

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

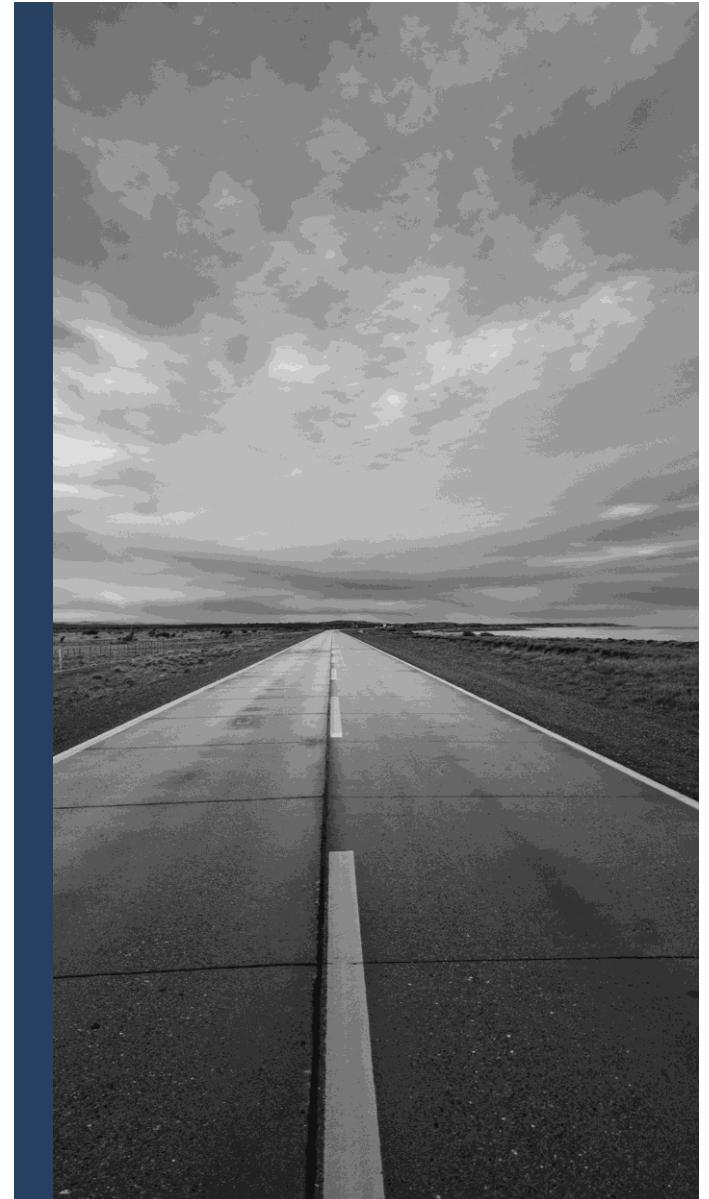


AVISO

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.

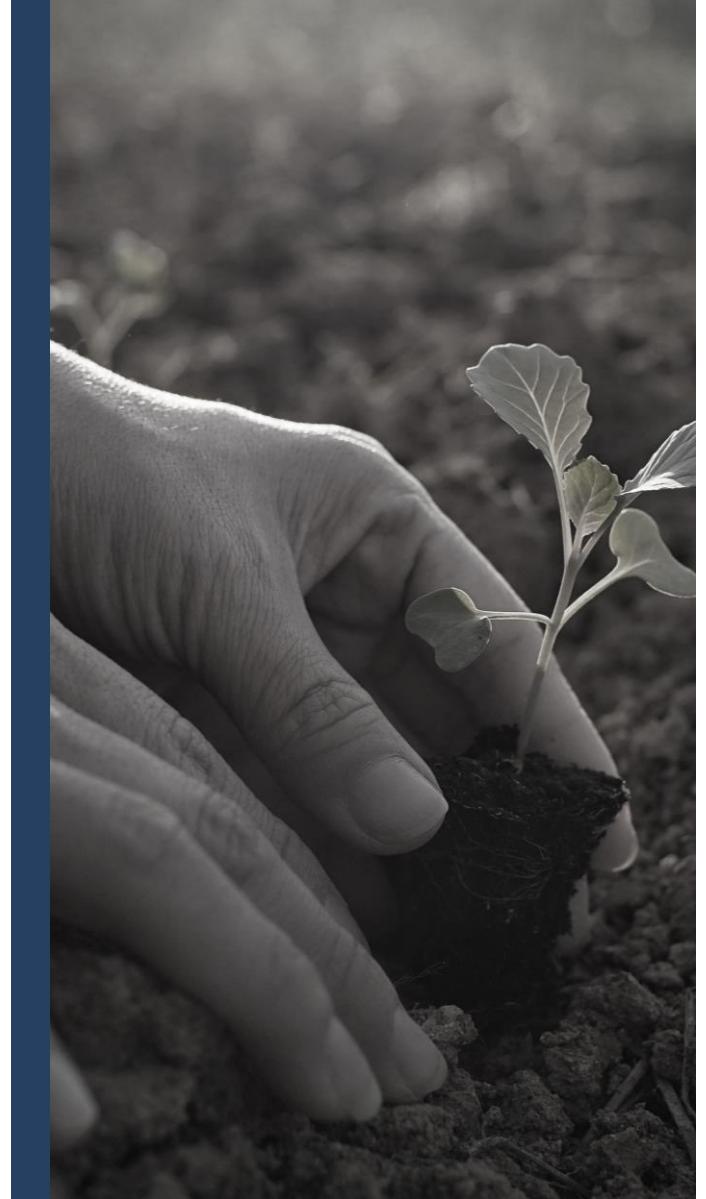
A EPE se exime de qualquer responsabilidade por ações e tomadas de decisão que possam ser realizadas por agentes econômicos ou qualquer pessoa com base nas informações contidas neste documento.

