

Perspectivas do CCS no Planejamento para a Transição Energética

Nathália Castro

Superintendência de Petróleo e Gás Natural

Diretoria de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

COMBUSTÍVEL DO FUTURO
WORKSHOP CCS, CCUS e
BECCS

Painel 1
Regulação e Planejamento para o CCS no
Brasil

Brasília, Julho de 2025



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

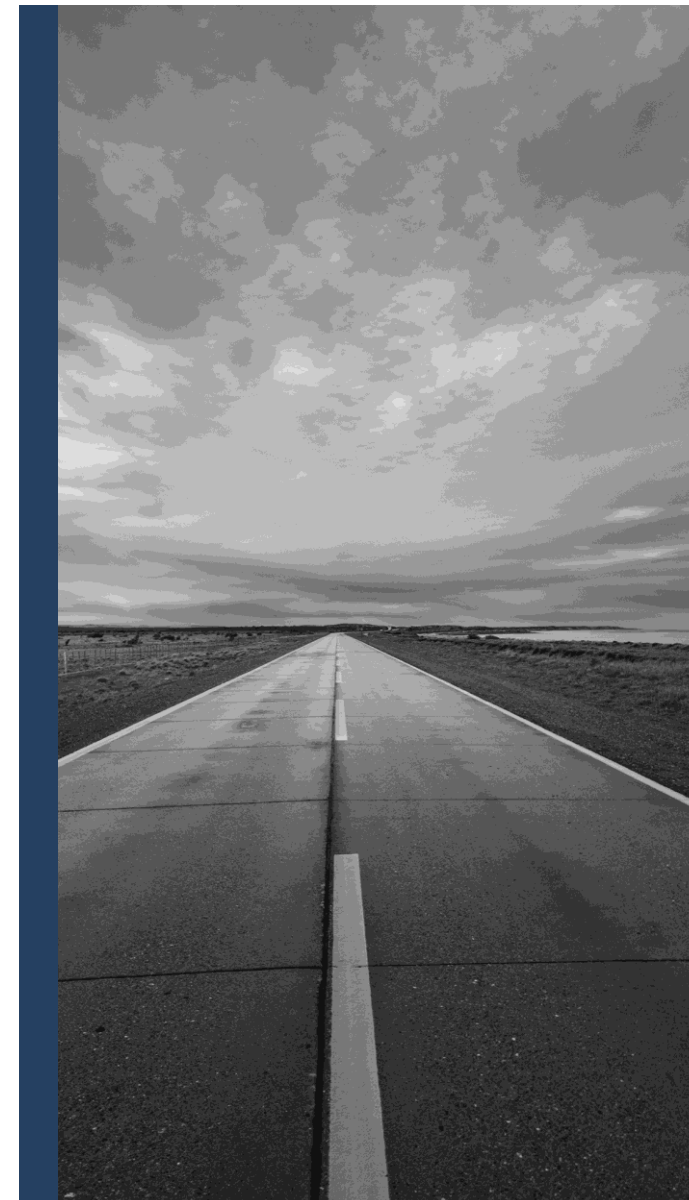


AVISO

As informações fornecidas nesta publicação refletem a visão da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Contudo, o conteúdo exposto envolve uma gama de riscos e incertezas conhecidos e desconhecidos e, portanto, os dados e as análises aqui contidas devem ser usados para fins de referência, não sendo garantia de realizações e acontecimentos futuros.

Este documento possui caráter informativo, sendo destinado a subsidiar o planejamento do setor energético nacional. Logo, quaisquer decisões de encaminhamento (como formulação de políticas públicas, definição de diretrizes estratégicas, decisões de investimento ou estratégias de negócio) dependem de outras instituições públicas e privadas.

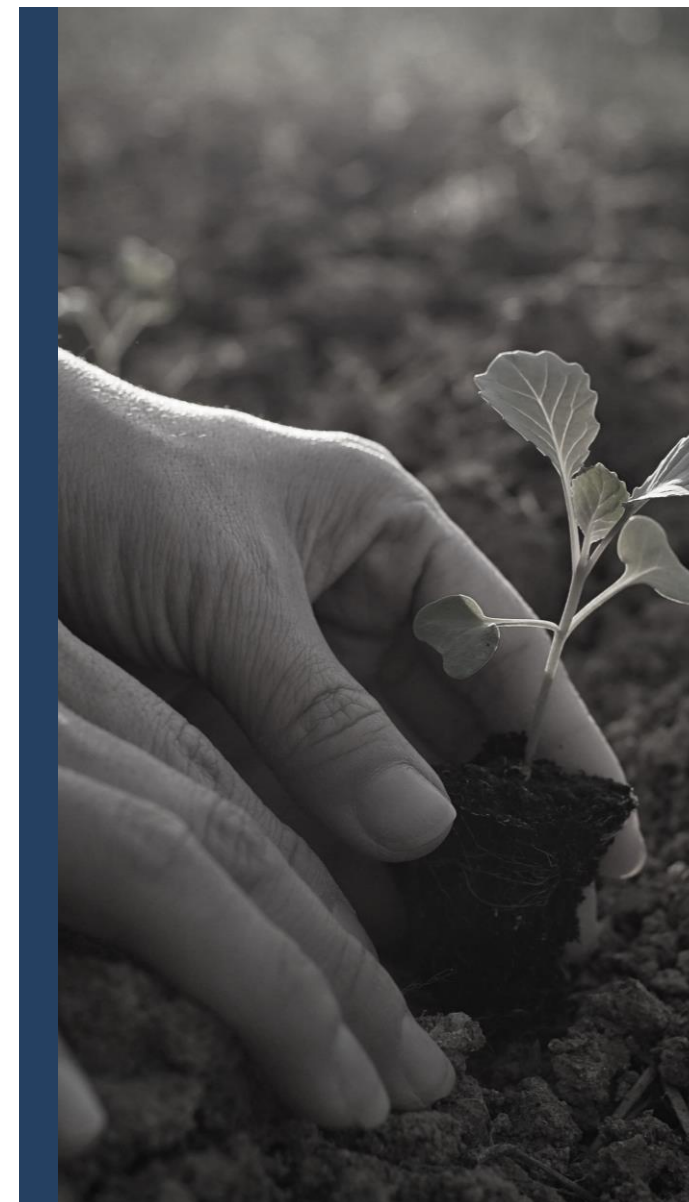
A EPE se exime de qualquer responsabilidade por ações e tomadas de decisão que possam ser realizadas por agentes econômicos ou qualquer pessoa com base nas informações contidas neste documento.

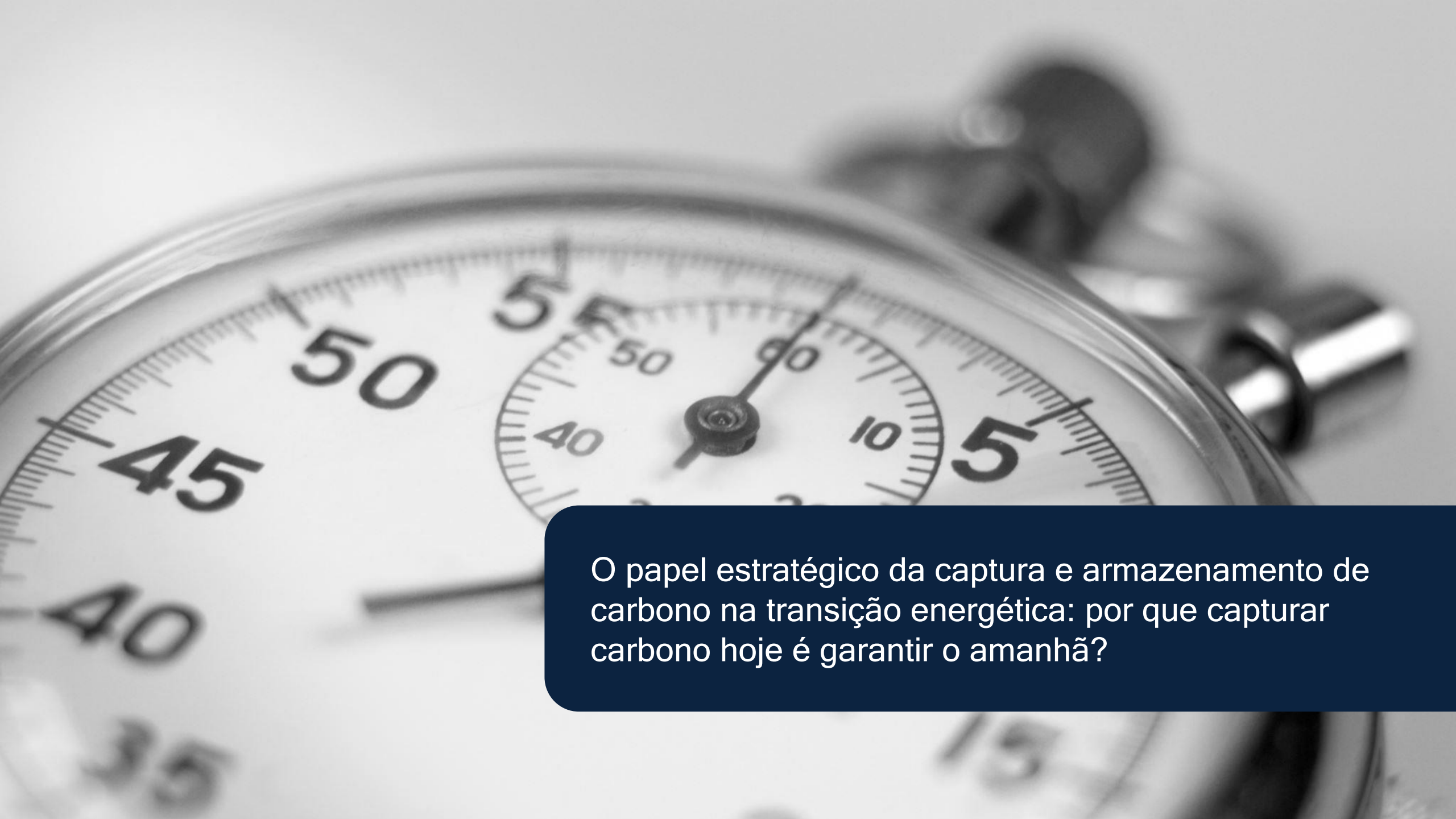


VALOR PÚBLICO

A EPE realiza estudos e pesquisas para subsidiar a formulação, implementação e avaliação da política e do planejamento energético brasileiro.

