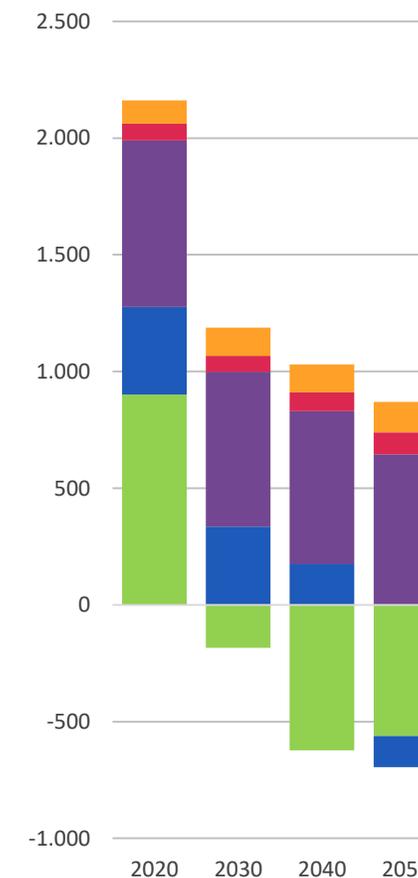
1 TRANSIÇÃO BRASIL



2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA



3 TRANSIÇÃO GLOBAL



- Uso da terra ● Energia
- Não-CO₂ (Metano, Óxido nitroso, Clorofluorcarbonos, etc.)
- Processos ● Resíduos

SETOR ELÉTRICO

O cenário Transição Alternativa tem uma maior demanda de eletricidade a ser atendida e um menor fator de despacho das usinas hidrelétricas. De modo que as fontes Solar, Eólica e Nuclear apresentam uma expansão maior neste cenário

Adição de capacidade solar 2020-50 (GW)

	BRASIL	ALTERN.	GLOBAL
Adição solar	56	70	56
Centralizada	15	30	15
Distribuída	40	40	40
% da adição líq. Total	81%	31%	86%

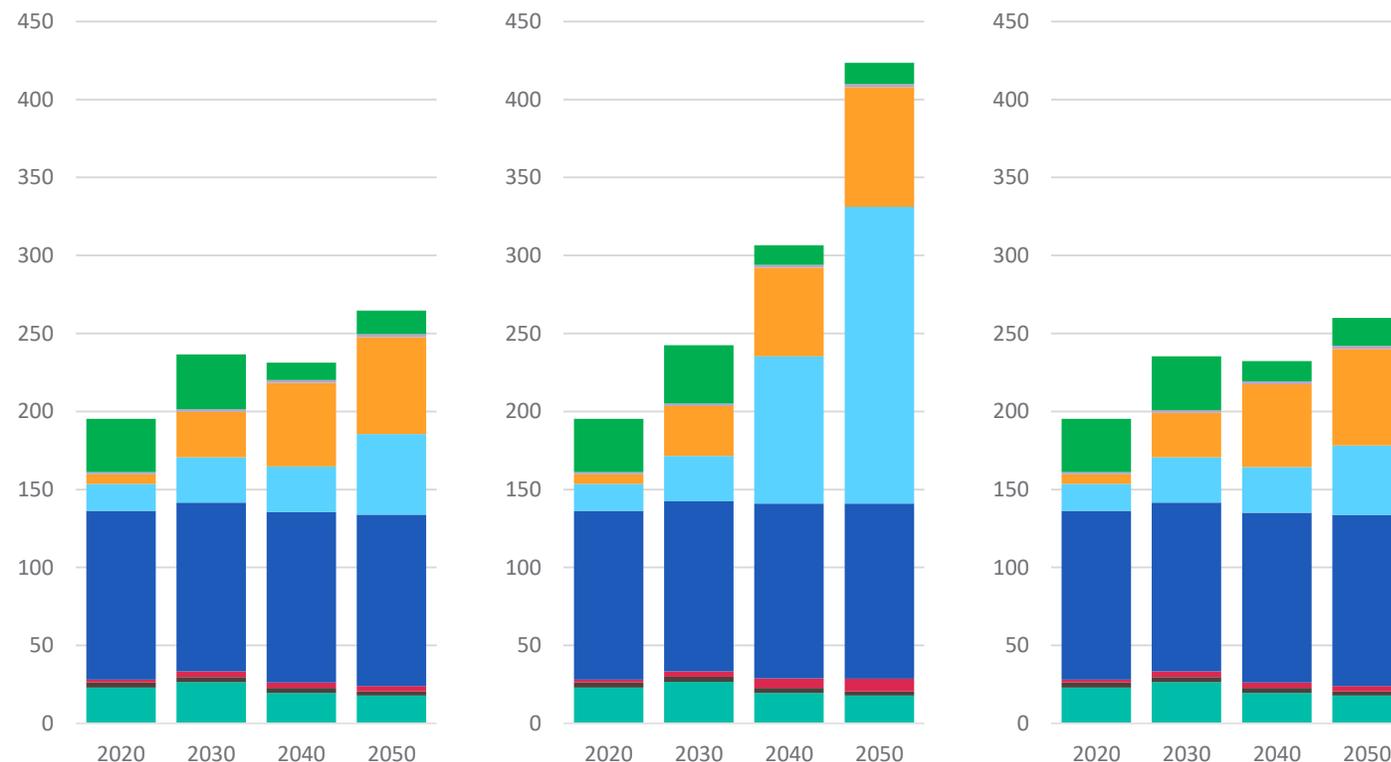
A fonte nuclear alcança 8 GW de potência, em 2050, no cenário TA.

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Capacidade Instalada (GW)



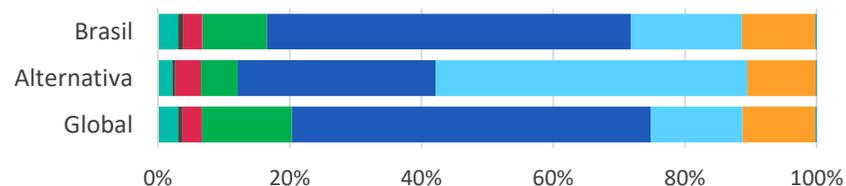
GERAÇÃO ELÉTRICA

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Participação da geração em 2050



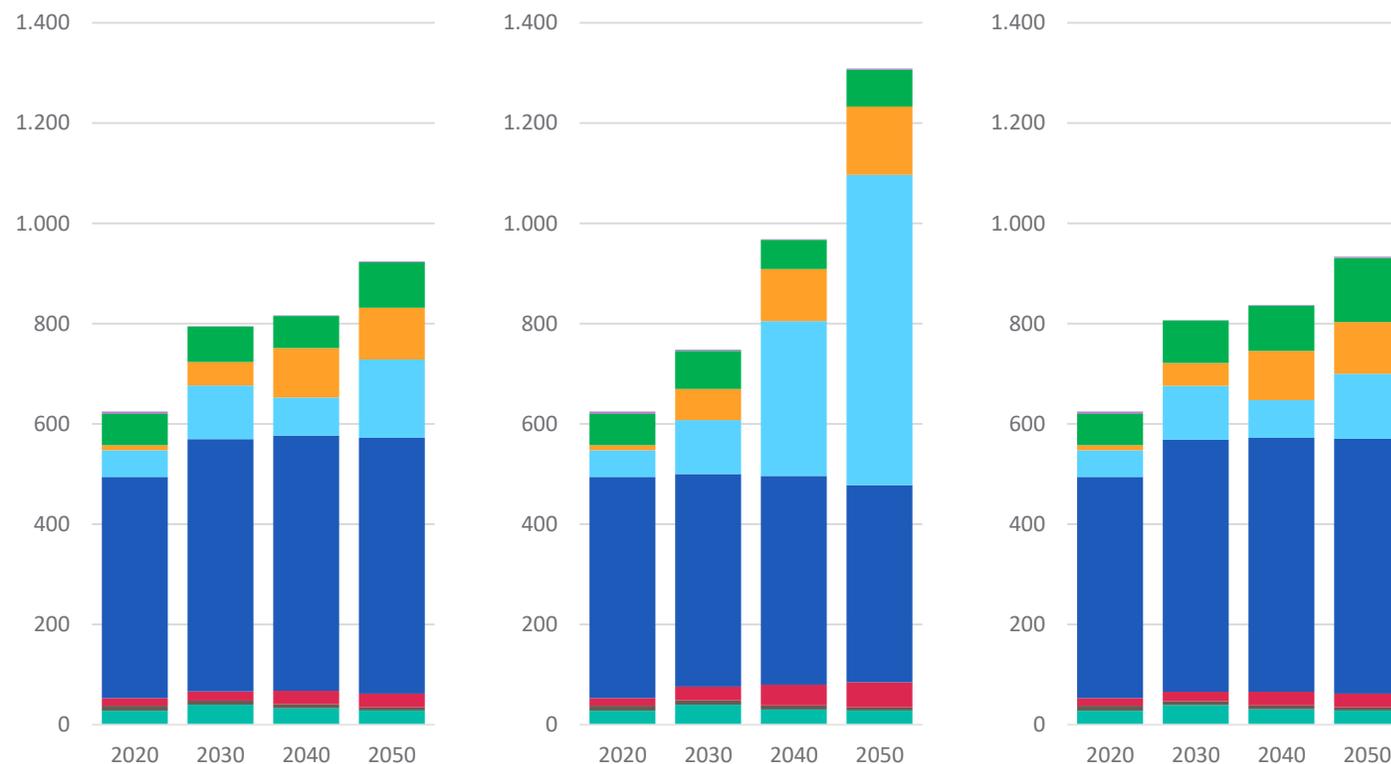
Parte da geração a partir da biomassa nos cenários Brasil e Global está associada a CCS.