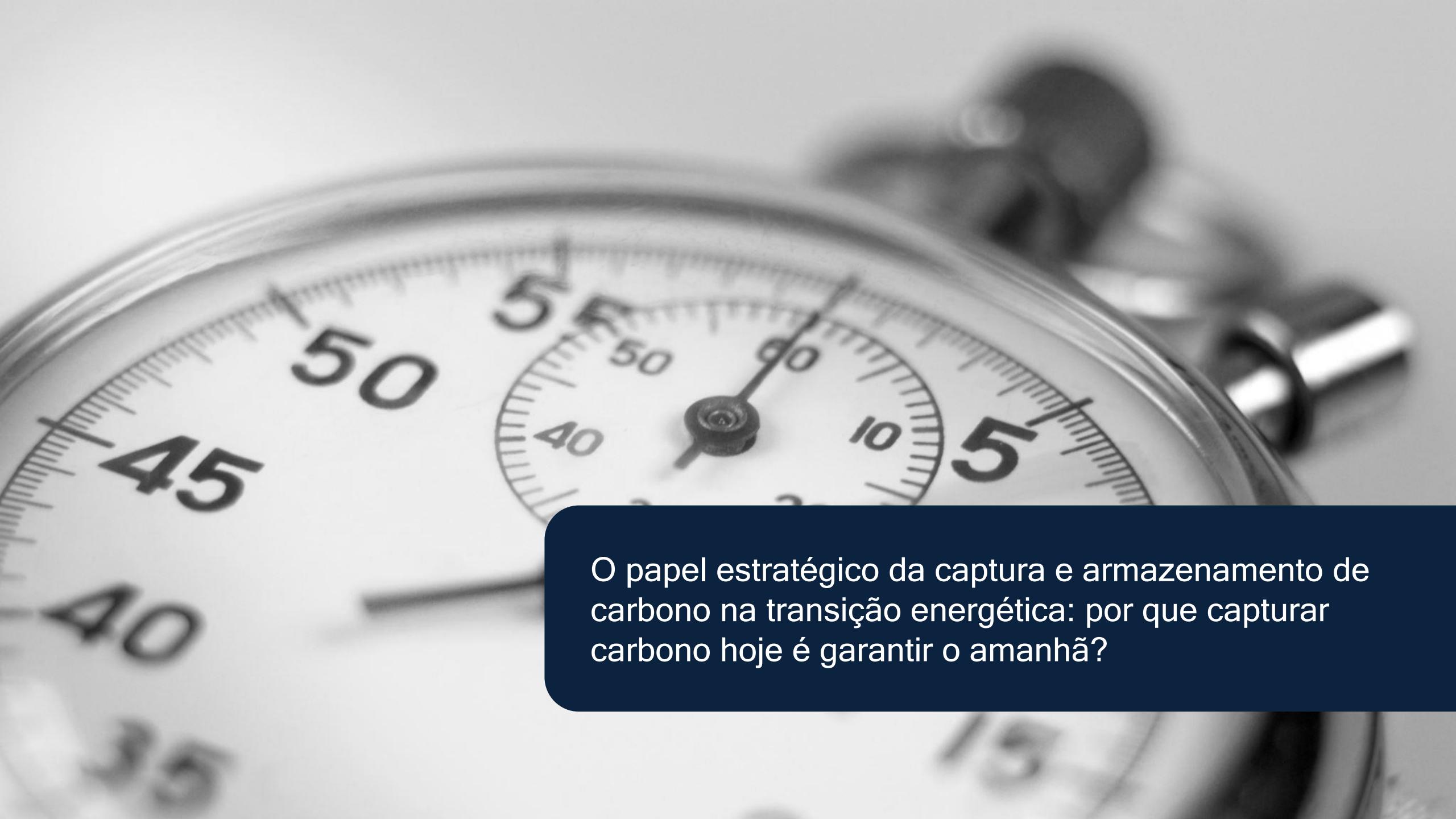


VALOR PÚBLICO

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

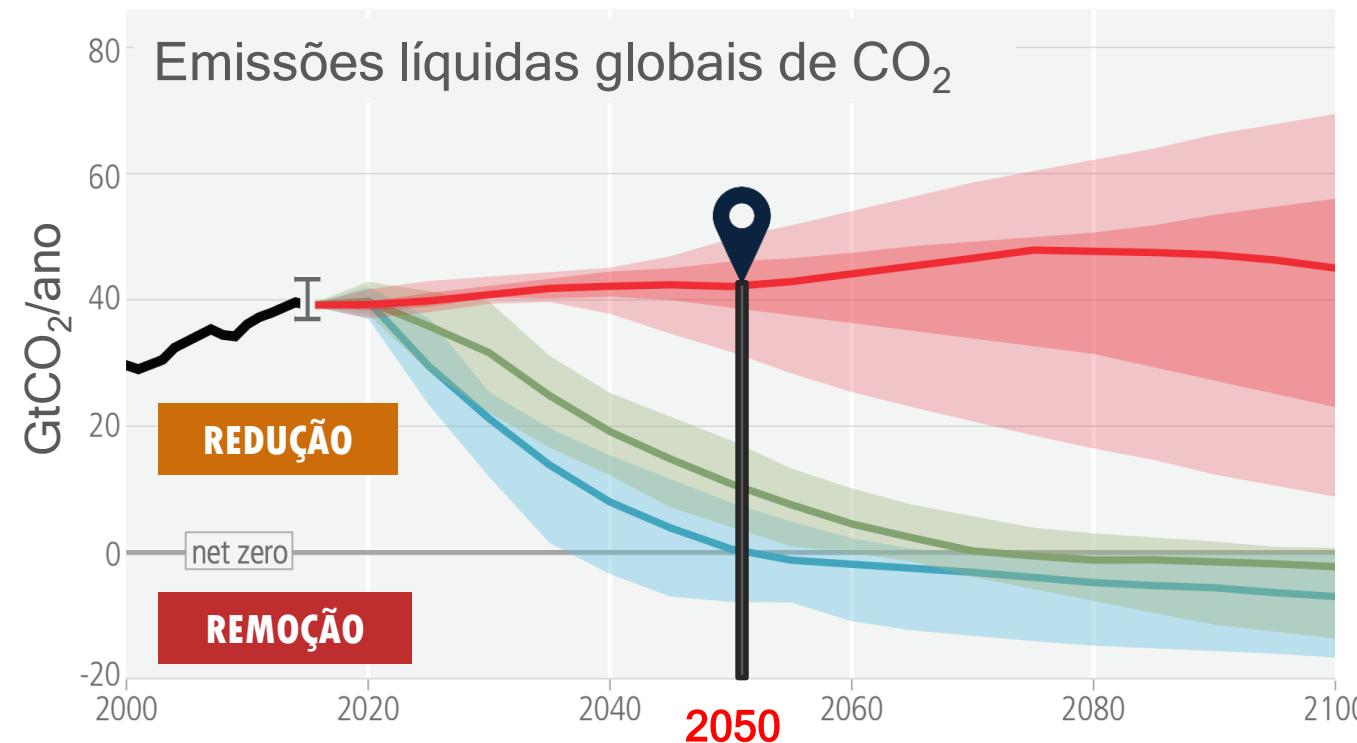
Com seus esforços, a EPE busca contribuir para o reconhecimento das oportunidades e desafios do desenvolvimento de diferentes rotas da captura e armazenamento geológico de carbono em território nacional. Além disso, busca trazer transparência acerca de dados e fatos que auxiliem na redução da assimetria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





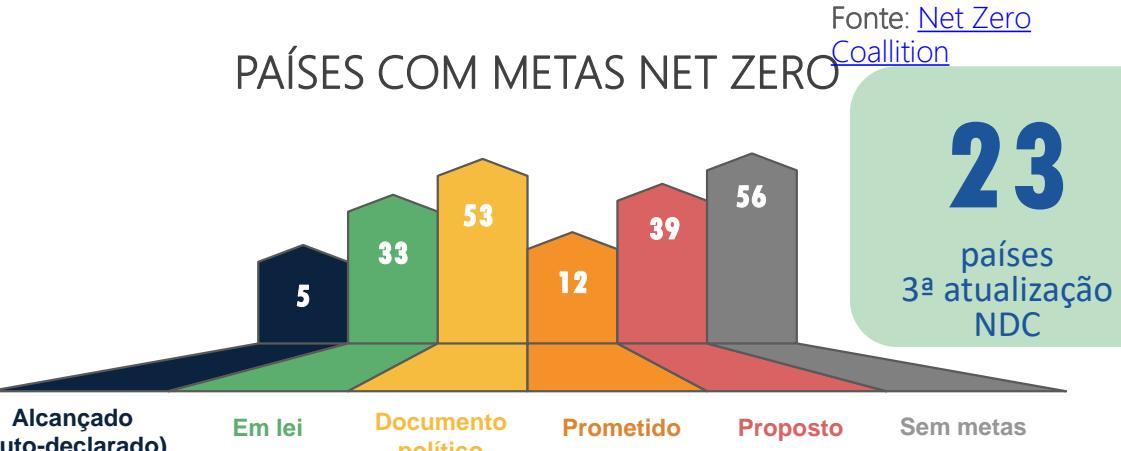
O papel estratégico da captura e armazenamento de carbono na transição energética: por que capturar carbono hoje é garantir o amanhã?