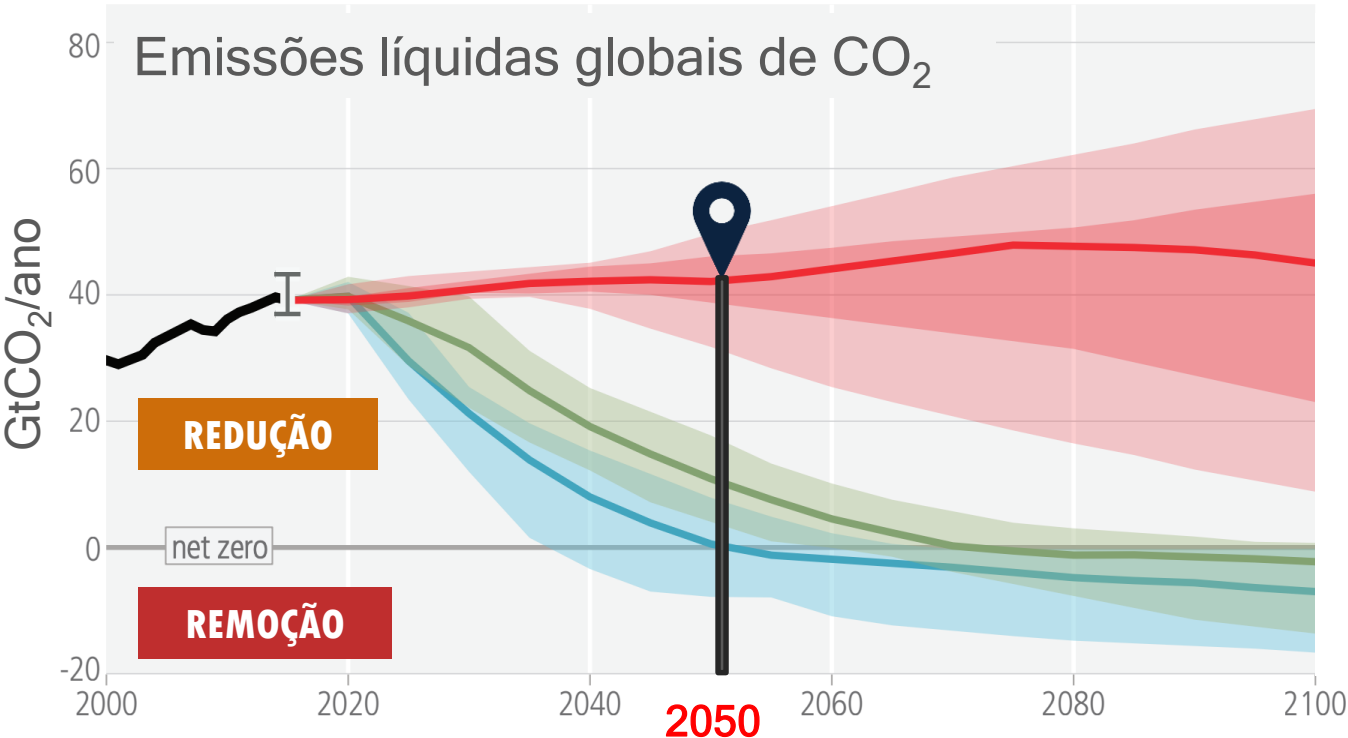
Com seus esforços, a EPE busca contribuir para o reconhecimento das oportunidades e desafios do desenvolvimento de diferentes rotas da captura e armazenamento geológico de carbono em território nacional. Além disso, busca trazer transparência acerca de dados e fatos que auxiliem na redução da assimetria de informação entre as diferentes instituições, agentes do setor de energia e sociedade.





O papel estratégico da captura e armazenamento de carbono na transição energética: por que capturar carbono hoje é garantir o amanhã?

A Dupla Estratégia do Clima

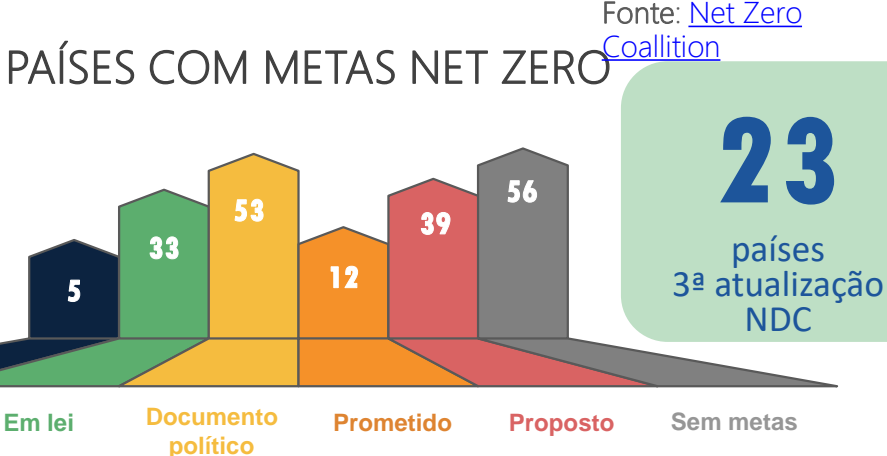


- Políticas implementadas (mediana com percentis 25-75% e 5-95%)
- Limitar o aquecimento a 2°C (>67%)
- Limitar o aquecimento a 1,5°C (>50%), sem ultrapassagem da temperatura programada ou com ultrapassagem limitada

— Emissões passadas (2000-2015)

I Faixa de modelos para as emissões de 2015

Fonte: [IPCC](#)



REDUÇÕES* NAS EMISSÕES GLOBAIS DE GEE PARA LIMITAR O AQUECIMENTO A 1,5°C



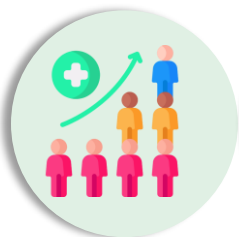
*Em relação aos valores de 2019

Fonte: [UNEP](#)

Para um mundo que precisará cada vez mais de energia



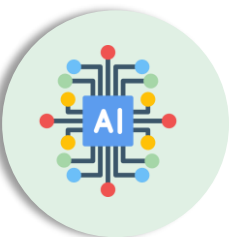
Crescimento
Econômico



Crescimento
Populacional



Extensão
da
urbanização



Novas
indústrias

83%

População global

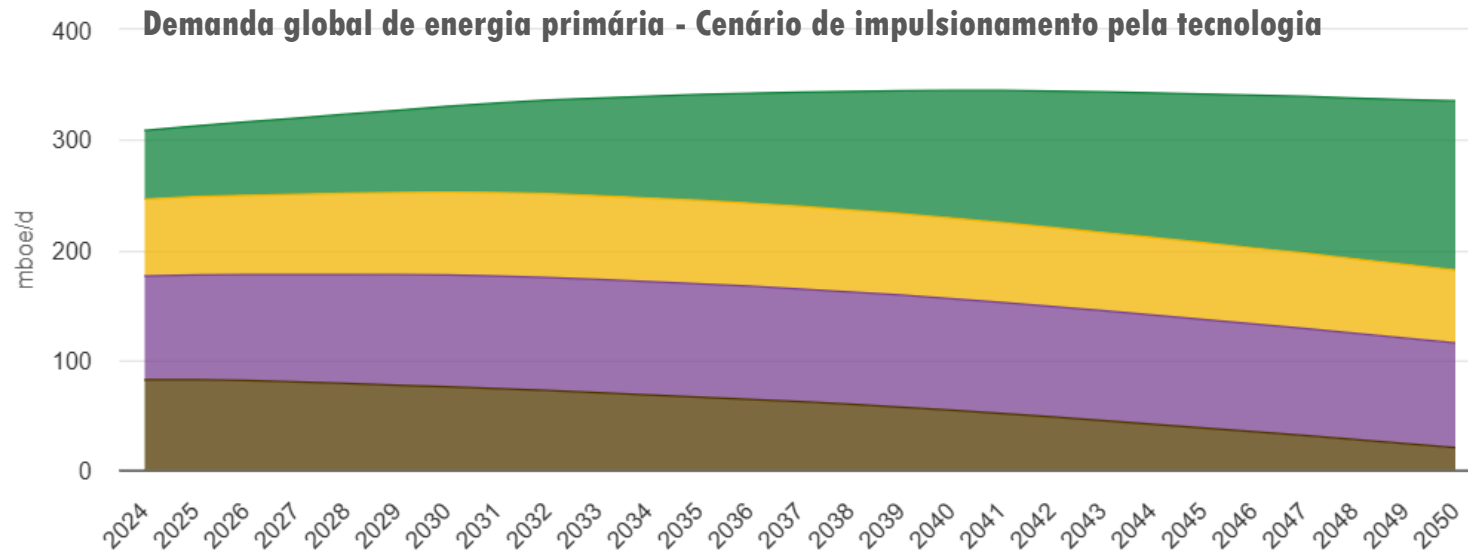
- A população não pertencente à OCDE¹ (157 países) concentrará quase toda a demanda por energia em crescimento durante o período.
- O futuro da energia tem diferentes significados e impactos!