Adição de geração elétrica 2020-2050 (TWh)

	BRASIL	ALTERN.	GLOBAL
Biomassa	+11	+12	-19
Biomassa CCS	+18	-	+85
Eólica	+102	+565	+76

Em todos os cenários o gás natural perde participação na matriz elétrica, mas em termos absolutos, apresenta uma geração em 2050 superior à realizada em 2020.

Geração elétrica (TWh)



SETOR ELÉTRICO

1 TRANSIÇÃO BRASIL

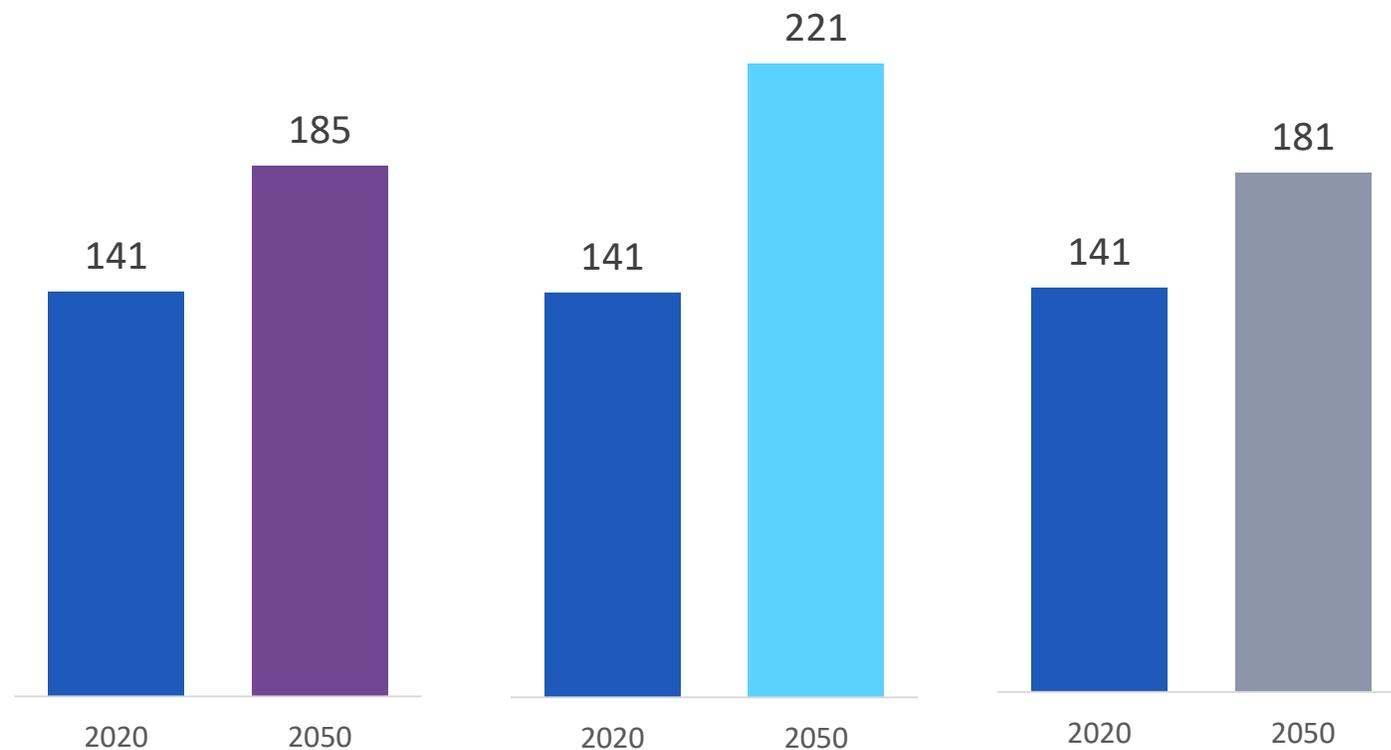
2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Necessidade de expansão das linhas de transmissão e do intercâmbio de energia entre os subsistemas do Sistema Interligado Nacional (SIN).

A capacidade de transmissão requerida é função não apenas do fluxo de eletricidade mas também do tipo de geração. Por isso, no cenário Transição Alternativa, em que destaca-se a geração eólica, há maior demanda por linhas de transmissão, com expansão de 57% da capacidade em 2050, comparado a 2020.

Capacidade de Transmissão (GW)

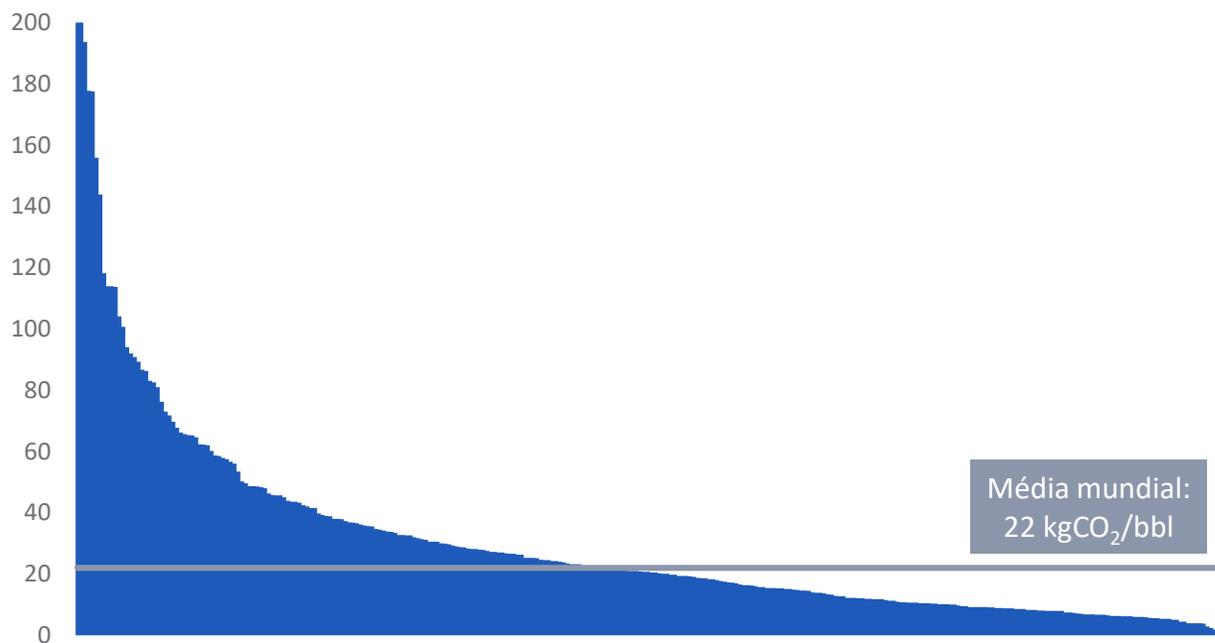


PETRÓLEO

O petróleo brasileiro apresenta tripla resiliência (técnica, econômica e ambiental), sendo um óleo majoritariamente médio e de baixo teor de enxofre. Também é um dos que tem menor intensidade de carbono no mercado internacional: a média do petróleo no mundo é de 22 quilos de CO₂ por barril de óleo equivalente produzido (kg CO₂/b), enquanto a do Brasil é de cerca de 15 kg CO₂ eq/b (sendo que o pré-sal chega a 10kg CO₂ eq/b).