A Dupla Estratégia do Clima

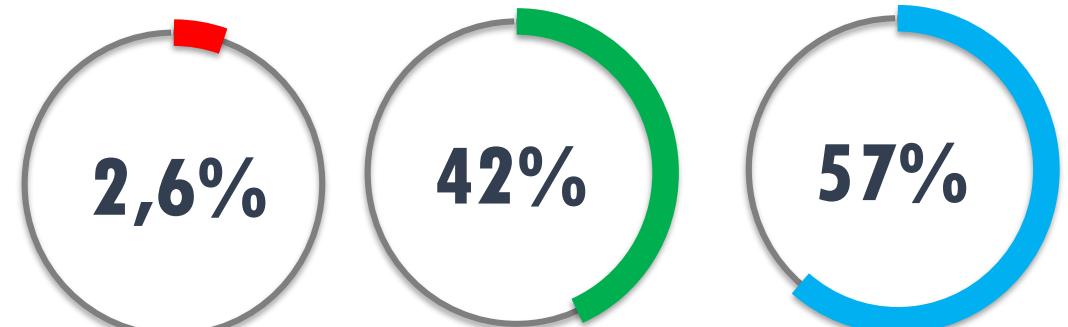


Emissões passadas (2000-2015)
I Faixa de modelos para as emissões de 2015

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%

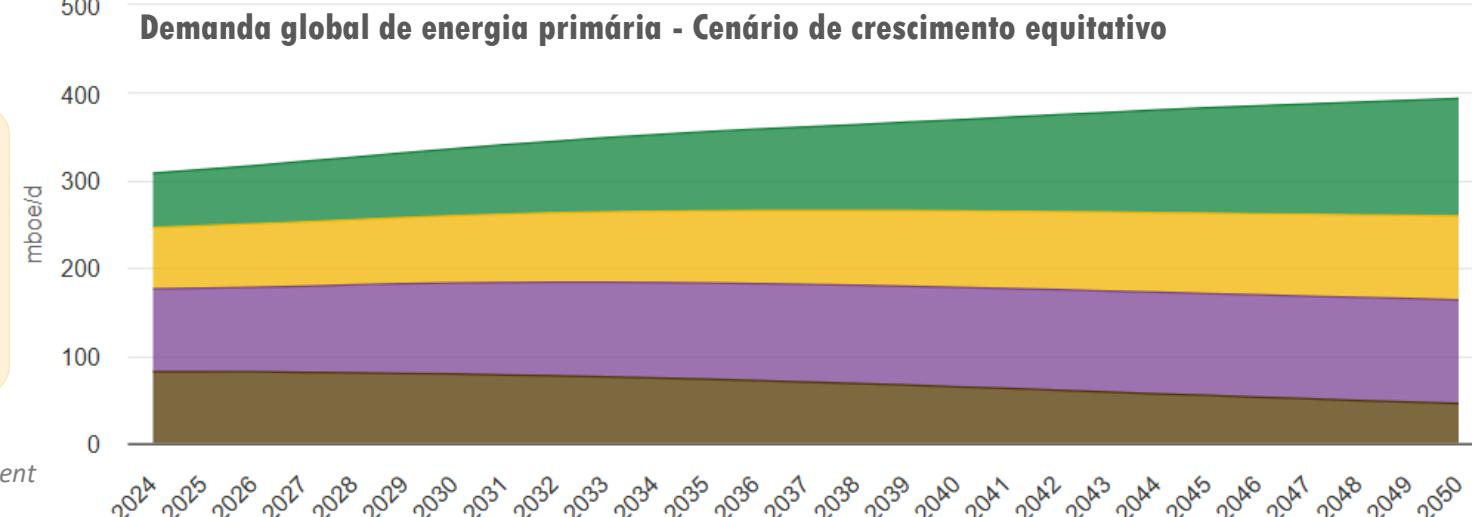
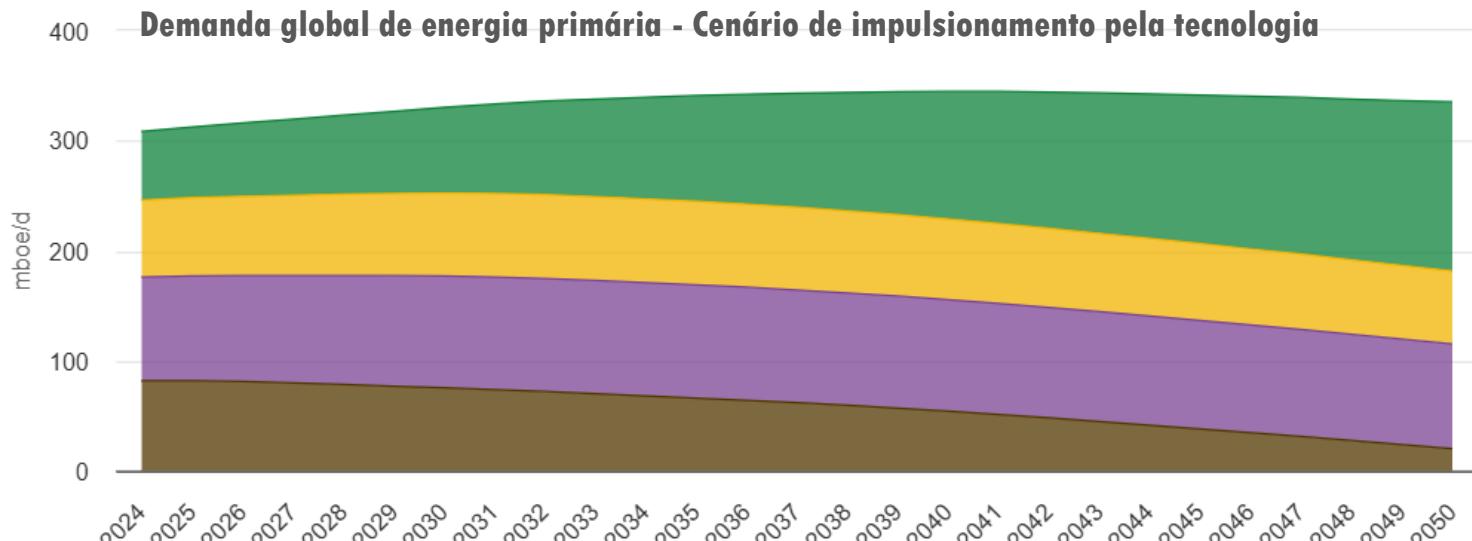
População global

- 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)



Os próximos 10 anos do setor de energia no Brasil

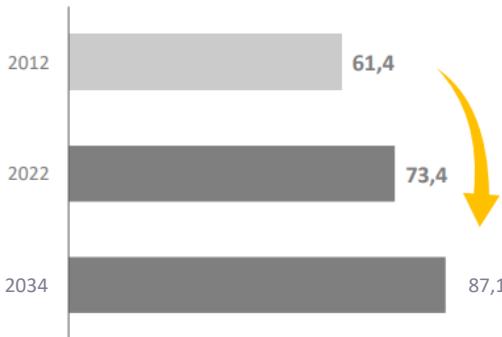
Evolução da população brasileira e da relação habitantes por domicílio

Fonte: EPE (com base em IBGE)



Número de domicílios (milhões)

Fonte: EPE (com base em IBGE)



OBEPE -
Observatório
Brasileiro de
Eradicação da
Pobreza
Energética



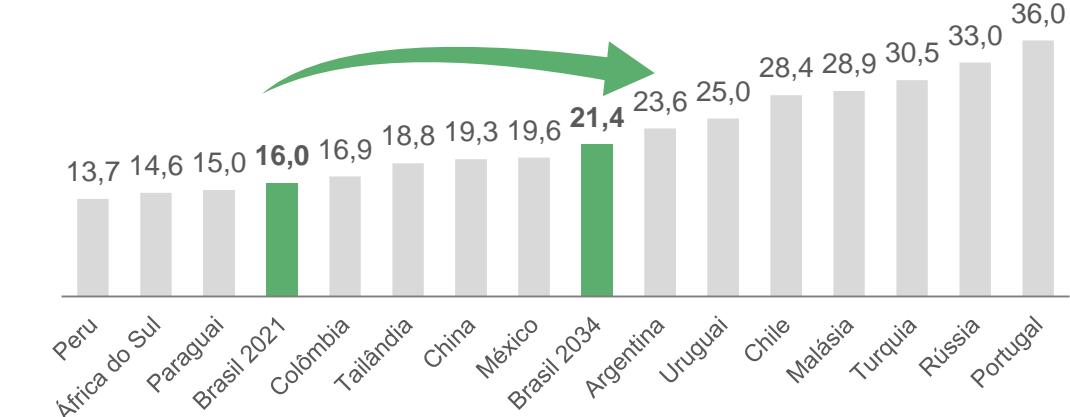
MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