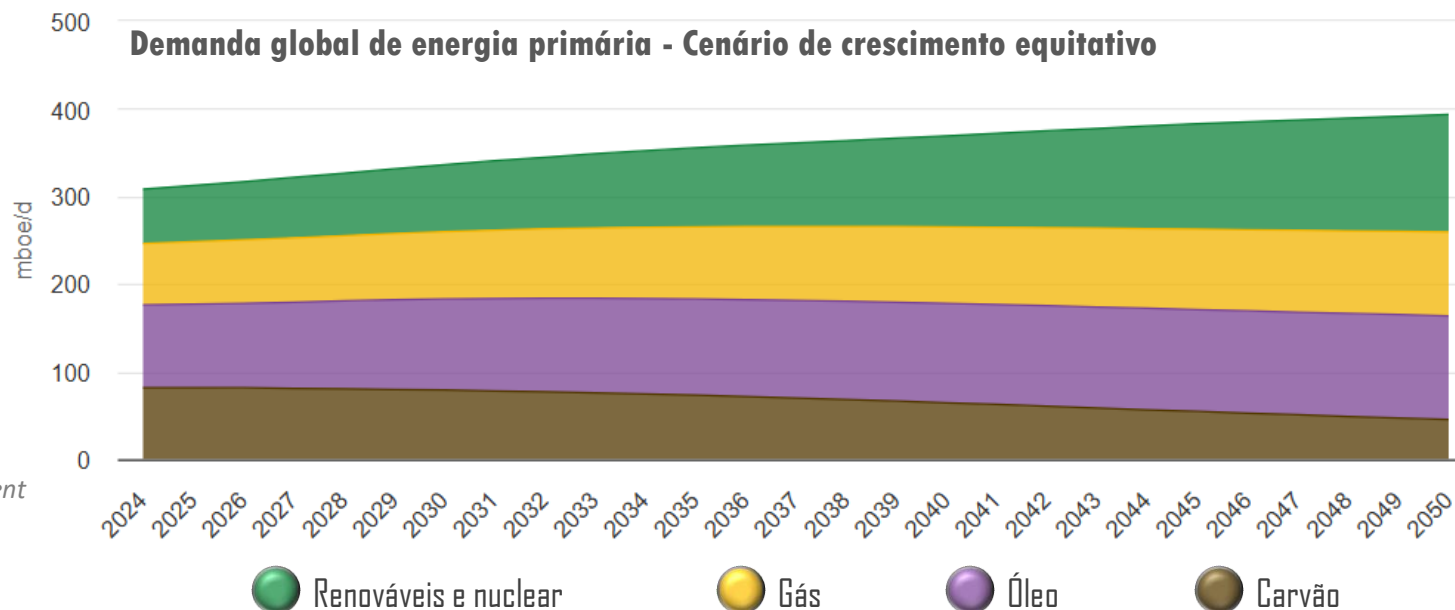
Para aqueles submetidos à **pobreza energética**, isso significa a **oportunidade** de **acessar serviços básicos** de iluminação, cocção e deslocamento.

¹ OCDE significa *Organization for Economic Co-operation and Development* (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico)

Demanda global de energia primária - Cenário de impulsionamento pela tecnologia



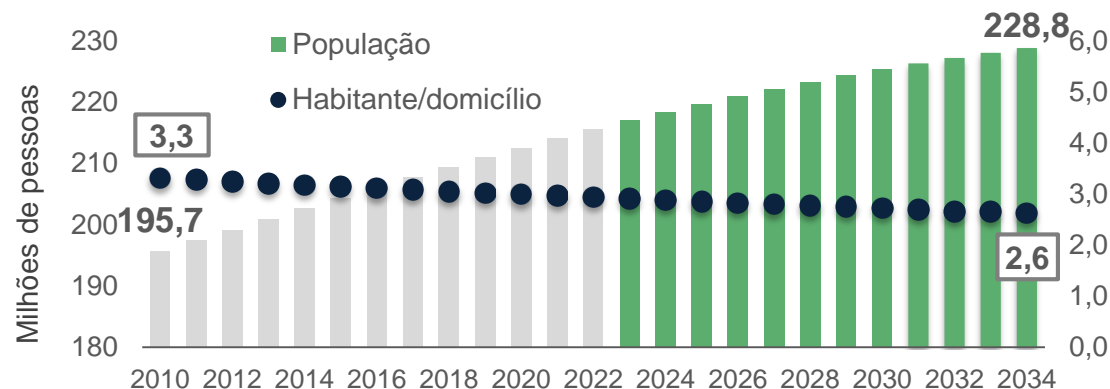
Demanda global de energia primária - Cenário de crescimento equitativo



Os próximos 10 anos do setor de energia no Brasil

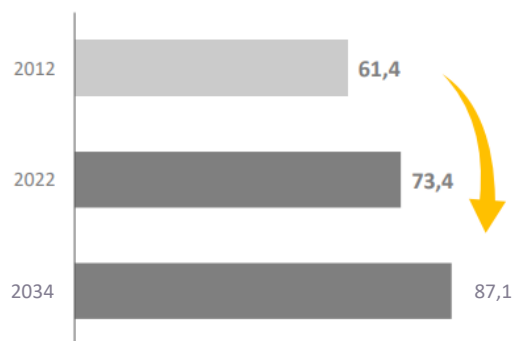
Evolução da população brasileira e da relação habitantes por domicílio

Fonte: EPE (com base em IBGE)



Número de domicílios (milhões)

Fonte: EPE (com base em IBGE)