O petróleo continua como vetor para atender a segurança energética dos países ao longo da transição energética. No longo prazo, cenários que projetam a neutralidade em carbono global indicam a manutenção de uma demanda remanescente por petróleo, a fim de satisfazer as demandas dos setores de difícil de descarbonização e para fins não energéticos.

Intensidade de carbono do petróleo no mundo (kg CO₂ por barril)



Fonte: Rystad, 2022

PETRÓLEO

Redução do consumo de petróleo na economia brasileira. Por outro lado, indicação de aumento da produção nacional, voltada ao atendimento da demanda externa.

O aumento da produção sustenta-se na tripla resiliência do petróleo brasileiro. A produção nacional desloca outros óleos internacionais com maior pegada de carbono, contribuindo assim para mitigar emissões de GEE.

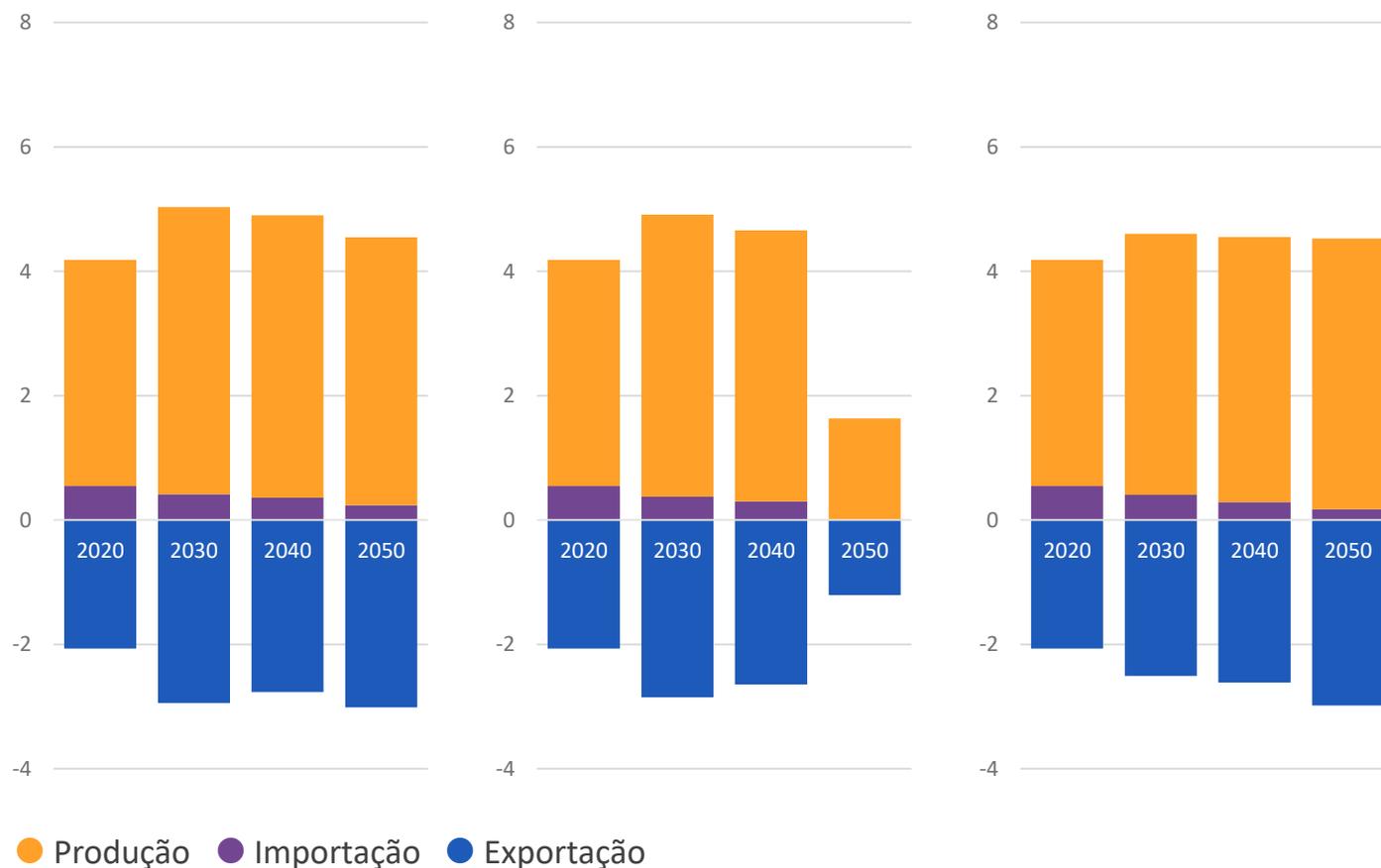
A participação da demanda doméstica de derivados de petróleo de uso não-energético em 2050 é de 12,3%.

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Volume de petróleo (Mbbbl/d)



GÁS NATURAL

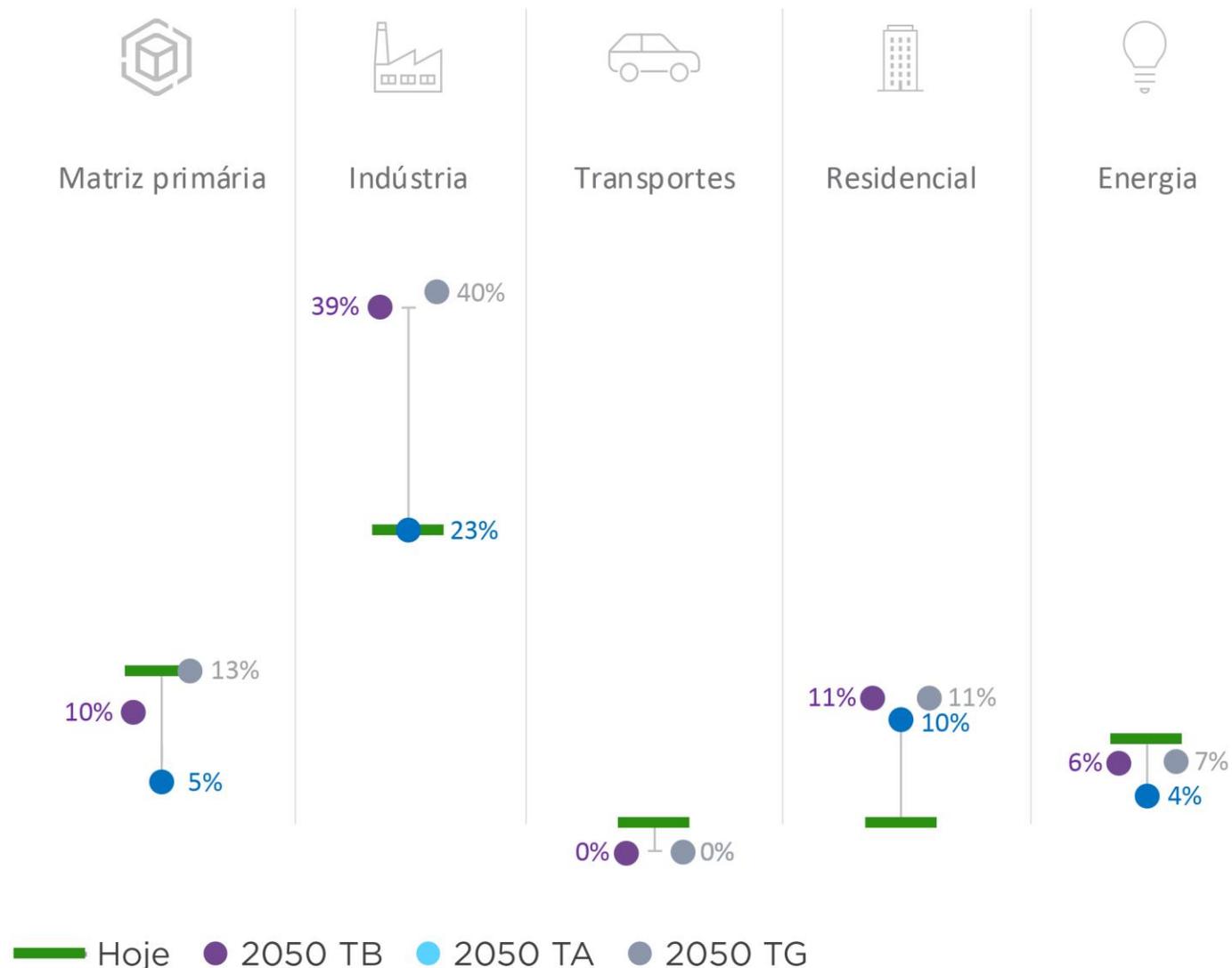
Como o gás natural no Brasil é majoritariamente associado, a produção de gás natural segue comportamento similar a produção de Petróleo, com aumento em 2050, com relação a 2020, nos cenários Brasil e Global e queda no cenário Alternativo.