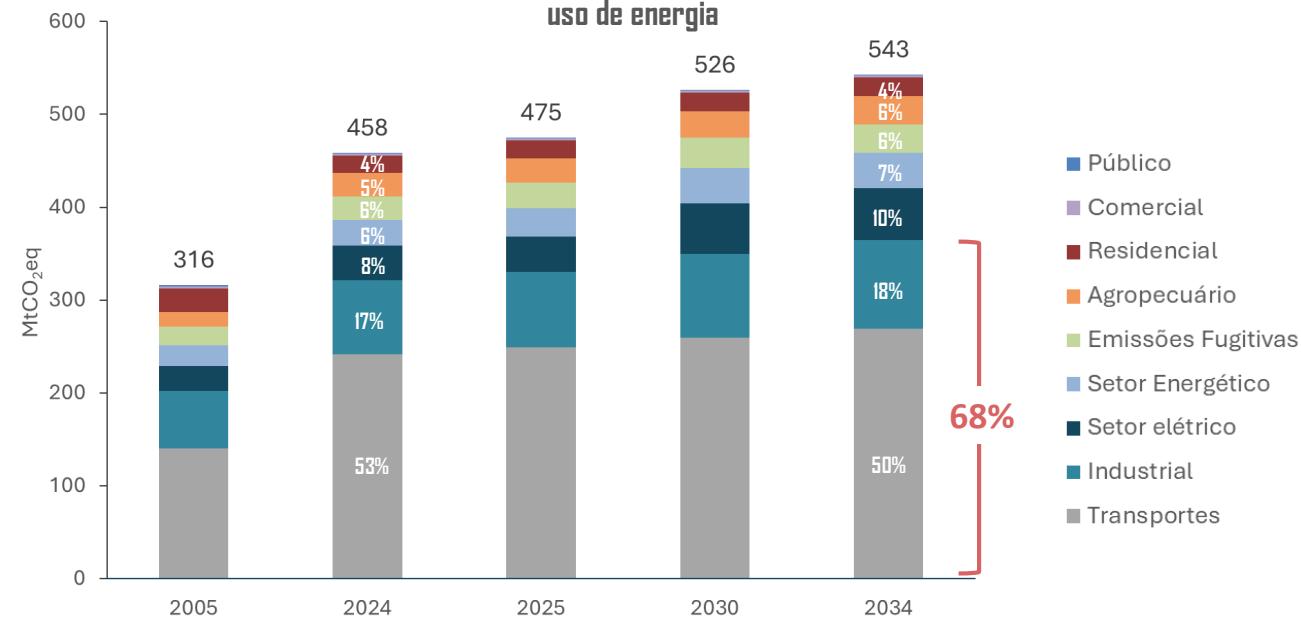
- Emissões crescentes em todos os setores da produção e uso de energia, refletindo a perspectiva de crescimento econômico do País.
- Crescimento da economia e de investimentos em infraestrutura vinculados a um aumento na demanda e oferta por energia.
- Setores de transporte e indústria continuam como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

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

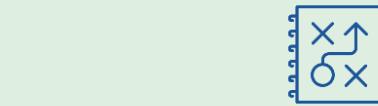
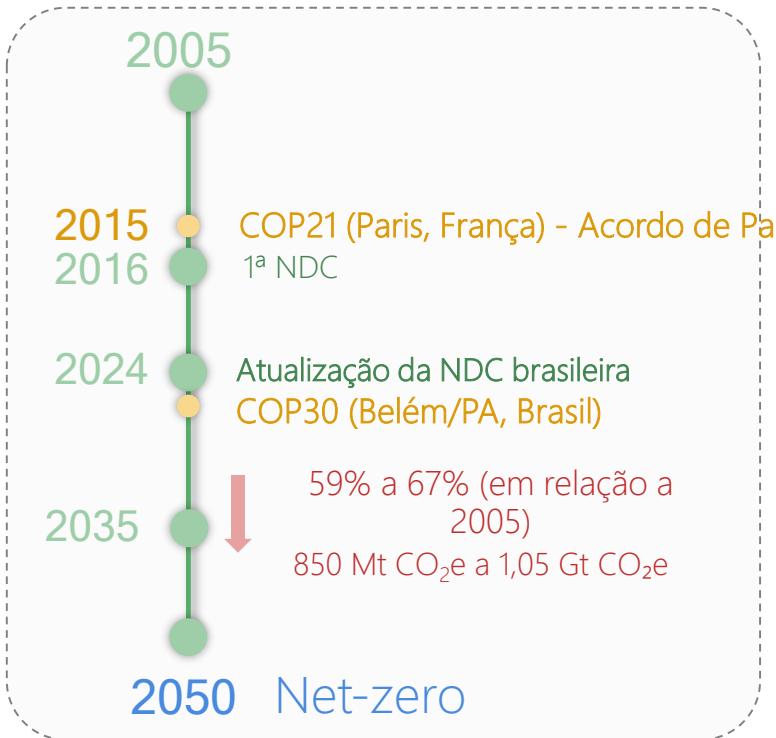
Fonte: World Bank (dados de 2021), EPE (projeções)



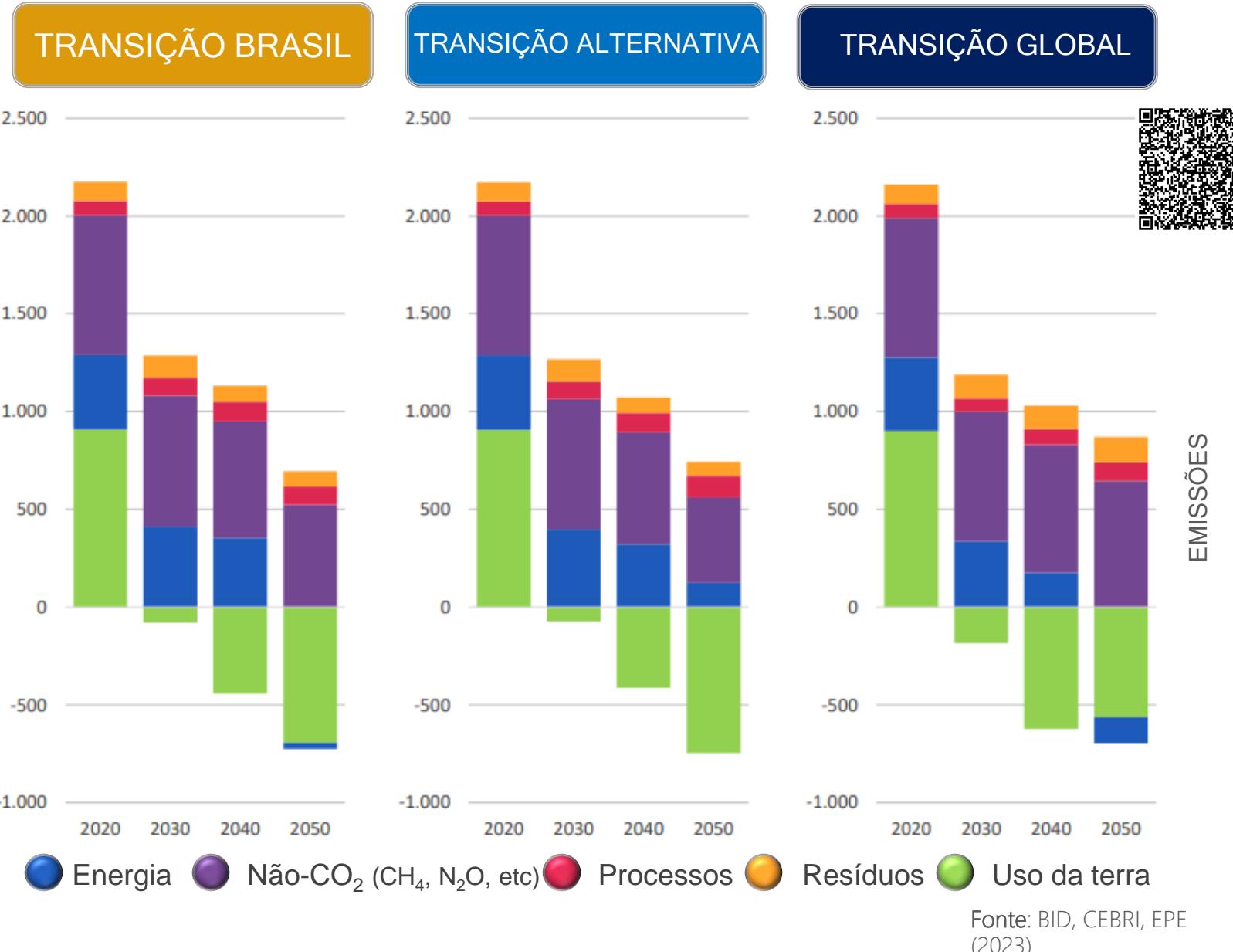
Previsão da evolução da participação setorial nas emissões de GEE pela produção e uso de energia