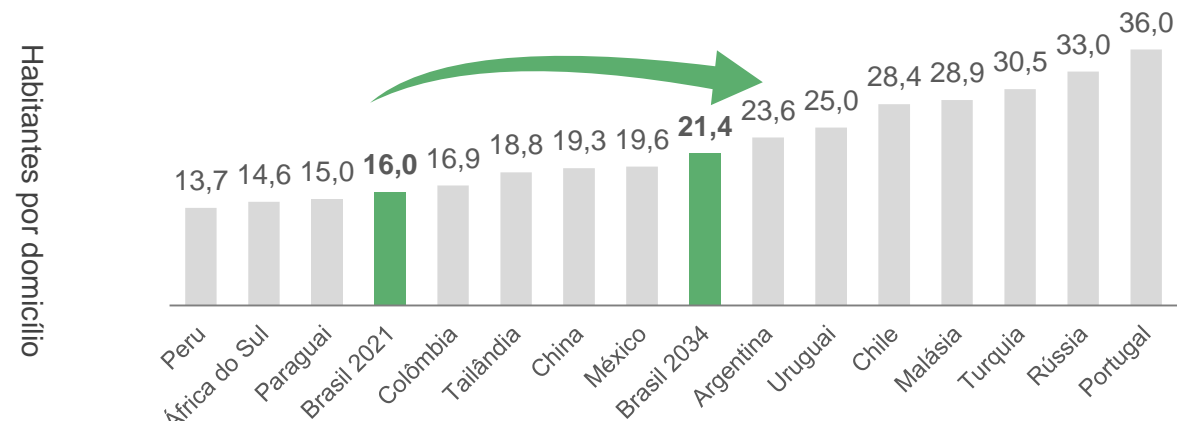


OBEPE -
Observatório
Brasileiro de
Erradicação da
Pobreza
Energética

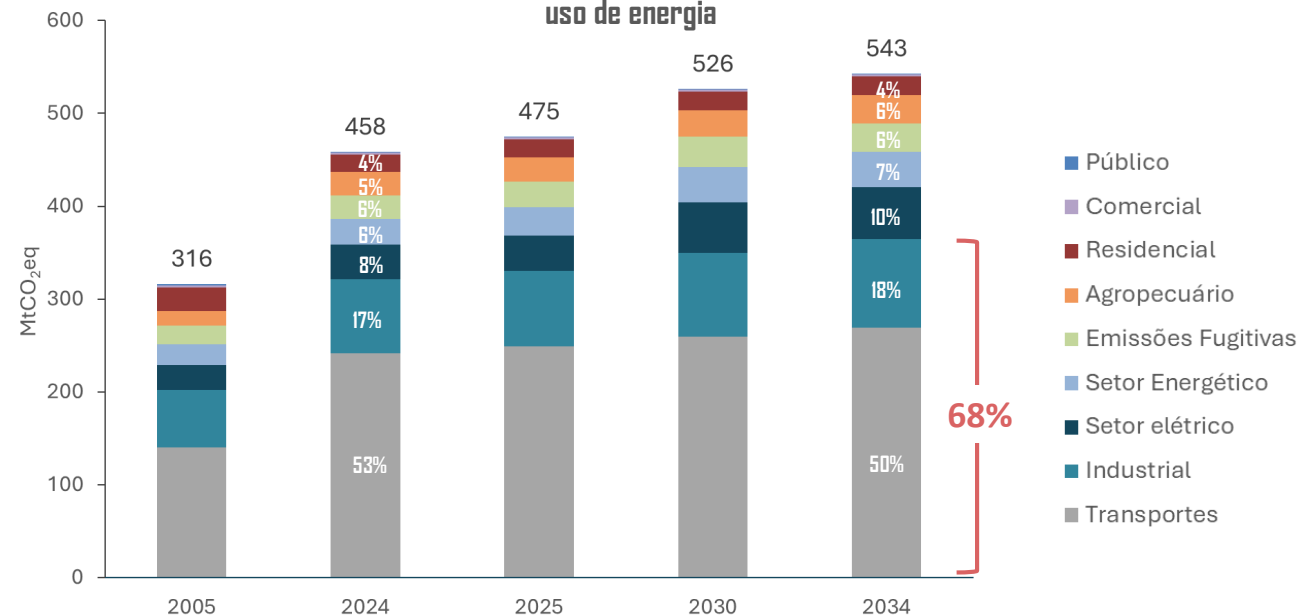
- Emissões crescentes em todos os setores da produção e uso de energia, refletindo a perspectiva de crescimento econômico do País.
- Crescimento da economia e de investimentos em infraestrutura vinculados a um aumento na demanda e oferta por energia.
- Setores de transporte e indústria continuam como principais emissores (68% do total das emissões em 2034).

Evolução do PIB per capita (mil US\$ PPP 2021)

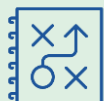
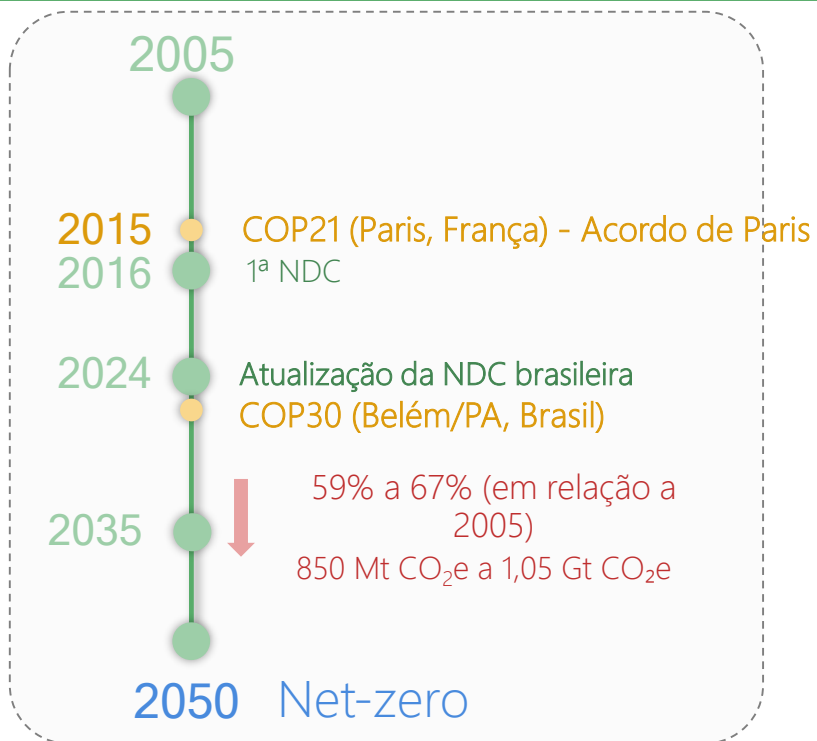
Fonte: World Bank (dados de 2021), EPE (projeções)



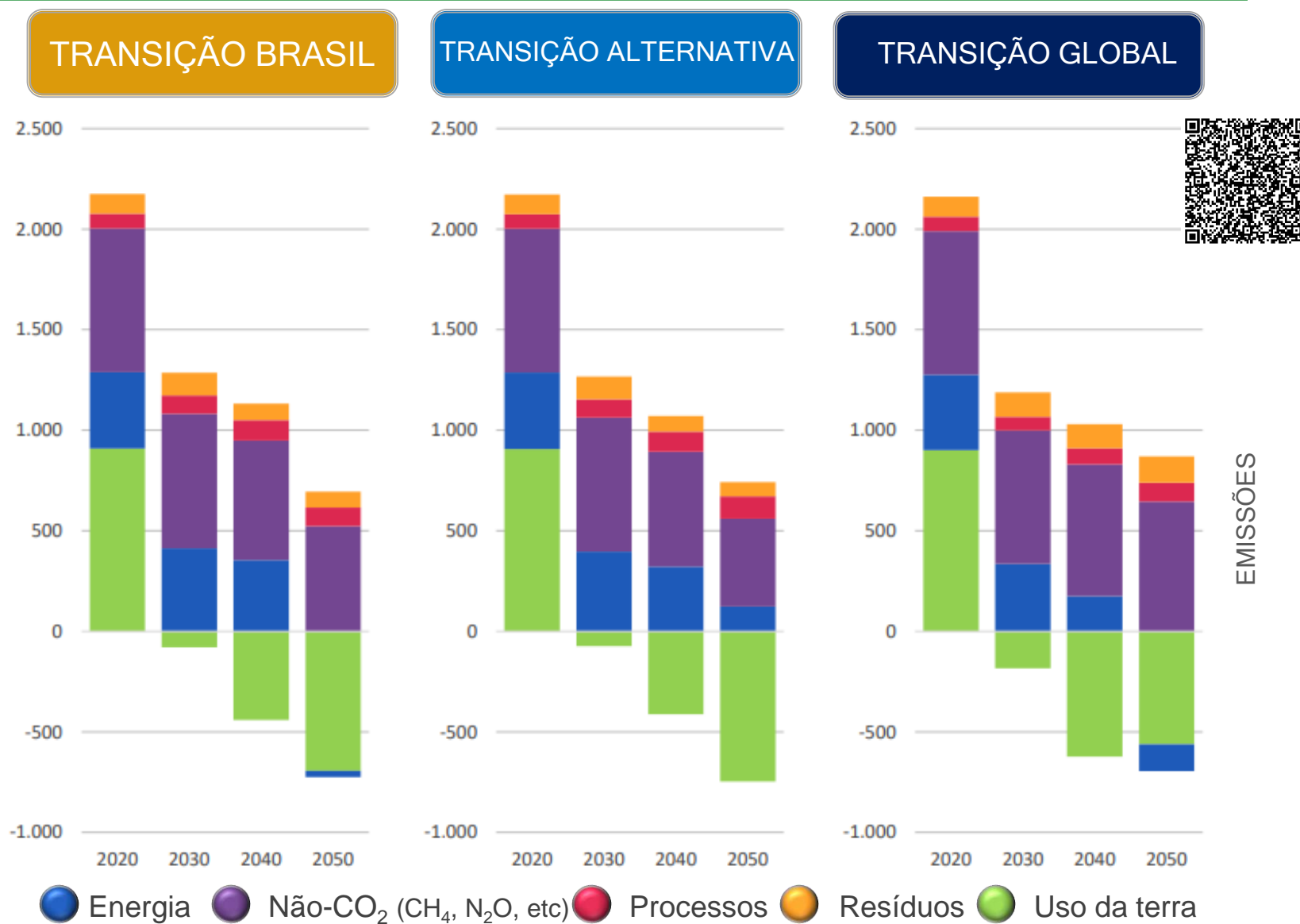
Previsão da evolução da participação setorial nas emissões de GEE pela produção e uso de energia