Em todos os cenários a produção é voltada para o mercado interno.

O consumo final de GN perde sua relevância no setor elétrico, mas se intensifica nas edificações e na indústria, puxado pelos setores de química, cimento, cerâmica, entre outros.

No segmento de transportes, observa-se que o gás continua a ser marginal no setor.

Participação do gás na matriz energética em 2050



PARQUE DE REFINO

O fator de utilização nas refinarias do petróleo se reduz de 84%, em 2020, para 70% no cenário Brasil, e 74% no cenário Global em 2050. No cenário Alternativa observa-se uma queda drástica no fator de utilização em virtude do grau de eletrificação da frota.

Em todos os cenários, o fator de utilização é majorado devido à introdução, em refinarias com HDT e FCC, de coprocessamento de óleo vegetal, óleo residual (UCOS) e óleo de pirólise, alcançando, em 2050, em torno de 10% de conteúdo de biomassa nos inputs do coprocessamento

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Fator de utilização das refinarias



● Processamento de petróleo ● Coprocessamento e diesel verde

BIO-COMBUSTÍVEIS

Os biocombustíveis convencionais (etanol e biodiesel) crescem em quase todos os cenários, respondendo pela maior parcela dos biocombustíveis até 2040.

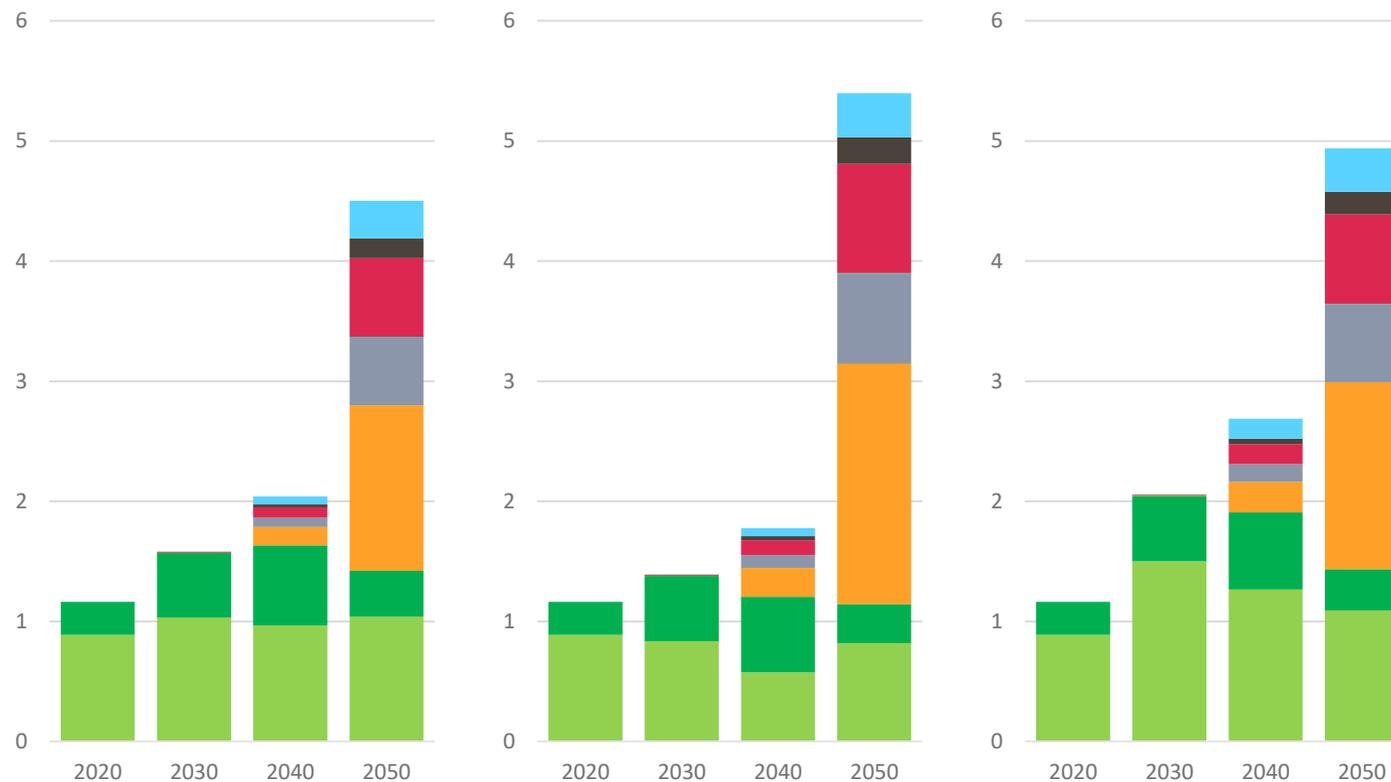
Os biocombustíveis avançados apresentam um aumento expressivo na última década, em especial, para o atendimento da demanda dos segmentos de transportes de difícil descarbonização, como o transporte de cargas, aéreo e marítimo.

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Produção de Biocombustíveis (EJ)



● Etanol ● Biodiesel ● Diesel verde e coprocessado ● BioGLP ● Bionafta
● Biobunker ● Bioquerosene

BIOMETANO

O biometano se mostra uma fonte importante para o atingimento das metas climáticas, com os três cenários alcançando em 2050, entre 17 e 18 Mm³/dia incrementais.

O Biometano tem um papel de descarbonizar o gás natural. Contribui ainda para o aproveitamento da infraestrutura de gás fóssil.

O biometano poderá potencializar o valor de térmicas, gasodutos, etc., que vierem a deixar de utilizar gás natural.