O Brasil rumo à neutralidade: diversos caminhos, um compromisso



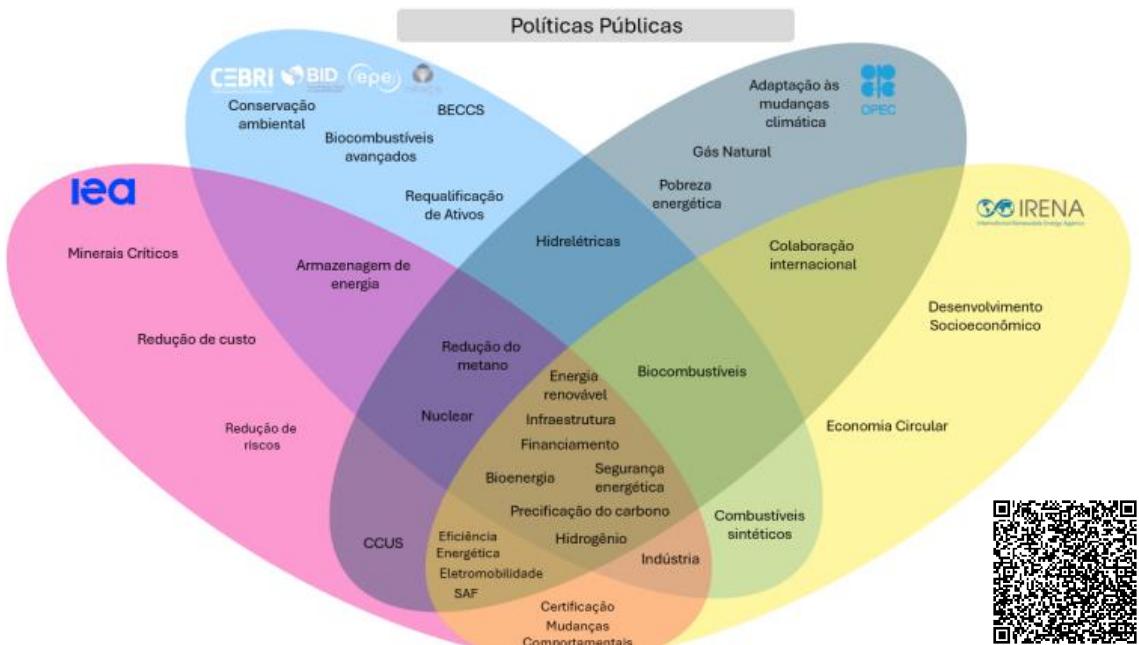
O Brasil pode atingir as metas por caminhos alternativos. Mas, todos os setores devem empreender mudanças independentes, que não impliquem custos mais elevados para a sociedade e a economia brasileira



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



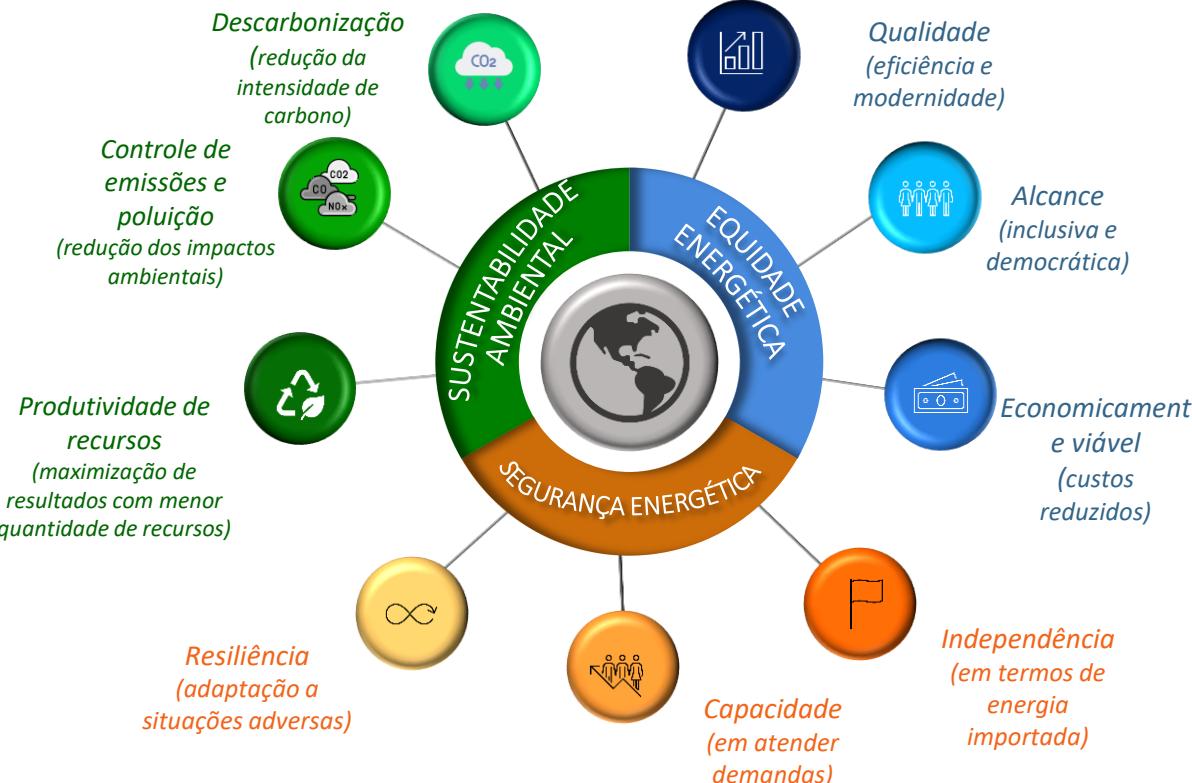
Fonte: Elaboração EPE a partir de BID, CEBRI, CENERGIA e EPE (2023), IEA (2023), IREN (2023) e OPEC (2023).