O Brasil rumo à neutralidade: diversos caminhos, um compromisso



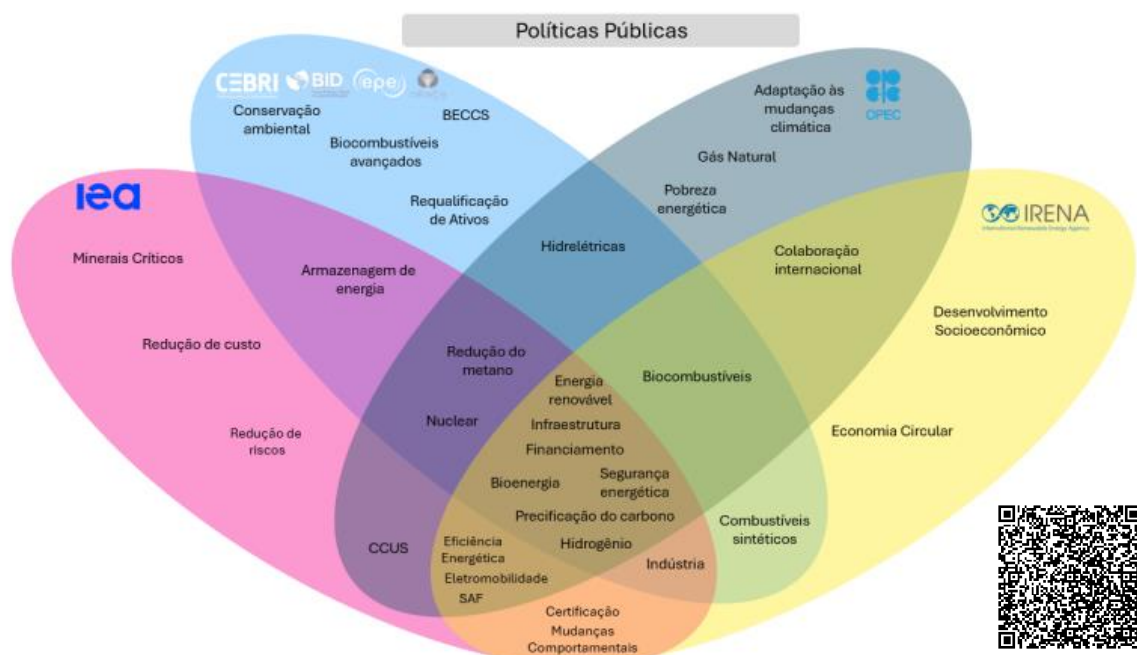
O Brasil pode atingir as metas por caminhos alternativos. Mas, todos os setores devem empreender mudanças independentes, que não impliquem custos mais elevados para a sociedade e a economia brasileira



Não há neutralidade, no prazo certo, sem armazenamento permanente



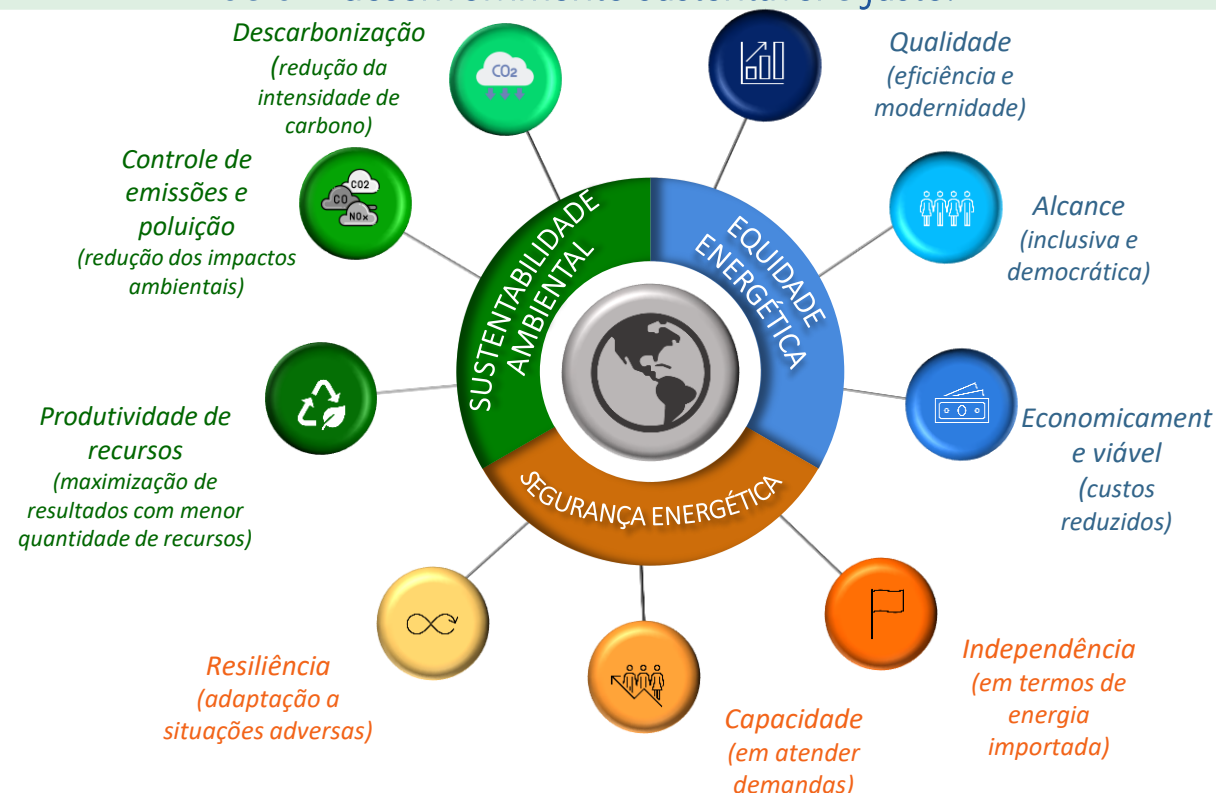
O caminho para a transição energética deve ser construído pela canalização de esforços de um conjunto de políticas públicas alinhadas de forma conjunta e coordenada. A relação deve ser de sinergia e não de hierarquia entre políticas públicas

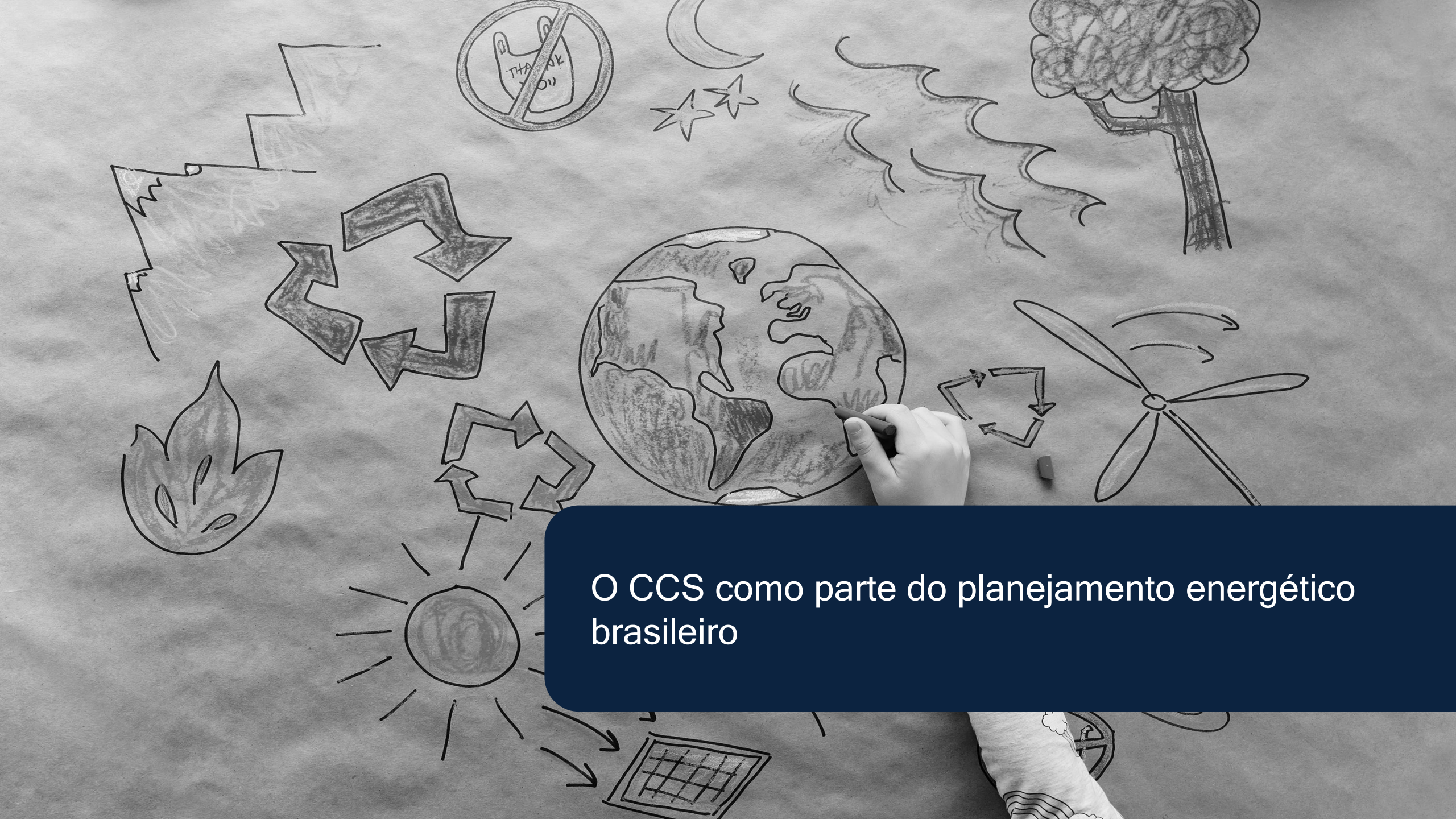


Fonte: Elaboração EPE a partir de BID, CEBRI, CENERGIA e EPE (2023), IEA (2023), IRENA (2023) e OPEC (2023).