% de biometano na demanda de gás

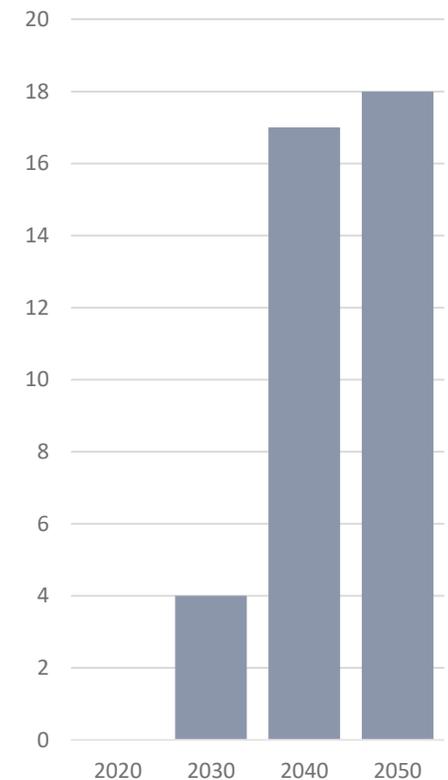
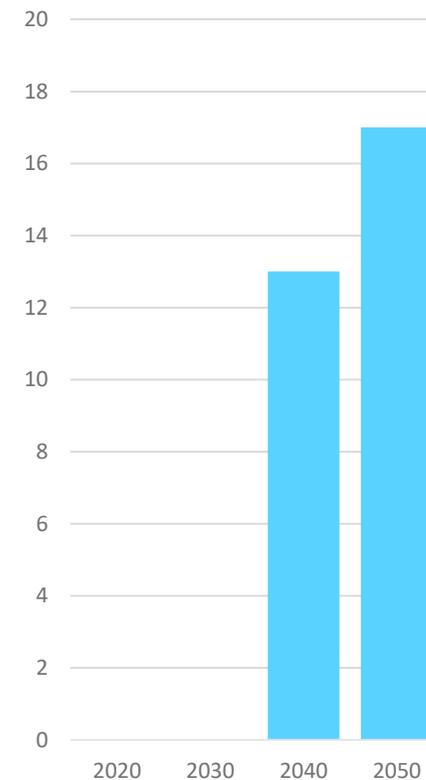
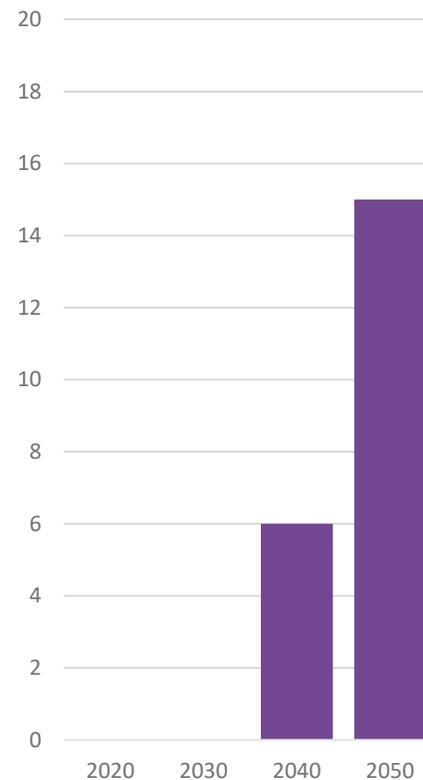
BRASIL	ALTERN.	GLOBAL
10%	19%	11%

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Incremento de Produção de Biometano (Mm³/d)



HIDROGÊNIO

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

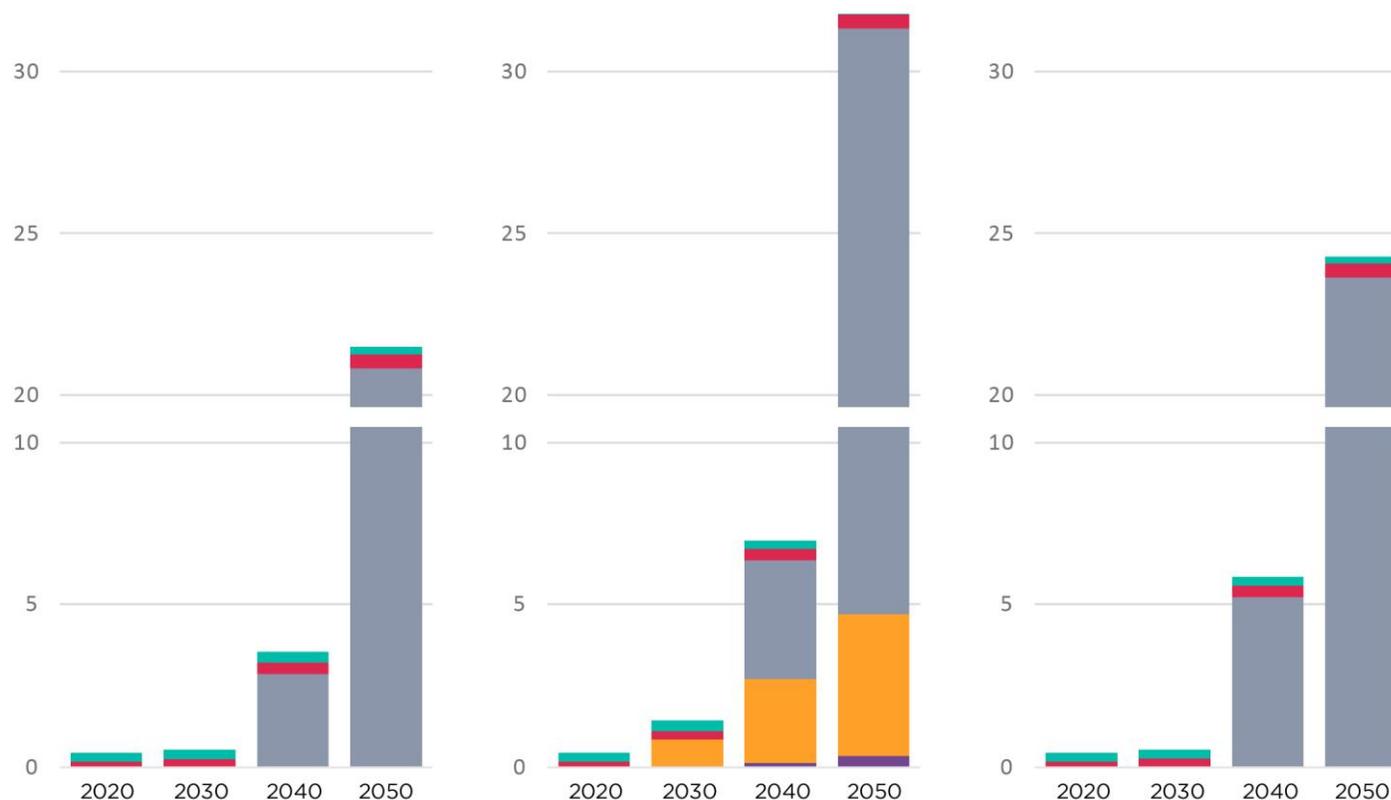
3 TRANSIÇÃO GLOBAL

O H₂ pode ser produzido a partir de diversas fontes de energia, como eletricidade, gás natural, biomassa (via eletricidade, gaseificação ou reforma, dependendo da biomassa e da cadeia de conversão).

Neste estudo, destaca-se a aplicação indireta do H₂, ao ser utilizado para produção de gás de síntese para produção dos biocombustíveis avançados.

No cenários de Transição Alternativa temos uma maior participação do H₂ de eletrólise para exportação.