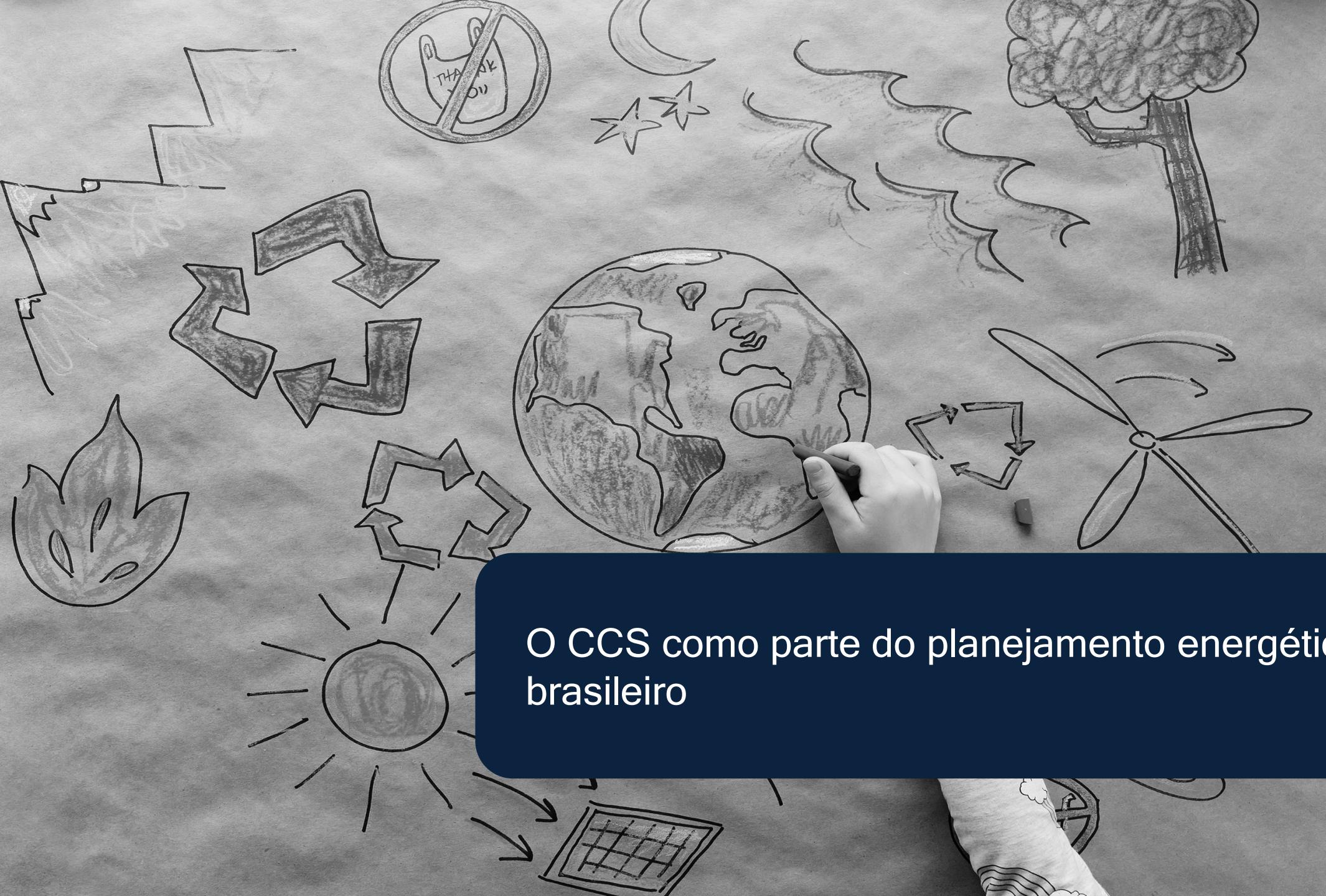


Fonte: [Net Zero Coalition](#), EPE (2025)

- 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.





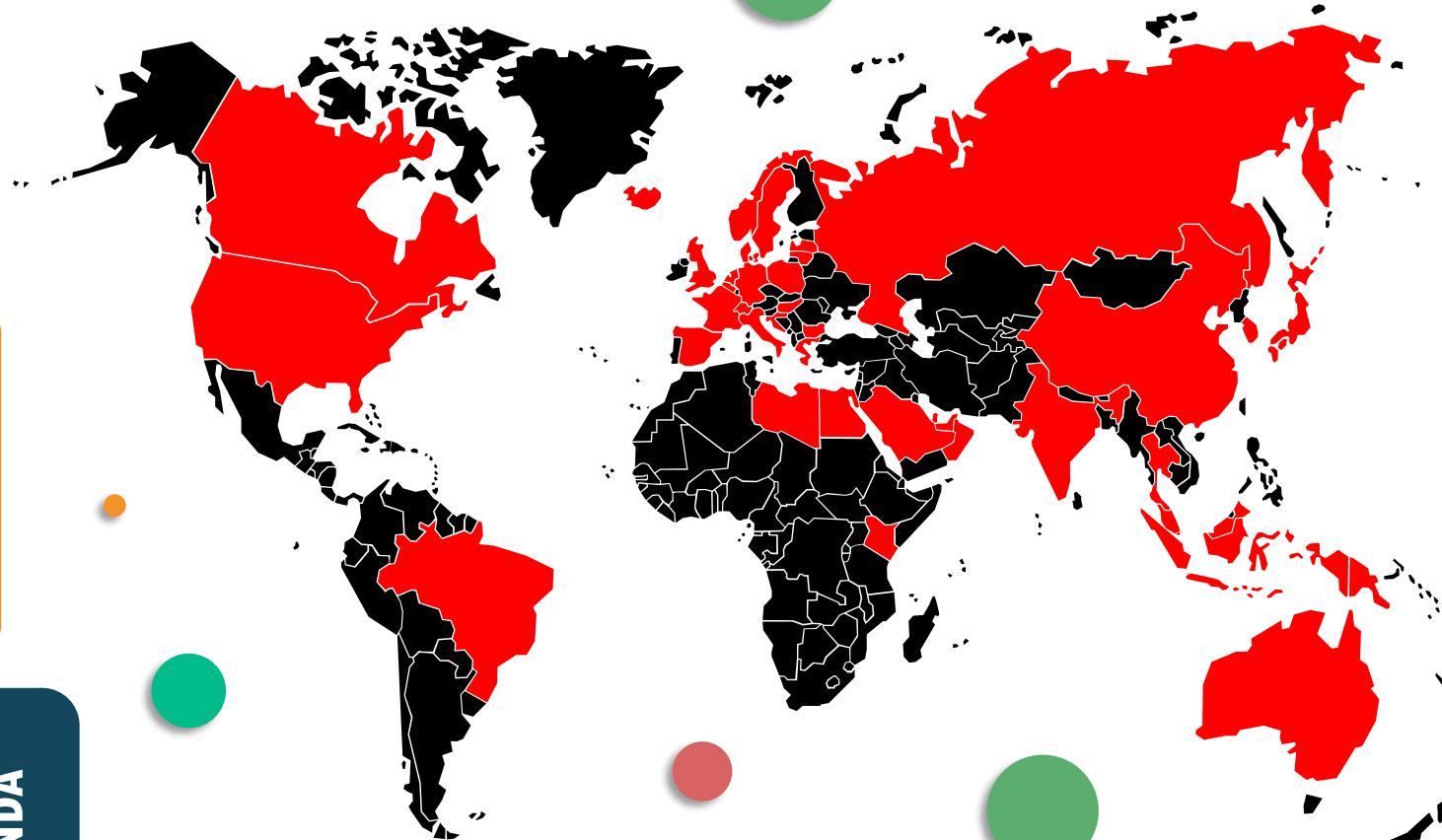
O CCS como parte do planejamento energético
brasileiro

INVESTIMENTOS

ESTRATÉGIA

DEMANDA

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

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

CCS

BECC
S

CCU
S

UM MERCADO GLOBAL DE OPORTUNIDADES

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](#)).