- Em todos os países, o alcance das emissões líquidas zero requer investimentos em uma miríade de soluções que devem atuar em conjunto, respeitando as vocações naturais e o perfil socioeconômico de cada região.
- O governo brasileiro tem buscado criar políticas públicas que contribuam para a criação de um ambiente favorável para o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono que seja capaz de alavancar as vantagens competitivas nacionais.

A transição energética brasileira deve ser resiliente, diversa e cooperativa, com um setor energético seguro e produtivo, a serviço de um desenvolvimento sustentável e justo.





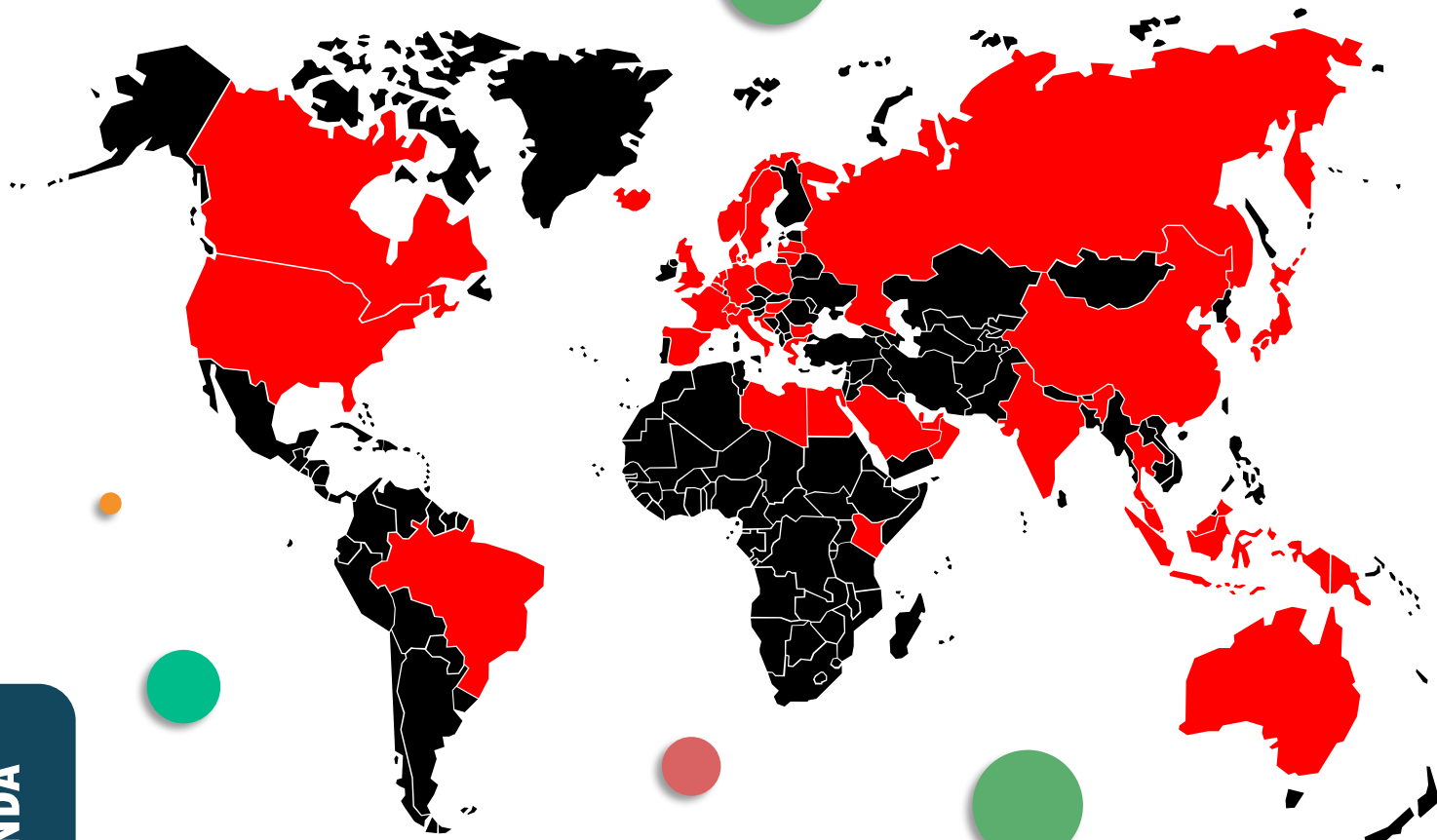
O CCS como parte do planejamento energético brasileiro

UM MERCADO GLOBAL DE OPORTUNIDADES

INVESTIMENTOS

ESTRATÉGIA

DEMANDA



CCS

BECC
S

CCU
S

Como as diferentes
rotas de captura,
transporte e
armazenamento de
carbono têm atraído a
atenção no mundo!



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

INVESTIMENTOS



No Cenário Net Zero de 2050 da IEA, **em 2030**, cerca de **1 Gt CO₂** deveriam ser capturadas e armazenadas por ano.

Os projetos anunciados possuem capacidade insuficiente (**430 MtCO₂ de captura** e **670 MtCO₂ de armazenamento**) ([Fajardy; Greenfield, 2024](#); [IEA, 2025](#)).



Acelerar o **escalonamento do CCS** pode **reduzir** os **custos globais da transição** em quase **US\$ 11 Trilhões**.

Por outro lado, **desacelerar** a implantação do **CCS** pode **contribuir**, significativamente, para a **ultrapassagem dos 1,5°C** e, em cenários piores, o limite de 2,0°C ([Fuhrman et al., 2025](#)).

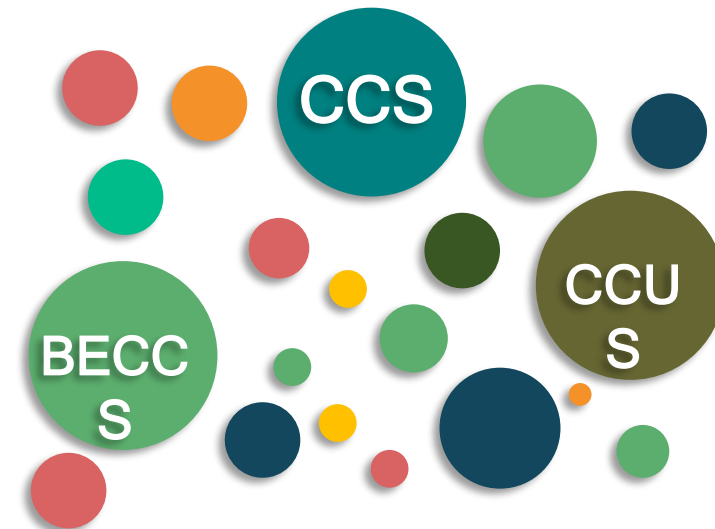
ESTRATÉGIA



27 países já manifestaram interesse em CCS/CCUS com parte de suas **estratégias de gestão de carbono**.

Mercados de carbono; incentivos fiscais e parcerias público-privadas são caminhos para a expansão das rotas ([Global CCS Institute, 2024a](#) e [2024b](#)).

UM MERCADO GLOBAL DE OPORTUNIDADES



Como as diferentes rotas de captura, transporte e armazenamento de carbono têm atraído a atenção no mundo!

DEMANDA



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



INVESTIMENTOS



A **taxação de carbono** em mercados internacionais pode afetar significativamente a competitividade da indústria brasileira.

Estima-se que o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (**CBAM**, em inglês) da EU impactaria mais de **US\$ 3 bilhões** das exportações brasileiras, principalmente de **ferro e aço** ([CNI, 2024](#))



O investimento em **projetos de CCS** aumentou para mais de **US\$ 4 bilhões em 2024** – 35% a mais do que 2023.

Os **picos de investimento** devem ocorrer até o final do decênio, sendo **2027** e **2028** os anos mais significativos (**> US\$ 50 Bilhões/ano**) ([IEA, 2025](#)).
10x o valor de 2024!