Produção de Hidrogênio (Mt)



- Reforma do gás natural no refino
- Reforma do gás natural na indústria química
- Embutido em combustíveis sintéticos
- Eletrólise
- Biomassa

TRANSPORTES

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

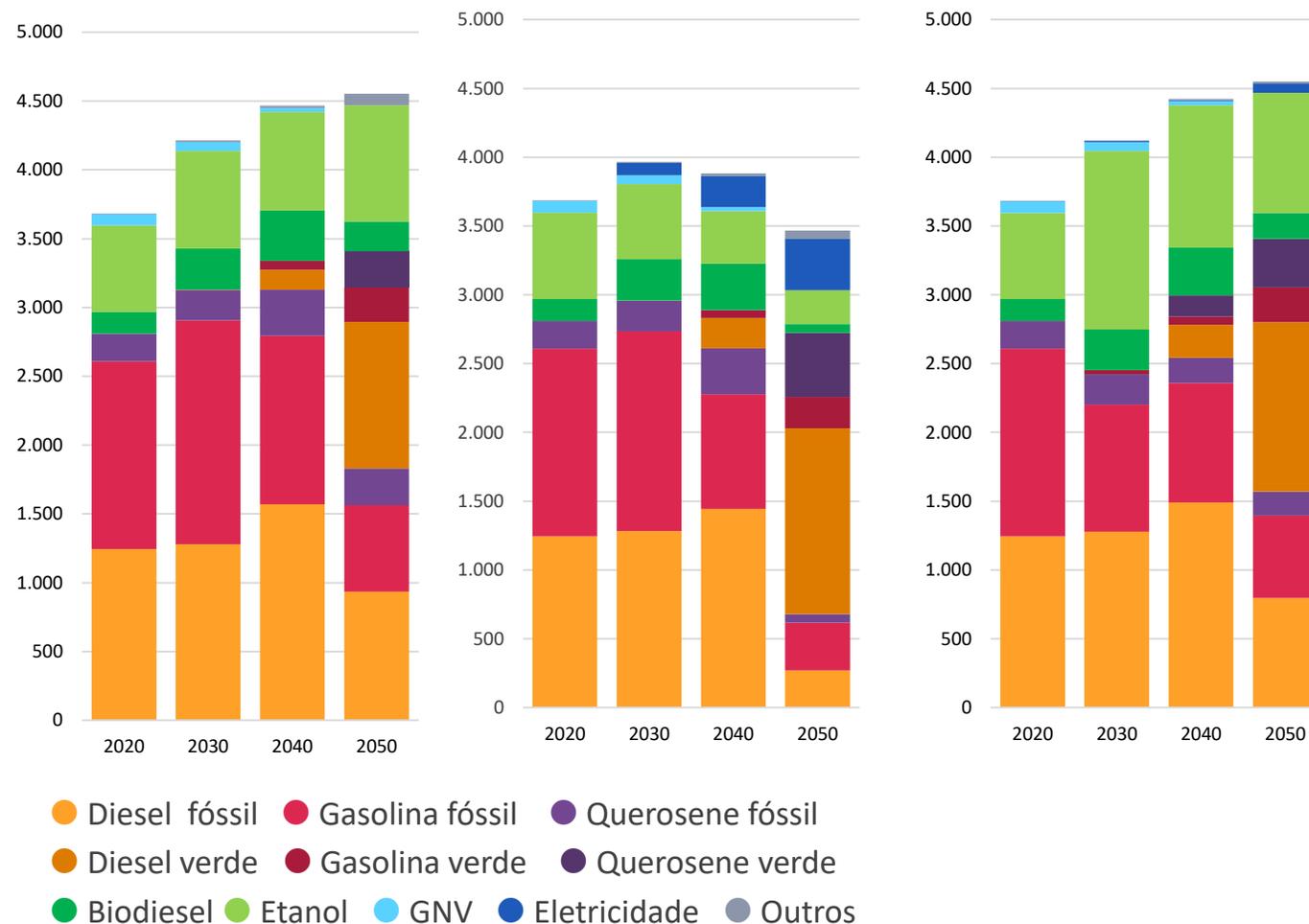
3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Em face desse imperativo de descarbonização do setor, duas alternativas tecnológicas se apresentam de forma inequívoca:

- (i) eletrificação da frota por meio da substituição dos veículos atualmente em circulação;
- (ii) a substituição dos combustíveis fósseis por biocombustíveis.

Ressalte-se que essas alternativas podem se complementar não só em nichos distintos de mercado (luxo x econômico), mas também se combinar (veículos híbridos flex, veículos a célula combustível de etanol, etc.).

Uso total pelo setor de transportes (PJ)



TRANSPORTE RODOVIÁRIO: PASSAGEIROS

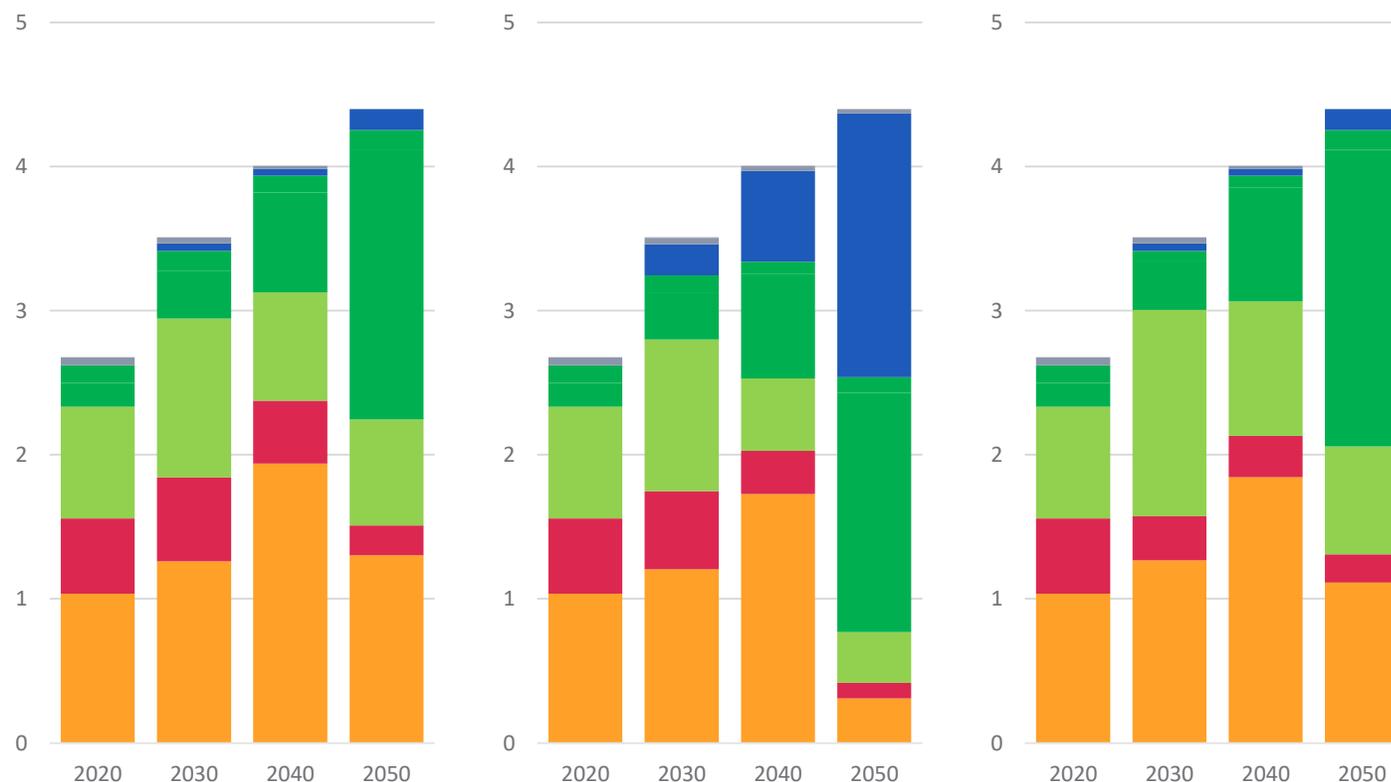
Nesse movimento de eletrificação do transporte rodoviário de passageiros no cenário TA, se destacam os ônibus urbanos e os comerciais leves, favorecidos pela previsibilidade de seus trajetos e regime de operação, bem como as motocicletas, por sua vida útil curta e seu baixo custo de substituição.

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Transporte rodoviário de passageiros (bilhões de passageiros-quilômetro transportados)



● Diesel (incluindo biodiesel) ● Gasolina ● Etanol
● Diesel verde e coprocessado e gasolina renovável ● Eletricidade
● Outros

TRANSPORTE RODOVIÁRIO: CARGA

O uso de energia do segmento de transporte de cargas do modal rodoviário concentra-se em caminhões de alta capacidade que transitam em trajetos longos. Movimentar cargas por longas distâncias torna a densidade de energia da fonte utilizada um elemento particularmente importante.