ESTRATÉGIA



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

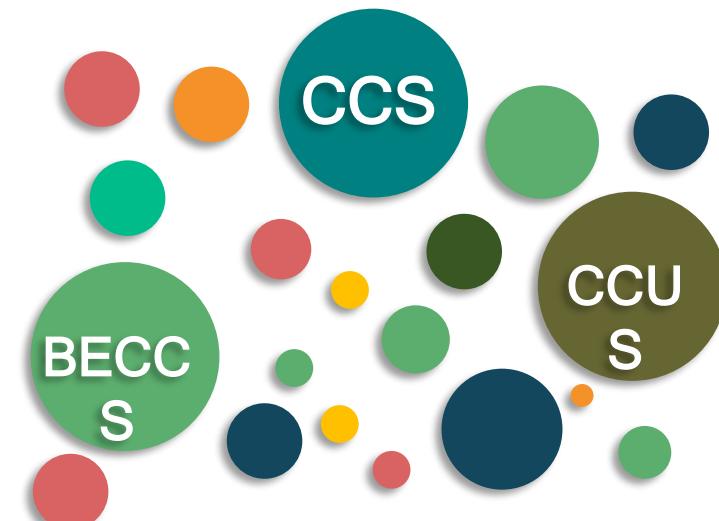
Por outro lado, **desacelerar** a implantação do **CCS** pode **contribuir**, significativamente, para a **ultrapassagem dos 1,5°C** e, em cenários piores, o limite de **2,0°C** ([Fuhrman et al., 2025](#)).



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](#)).

DEMANDA



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

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!



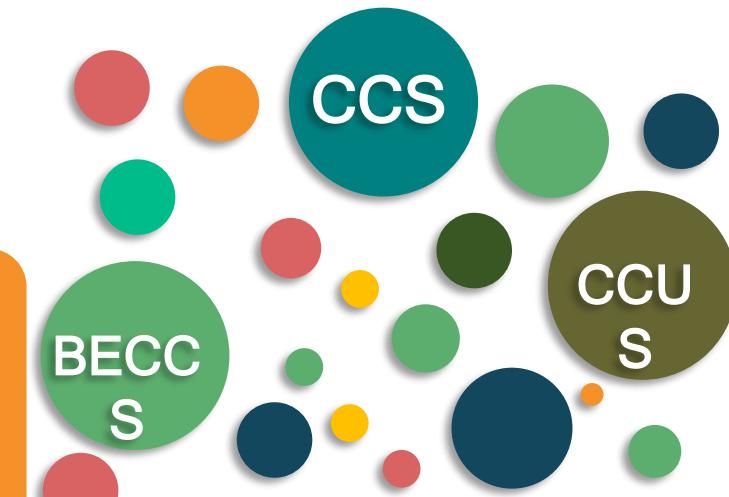
Segundo a **plataforma Inova-e**, entre 2013 e 2023, os **investimentos**, no Brasil, em pesquisa e desenvolvimento relacionados a **Captura, Transporte e Armazenamento de carbono** somaram:

R\$ 183 milhões

ESTRATÉGIA

DEMANDA

UM MERCADO GLOBAL DE OPORTUNIDADES



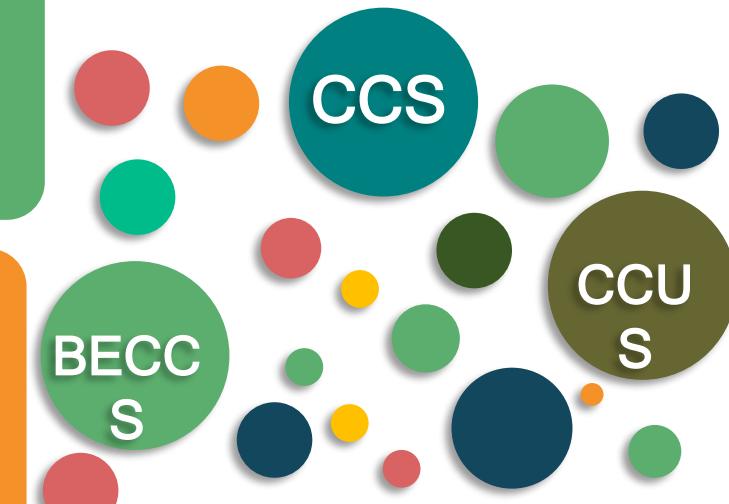
Como as diferentes rotas de captura, transporte e armazenamento de carbono têm atraído a atenção no mundo!

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!



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).

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

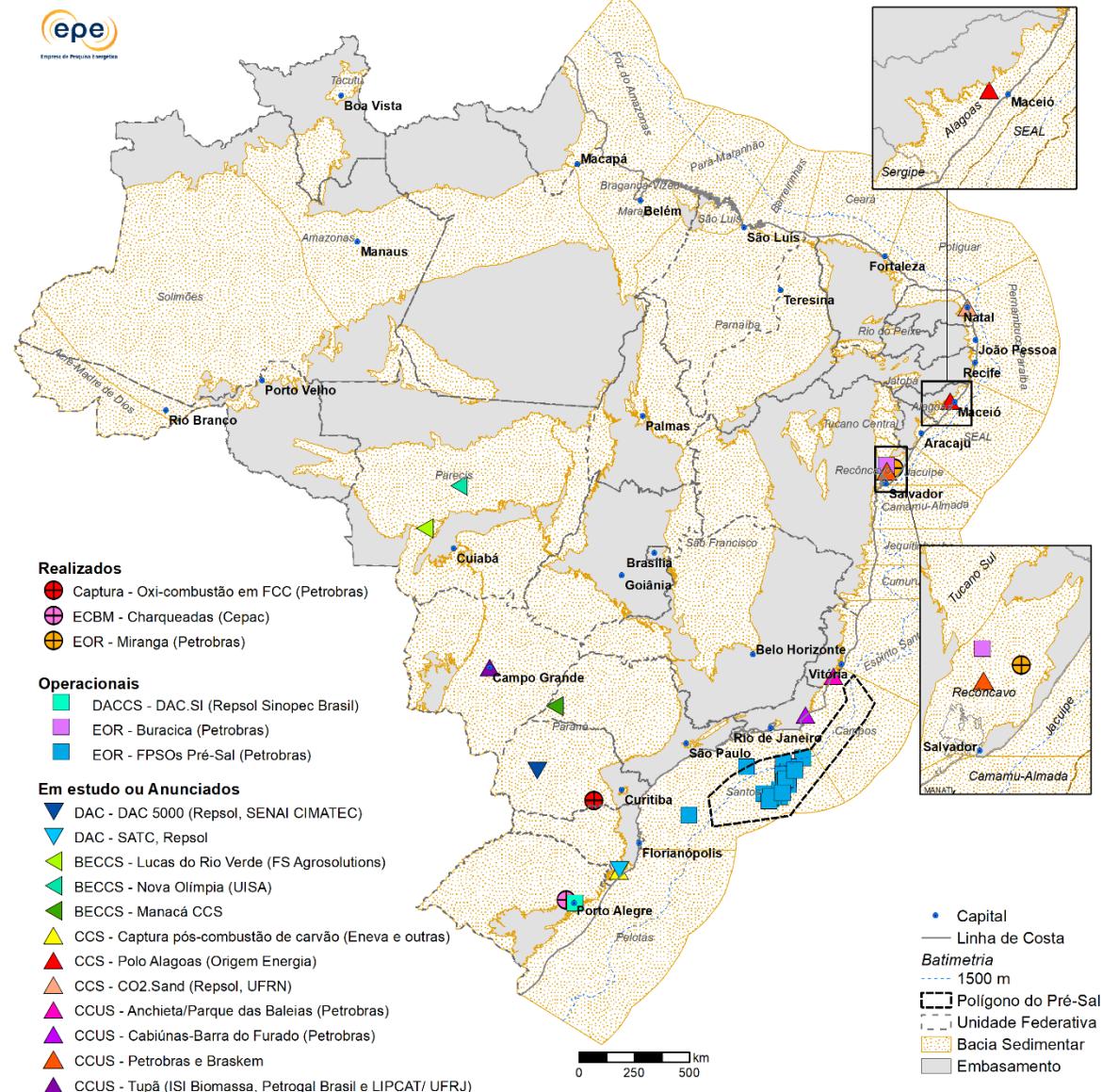
A Captura de CO₂ realizada nos campos do Pré-sal, da Bacia de Santos, é internacionalmente reconhecida como a maior do mundo!