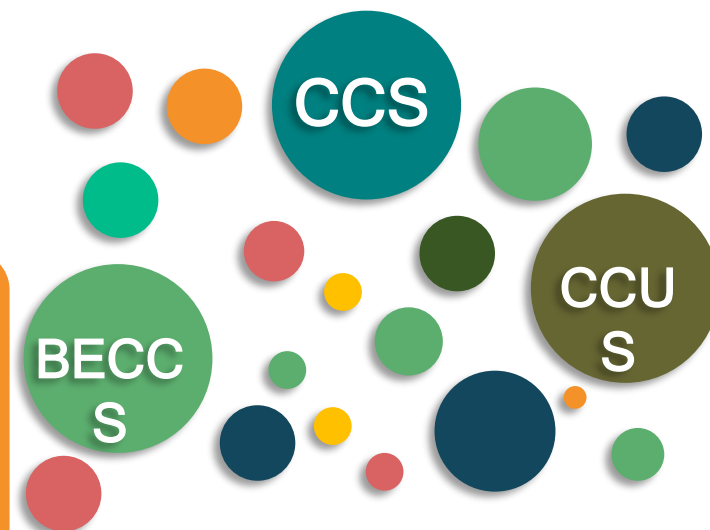
Segundo a **plataforma Inova-e**, entre 2013 e 2023, os **investimentos, no Brasil**, em pesquisa e desenvolvimento relacionados a **Captura, Transporte e Armazenamento de carbono** somaram:

R\$ 183 milhões

DEMANDA

ESTRATÉGIA

UM MERCADO GLOBAL DE OPORTUNIDADES

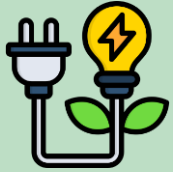


Como as diferentes rotas de captura, transporte e armazenamento de carbono têm atraído a atenção no mundo!



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





Até 2024, a **capacidade de captura** dos projetos (operacionais e planejados) de **BECCS** prevista para **2030** ($\approx 60 \text{ MtCO}_2$) estava muito aquém das necessárias **185 MtCO_2** no cenário **NetZero** da IEA ([IEA, 2024](#)). Reside, aqui, uma **oportunidade única** para atendimento internacional.



Projetos de **BECCS** possuem **menores custos** de implantação e grande potencial de reconhecimento em mercados estrangeiros.

Demonstrada a pegada **negativa de carbono**, é possível uma bonificação de até **20%** na emissão de **CBIOs** do **RenovaBio** ([BID-CEBRI-EPE, 2023](#)).



Globalmente, as rotas de CCS podem contribuir com, cerca de, **20% das reduções** entre os setores de **aço, cimento, alumínio, produtos químicos primários e O&G**.

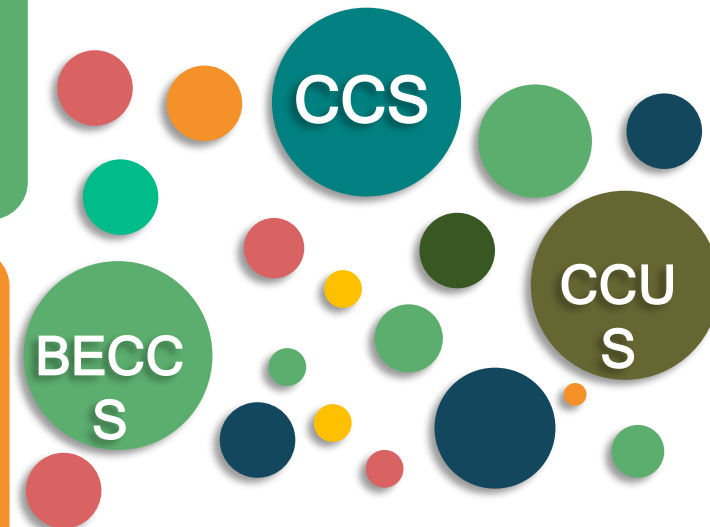
Os investimentos mundiais em **pesquisas** sobre a viabilidade de CCS nesses setores podem alcançar **UU\$ 175 bilhões** até **2035** ([Biniek et al., 2024](#)).

UM MERCADO GLOBAL DE OPORTUNIDADES

INVESTIMENTOS

ESTRATÉGIA

DEMANDA



Como as diferentes rotas de captura, transporte e armazenamento de carbono têm atraído a atenção no mundo!



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



No Brasil, falar de captura e armazenamento não é novidade!

Os primeiros registros de atividades datam dos anos

90

... E estão associados ao histórico das atividades da indústria de O&G, particularmente ao EOR!

Ao menos 4 regiões contam com grupos de estudo e pesquisa de, ao menos, um dos eixos do CCS/CCUS

Sensibilização de diferentes setores industriais é notada!

Em menos de 5 anos...

1 projeto-piloto no RJ
1 projeto de BECCS com processo avançado no MT

1 Memorando de Entendimento na BA
1 Protocolo de intenção com governo do ES para de hub de CCUS

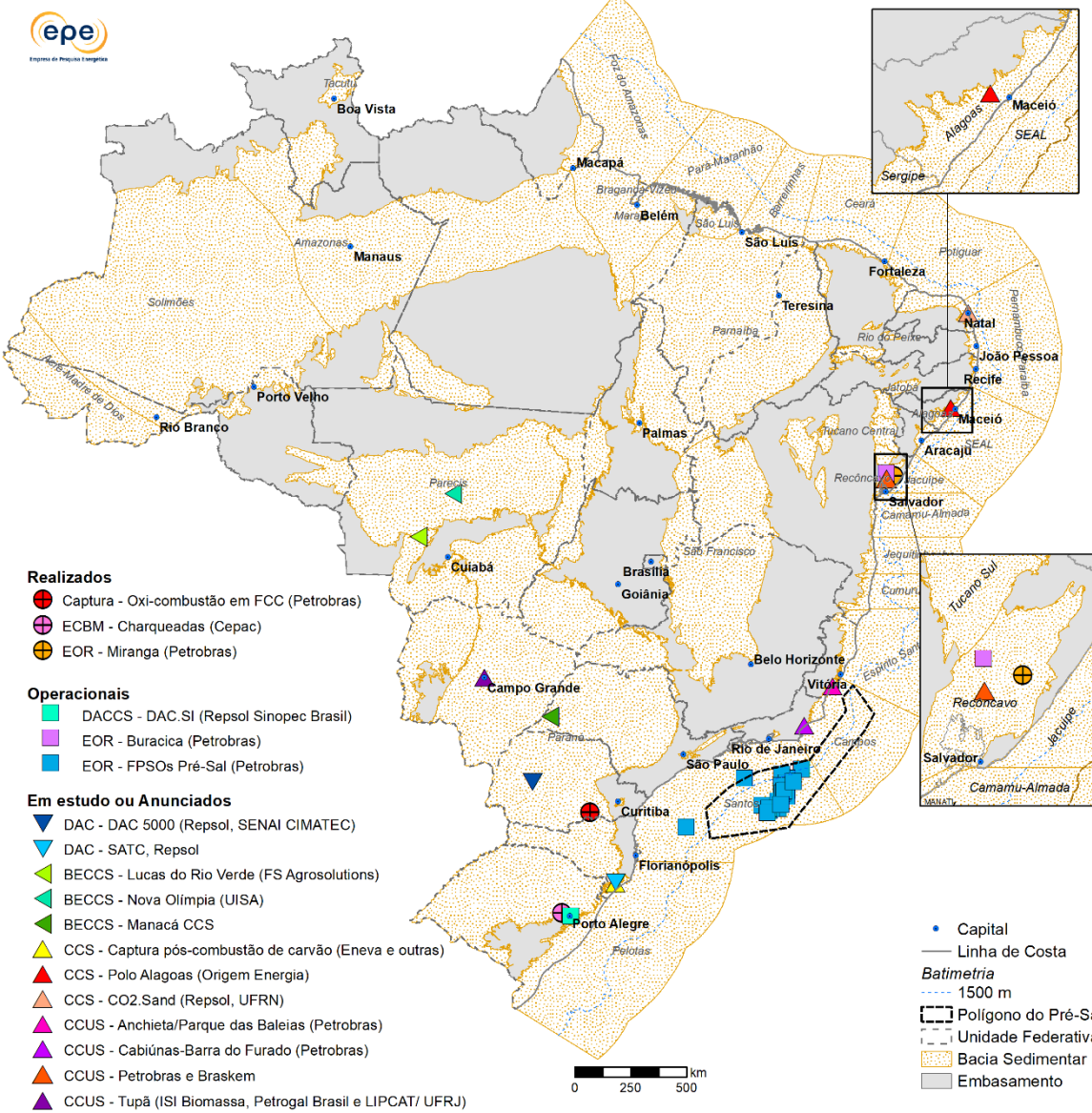
A captura de CO₂ realizada nos campos do Pré-sal, da Bacia de Santos, é internacionalmente reconhecida como a maior do mundo!

28% da capacidade global em 2024
67,9 MtCO₂ (2008-2024)

Parcerias entre a academia e os setores público e privado têm crescido nos últimos 3 anos! Cláusulas de P, D & I da ANP são instrumentos significativos.

1ª planta de DAC da América Latina! & Vanguarda na investigação de sítios de armazenamento, em especial, em rochas basálticas!

A alta renovabilidade da matriz energética e da matriz elétrica, junto com a previsão de aumento da participação do gás natural, são vantagens competitivas.



Eixos de contribuição da EPE para o planejamento de CCS/CCUS/BECCS

01

02

03

Eixos de contribuição da EPE para o planejamento de CCS/CCUS/BECCS

01



Contribuir para o direcionamento das estratégias mais eficientes e para a tomada de decisões sustentáveis técnica e economicamente sobre o armazenamento geológico de carbono.

02



Apontar a relevância de cada área do território nacional, com base no conjunto de informações disponíveis, para o desenvolvimento de projetos de armazenamento geológico de carbono, tendo como base a representação dos principais pilares da atividade.