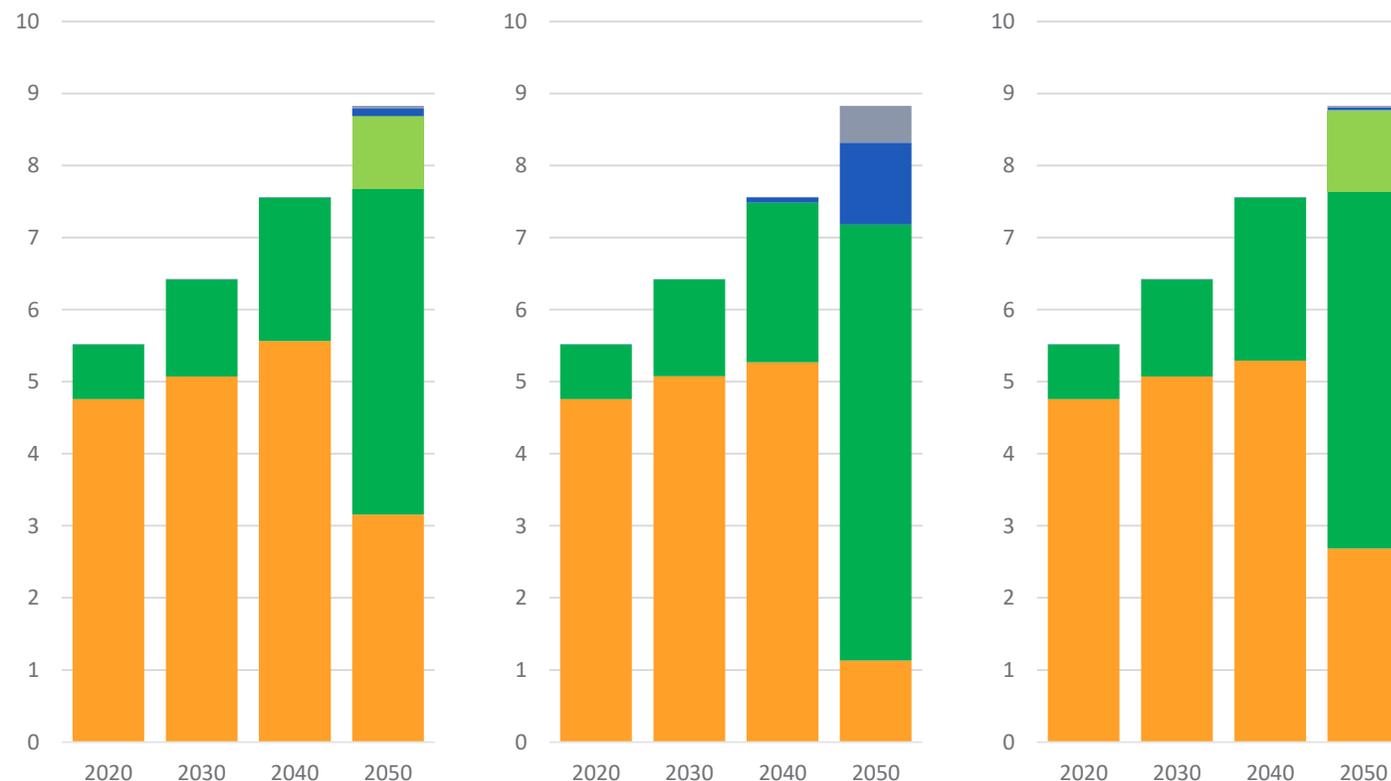
A densidade de energia das baterias ainda é significativamente menor do que a dos combustíveis líquidos, o que torna o emprego de células combustível uma alternativa de eletrificação preferencial nos cenários TB e TG. O emprego de baterias no transporte de cargas fica restrito ao cenário TA, onde a tecnologia se concentra em caminhões leves.

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Carga transportada (bilhões de toneladas-quilômetro transportados)



● Diesel (incluindo biodiesel) ● Diesel verde e coprocessado
● Etanol (célula combustível) ● Eletricidade ● Outros

INDÚSTRIA

1 TRANSIÇÃO BRASIL

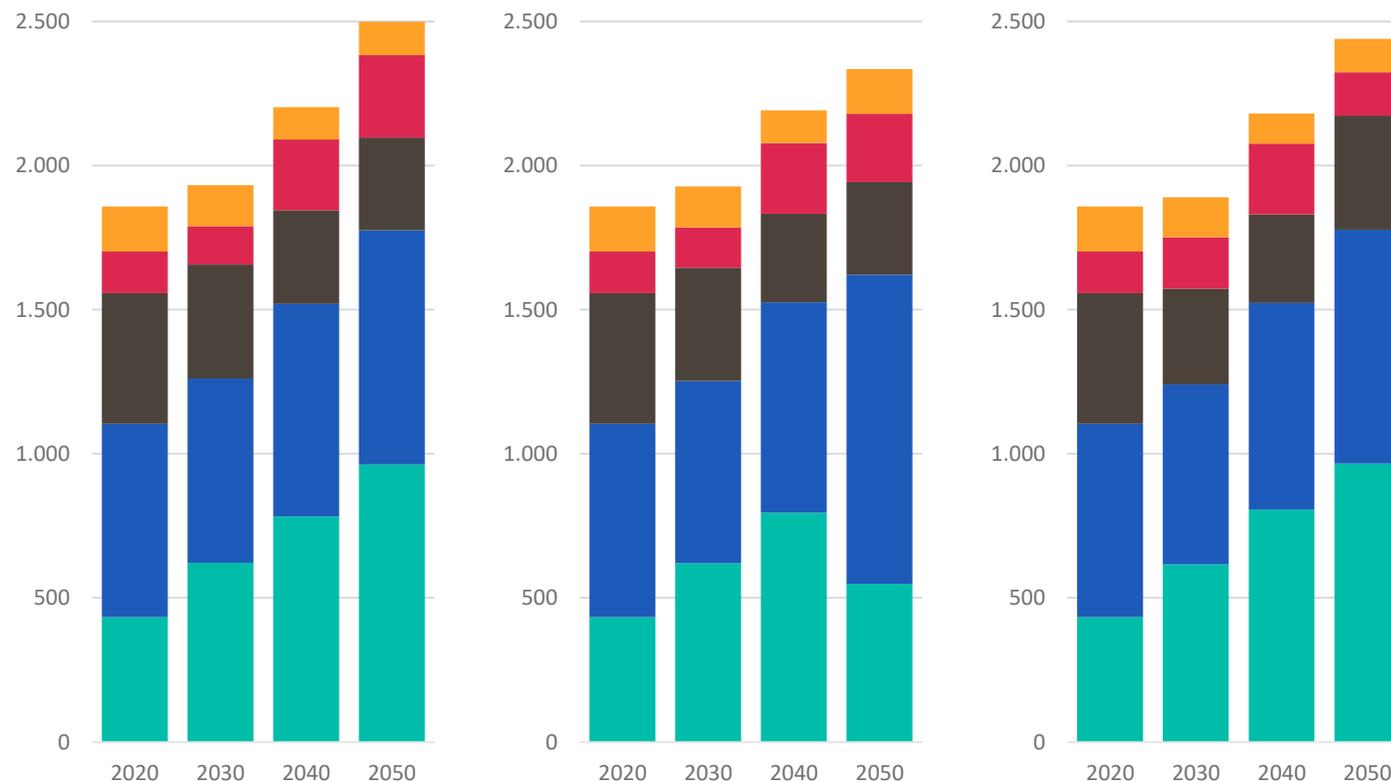
2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

O setor industrial contribui para as emissões totais do país tanto pela queima de combustíveis fósseis quanto por seus próprios processos produtivos.

Nesse último aspecto, os subsegmentos que mais emitem são a metalurgia e a fabricação de cimento. Além de serem os maiores emissores, apresentam também os maiores obstáculos tecnológicos à descarbonização, uma vez que as emissões são intrínsecas de seus próprios processos de fabricação.

Uso total de energia pelo setor industrial (PJ)



● Gás natural ● Eletricidade ● Carvão mineral e coque
● Carvão vegetal ● Derivados do petróleo

RESIDENCIAL E SERVIÇOS

A posse e o uso crescente de equipamentos, potencializados pela expansão da renda e pela ampla disseminação da telefonia móvel e da internet, bem como a rápida ampliação na área total edificada em países emergentes como o Brasil, apontam para a elevação da demanda de energia nesses segmentos.

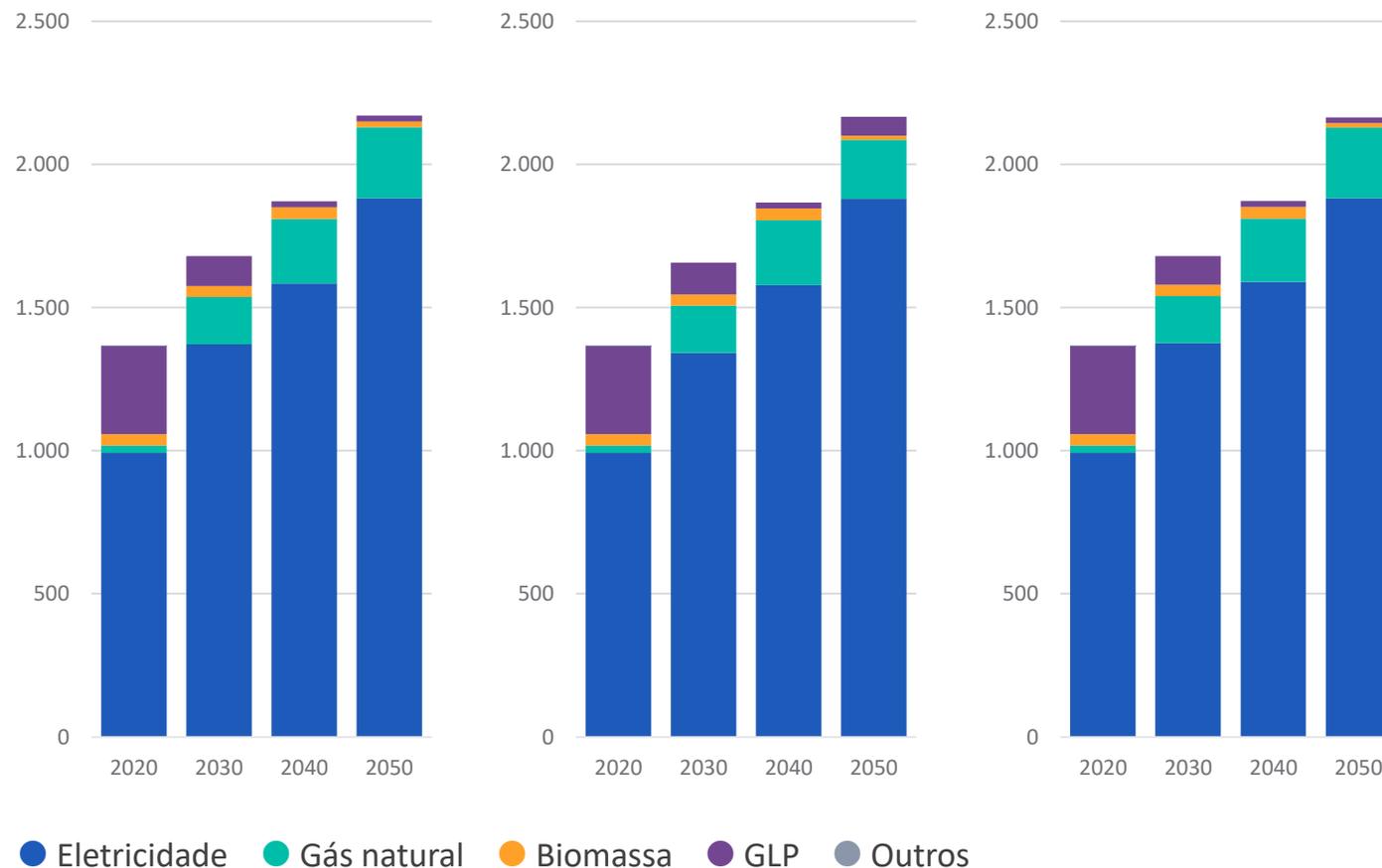
A eletricidade, que já se constitui em uma das principais fontes de suprimento no uso final do setor residencial, deve ter sua participação ampliada em todos os cenários. O aumento do poder de compra de uma classe média em expansão representa um importante vetor de crescimento na demanda por energia. O desafio da transição energética será conciliar essa tendência de crescimento na demanda com a sustentabilidade.

1 TRANSIÇÃO BRASIL

2 TRANSIÇÃO ALTERNATIVA

3 TRANSIÇÃO GLOBAL

Uso total de energia pelo setor residencial e de serviços (PJ)



RECOMENDAÇÕES (1/2)

1

Adotar agenda de política energética e desenho de mercados que criem condições para caminhos flexíveis de descarbonização, a fim de lidar com incertezas identificadas de cunho tecnológico e de mercado, e aproveitando as sinergias possíveis graças à diversidade de recursos energéticos do país, em linha com a abordagem da NDC do Brasil, que estabelece metas para o conjunto da economia (*economy-wide*).

2

Minimizar arrependimentos mediante abordagens de mercados abertos, diversos e competitivos, bem como permitindo inclusive a combinação e a competição entre soluções tecnológicas diversas (neutralidade tecnológica).

3

Harmonizar objetivos de desenvolvimento sustentável, transição energética e segurança energética, aproveitando o potencial de recursos e as oportunidades de mercado e inovação para o Brasil.

4

Aproveitar vantagens competitivas existentes no Brasil para construir e financiar vantagens competitivas do amanhã, requalificando ativos e migrando expertises no sentido da transição energética de indústrias de O&G, biocombustíveis, renováveis e nuclear (co-queima com renováveis, novos energéticos descarbonizados, sinergia de projetos com renováveis, novos propósitos para infraestrutura e ativos, financiamento de novos negócios etc.).

5

Cumprir objetivos/metasp já estabelecidas pelo país em linha com o compromisso de neutralidade climática (líquida), como zerar o desmatamento ilegal até 2028, recuperar áreas degradadas, reduzir as emissões fugitivas de metano, descarbonização de combustíveis, entre outros.

RECOMENDAÇÕES (2/2)

6

Assegurar que o setor energético brasileiro tenha uma transição justa, inclusiva e custo-efetiva, sem que precise contrabalançar emissões de GEE relacionados a uso do solo e florestas e pecuária extensiva, o que implicaria custos mais elevados para a sociedade e a economia brasileira.

7

Aperfeiçoar ou estabelecer arcabouços institucional, legal e regulatório que promovam o desenvolvimento e adoção de tecnologias e modelos de negócios com foco na redução de emissões e remoção de carbono de emissões de gases de efeito estufa. Em particular, é fundamental estabelecer ou aperfeiçoar arcabouços para CCS (chave para BECCS e papel de O&G na transição energética), renováveis para geração elétrica, biocombustíveis avançados, novos energéticos (hidrogênio de baixo carbono, combustíveis sintéticos, etc.), armazenamento de energia e precificação de carbono, bem como para a adoção de novas tecnologias de uso-final (inclusive eletrificação do transporte, novas aplicações nas indústrias etc.).

8

Mapear, detalhar e disseminar informações sobre potencial técnico, econômico e de mercado para as alternativas identificadas nos diferentes cenários. Sobretudo, CCS, renováveis para geração elétrica, biocombustíveis avançados e hidrogênio.

9

Aprofundar estudos sobre resiliência climática das soluções energéticas encontradas no projeto. Em particular para hidrelétricas, eólica, solar e biocombustíveis (agricultura energética).