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.

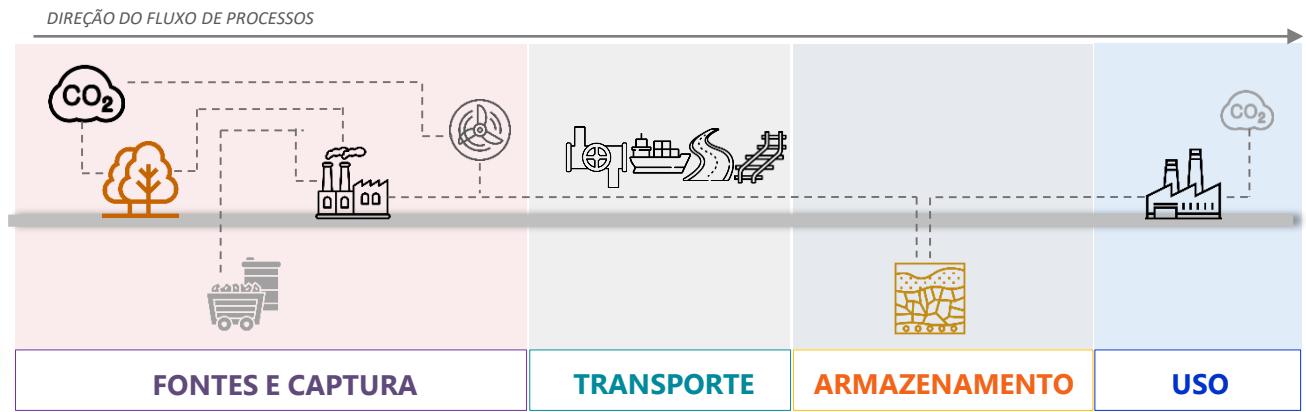
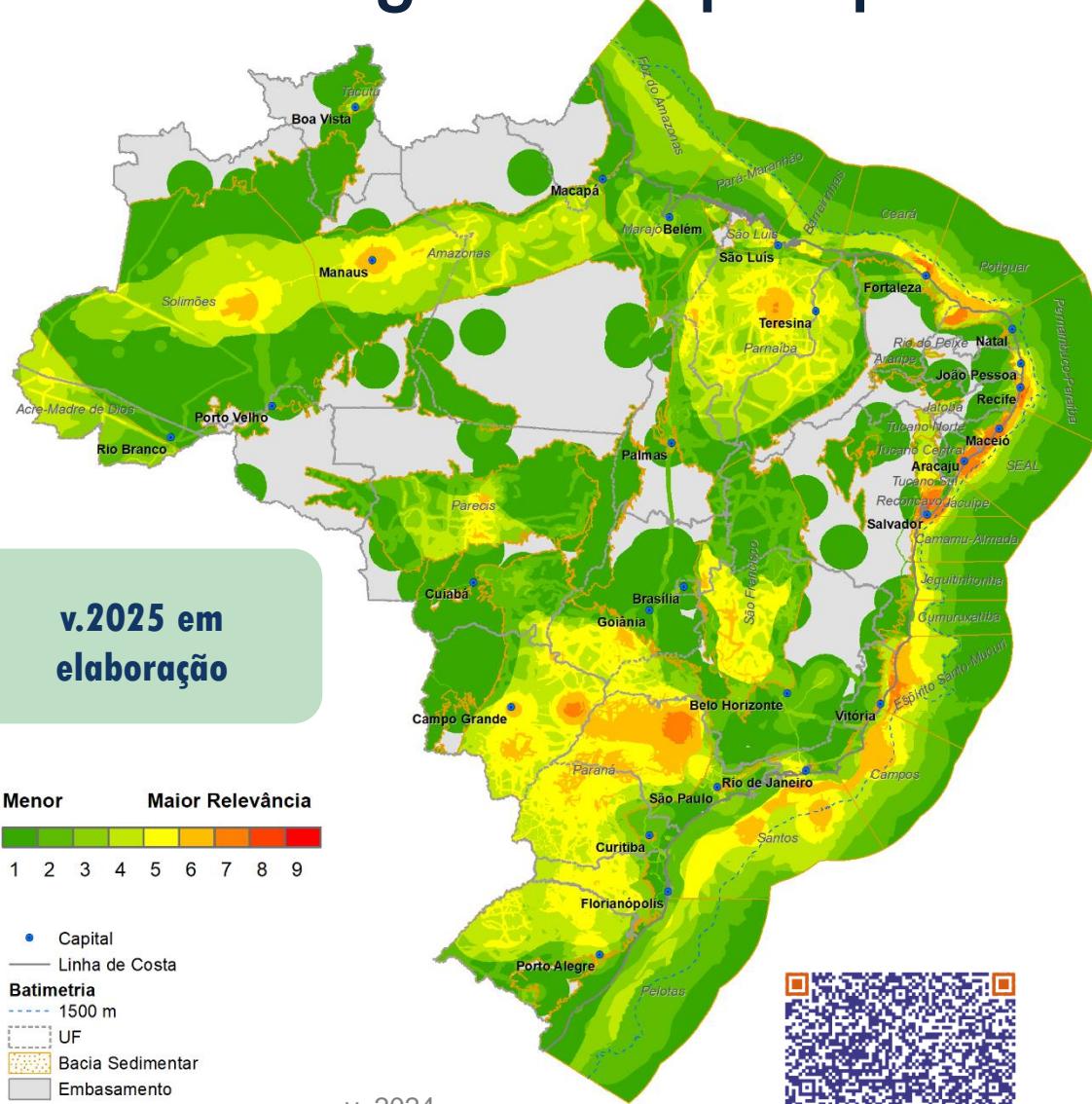
03



Reducir 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



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 depetados, 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

ACESSO A DADOS E COLABORAÇÃO
Facilitar o acesso a dados existentes e a aquisição de novas informações que se façam pertinentes, bem como criar mecanismos de apoio a colaboração entre interessados.

DIÁLOGO COM O PÚBLICO
Contribuir para a redução das preocupações públicas sobre segurança e impactos ambientais

REDUÇÃO DE CUSTOS E INCENTIVOS FINANCEIROS
Incentivar pesquisas e inovações tecnológicas para reduzir custos associados à captura, transporte, injeção e monitoramento. Estabelecer um mercado de créditos de carbono amigável ao investimento em CCS/CCUS e comparável a mercados internacionais.

MONITORAMENTO
Garantir o armazenamento de CO₂ de forma segura e permanente por escala de tempo pouco freqüente no desenvolvimento de projetos energéticos padrões.

Aumento da escala do CCS

1

MAPEAMENTO ESPECÍFICO DE OPORTUNIDADES

Direcionar recursos humanos e financeiros para levantamentos de dados atualizados com foco específico nesses sistemas.

TRANSPARÊNCIA
Envolver as múltiplas partes interessadas, do setor público e privado, academia e comunidades locais, com o compartilhamento de saberes, dúvidas e expectativas.

REGULAMENTAÇÃO ROBUSTA
Estabelecer um arcabouço regulatório adequado às particularidades dos diferentes tipos de sítios e harmonizado com outros instrumentos à fim de garantir a sustentabilidade técnica, ambiental e econômica dos projetos e assegurando padrões de segurança durante todo o ciclo de vida do armazenamento de CO₂.

CADEIA DE SUPRIMENTOS ESTRUTURADA
Assegurar a capacidade de fornecimento local de equipamentos, mão de obra qualificada, infraestrutura de transporte e serviços especializados, promovendo um mercado acessível, seguro e competitivo.

9

SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA

Integrar com outras soluções, como energias renováveis, à fim de garantir que os projetos de CCS/CCUS cumpram com os objetivos a que se propõem, de redução ou remoção do CO₂, de forma ambientalmente sustentável e economicamente eficiente.

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