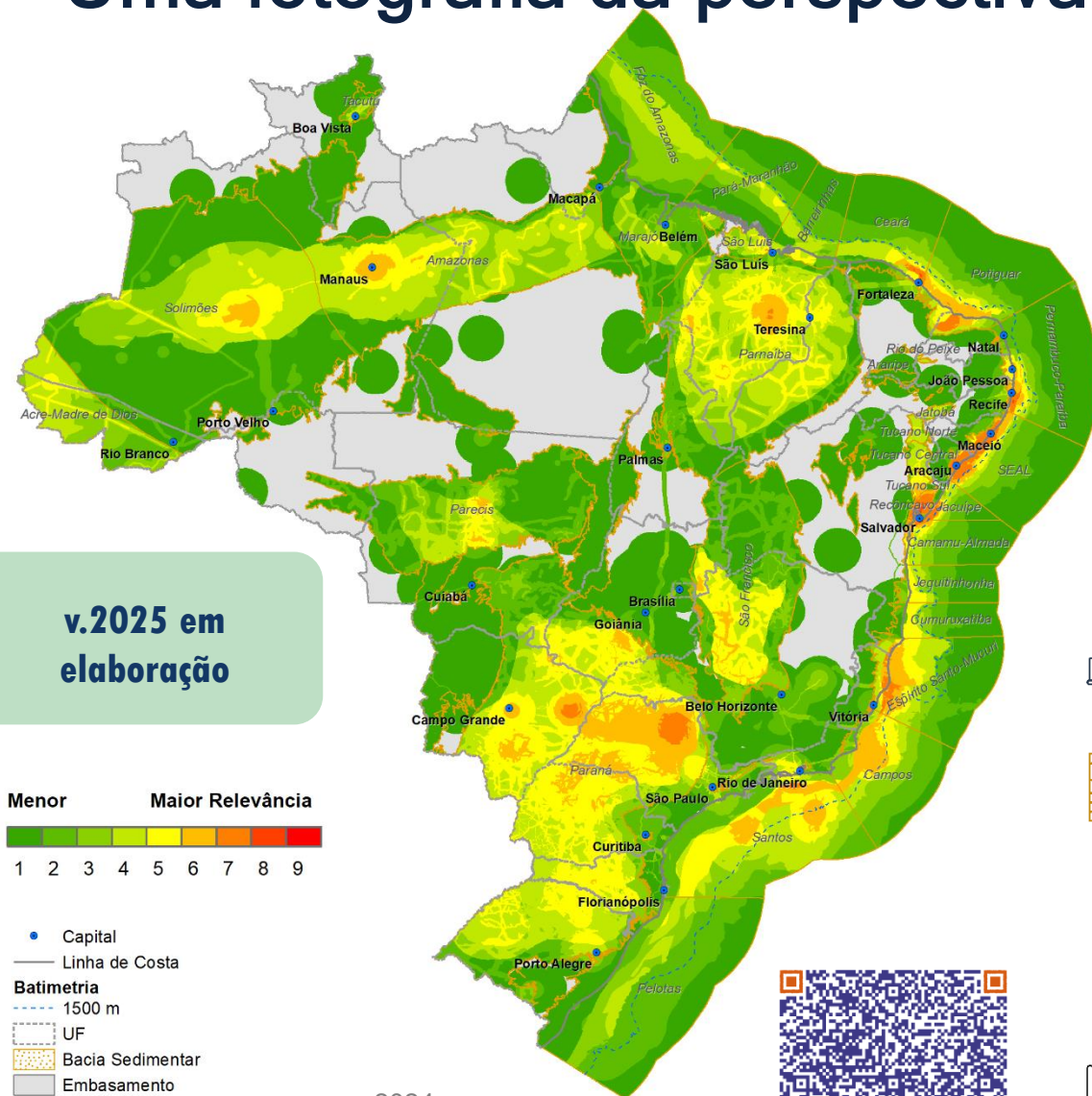
03



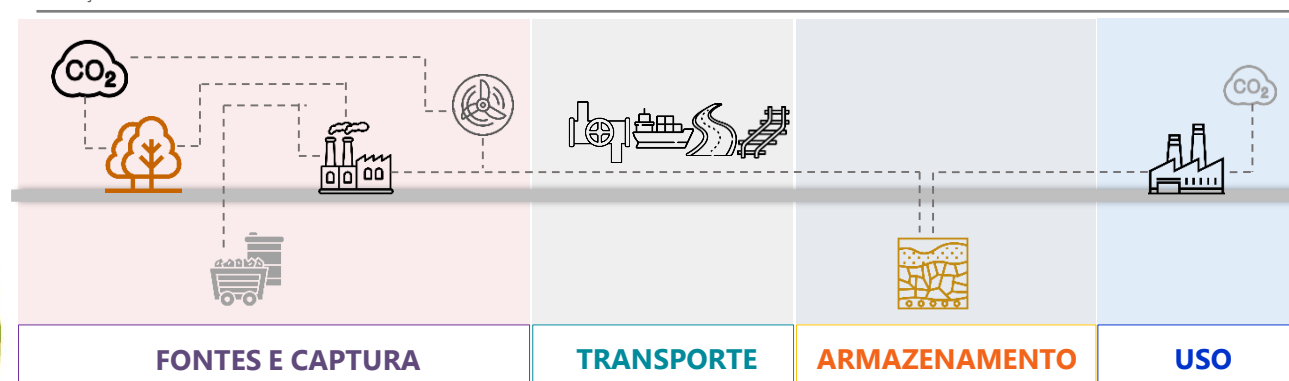
Reduzir a assimetria de informações, promovendo um canal objetivo e claro sobre o tema, seus desafios e oportunidades.

Uma fotografia da perspectiva no presente

A cadeia do armazenamento de carbono



DIREÇÃO DO FLUXO DE PROCESSOS



A potente indústria de biocombustíveis – (onde o etanol de cana e milho se destaca), biometano e papel e celulose podem ser grandes investidoras em BECCS e proporcionar emissões líquidas negativas de CO₂.



Segmentos industriais de difícil descarbonização, como os de cimento, aço, E&P, refino, indústria química e geração de energia podem se beneficiar do CCS/CCUS, a médio e longo prazo, de projetos para redução das suas emissões.



O Brasil possui uma variedade de sítios de armazenamento permanente: campos depletados, reservatórios salinos e mineralização em basaltos são objeto de estudos em diferentes regiões e ampliam possibilidades de desenvolvimento de tecnologia, mão de obra e mercados. Para que a capacidade de armazenamento geológico seja confirmada são necessárias políticas públicas que amplifiquem os investimentos em pesquisa e levantamentos de dados específicos.



Promover a descentralização e expansão da oferta de infraestrutura para as porções mais interiores do território nacional e diversificar os modais de transporte em busca de formas mais eficientes, seguras e sustentáveis a longo prazo é essencial, além de definir regras claras sobre obrigações e direitos relativos ao compartilhamento de infraestruturas.



Caderno 2024



Os caminhos para tornar o Brasil referência mundial

Escalonar o CCS exige solucionar alguns desafios



Considerações Finais



O CCS/CCUS tem muitos **desafios** para o **ganho de escala**, mas as perspectivas são otimistas com o estabelecimento do marco legal (Lei do Combustível do Futuro).



O **marco legal** favorece o **ambiente regulatório** e a ANP está **em conexão** com relação a sua agenda regulatória (**projetos-piloto** são **excelentes** para reconhecer as necessidades).



Tem sido notável a **ampliação** do **olhar** para as **diferentes rotas** da captura e armazenamento de carbono, especialmente no que tange as **diversas possibilidades** para **sítios de armazenamento** em território nacional. Fornecer subsídios para **ampliar o conhecimento** desses sítios é **fundamental** para a segurança da **atividade**.



A alteração da **Resolução CNPE 02/2021** (Resolução MME nº 7/2025) indica o CCUS como **atividade prioritária** para investimentos em PD&I.



Os desafios enfrentados no Brasil **não são exclusivos** do país! Mas nosso cenário de **oportunidades** é **único e favorável** para que o CCS/CCUS seja uma **tecnologia vantajosa** para o setor energético nacional e internacional. A **sinergia** com outras alternativas para **descarbonização** é **possível, necessária e viável**.



www.epe.gov.br

exploracaoeproducao@epe.gov.br

nathalia.castro@epe.gov.br



Empresa de Pesquisa Energética

Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Superintendência de Petróleo e Gás Natural

Diretora

Heloisa Borges Bastos Esteves

Coordenação Técnica

Marcos Frederico Farias de Sousa

Marcelo Ferreira Alfradique

Regina Freitas Fernandes

Roberta de Albuquerque Cardoso

Equipe Técnica E&P

Bruna Silveira Guimarães

Isis Oliveira Fernandes

Natália da Veiga Bonavita Teixeira

Nathalia Oliveira de Castro

Pedro de Moura Bernardino

Péricles de Abreu Brumati

Rafael Freitas Funcia Lemme

Raul Fagundes Leggieri

Siga a EPE nas redes sociais:



EPE - Empresa de Pesquisa Energética

Praça Pio X, n. 54 - 2º andar - Centro

20091-040

Rio de Janeiro - Brasil



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO