

PDE 2034

Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034

Meio Ambiente e Energia

Outubro 2024



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Ficha técnica

(composição dos cargos em 15 de agosto de 2024)



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Arthur Cerqueira Valerio

Secretário de Energia Elétrica

Gentil Nogueira de Sá Junior

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Pietro Adamo Sampaio Mendes

Secretário de Transição Energética e Planejamento

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

www.mme.gov.br



Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo da Cruz Garcia

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa (interino)

Thiago Guilherme Ferreira Prado

www.epe.gov.br

PDE 2034

Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034

Meio Ambiente e Energia

Coordenação Executiva

Thiago Ivanoski Teixeira

Coordenação Técnica

Elisângela Medeiros de Almeida

Glauce Maria Lieggio Botelho

Hermani de Moraes Vieira

Equipe Técnica

Superintendência de Meio Ambiente

Ana Dantas Mendez de Mattos

Cristiane Moutinho Coelho

Guilherme de Paula Salgado

Marcos Ribeiro Conde

Mariana Lucas Barroso

Valentine Jahnel

Verônica S. M. Gomes

Apoio Administrativo

Maria de Fátima dos Santos

Rio de Janeiro, 2024

Foto da capa: EPE.

Valor público

Este caderno apresenta a análise socioambiental da expansão energética planejada, com o objetivo de discutir as principais questões associadas à produção, geração e transmissão de energia no horizonte do PDE 2034. Com essa publicação, a EPE busca trazer transparência ao processo de planejamento, diminuindo a assimetria de informações sobre as questões socioambientais e o planejamento da expansão energética.



Principais questões socioambientais da trajetória energética



TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA E INCLUSIVA

Uma transição energética que contribua para o desenvolvimento sustentável com foco na redução das desigualdades socioeconômicas

- Garantir a geração e distribuição de benefícios (emprego e renda)
- Eliminar a desigualdade no acesso aos serviços energéticos
- Fomentar ações específicas para grupos vulnerabilizados
- Reduzir a disparidade de gênero e desigualdade étnico-racial
- Garantir a participação social inclusiva com transparência e responsabilidade

PRINCIPAIS INICIATIVAS

- Política Nacional de Transição Energética ([PNTE](#)) e seus instrumentos Plano Nacional de Transição Energética (PLANTE) e Fórum Nacional de Transição Energética (FONTE)



MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Questões climáticas cada vez mais relevantes para a expansão energética devido às emissões de GEE e à vulnerabilidade frente a alterações do clima

- Contribuir com ações de mitigação para o alcance das metas e do net zero em 2050 propostos em sua Contribuição Nacional Determinada (NDC)
- Incorporar de forma definitiva ações de adaptação às alterações climáticas ao planejamento energético

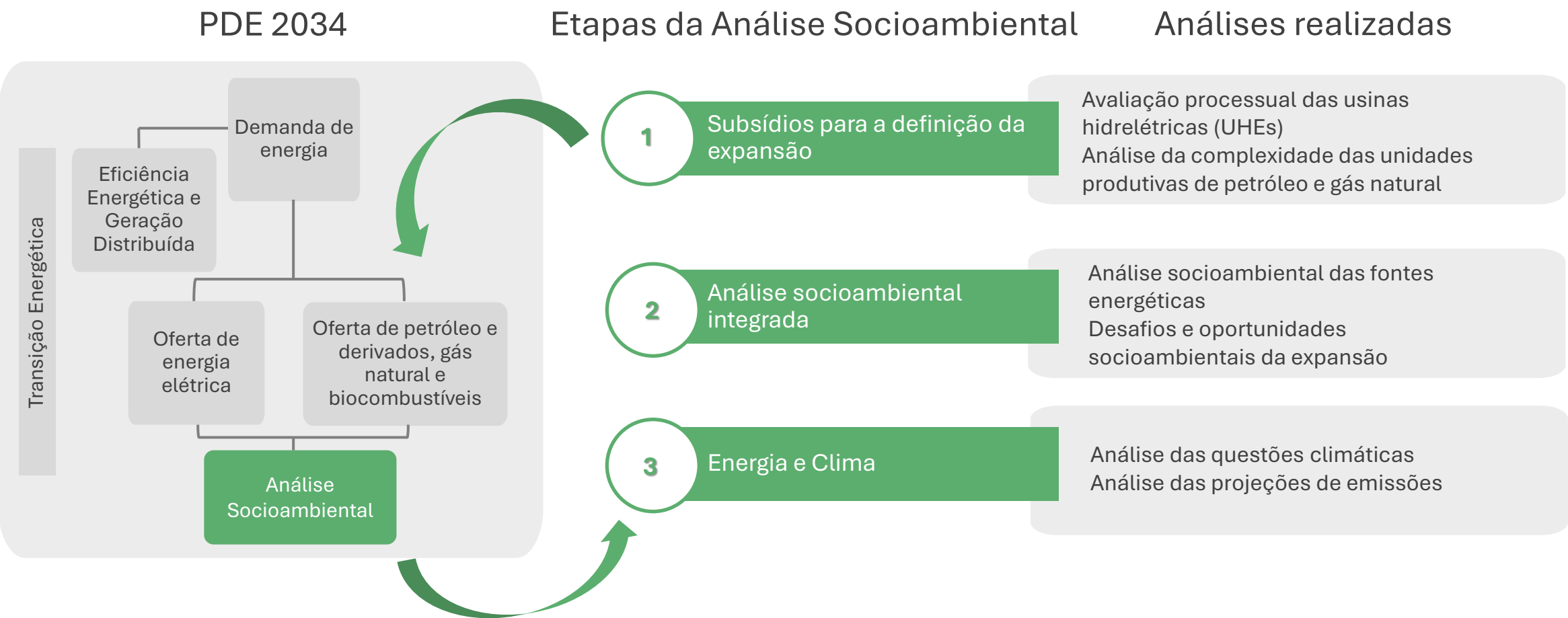
PRINCIPAIS INICIATIVAS

- Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação, em elaboração no âmbito do Plano Clima 2024-2035
- Plano de Recuperação de Reservatórios de Regularização de Usinas Hidrelétricas (PRR)

Para a construção da trajetória energética neste ciclo do PDE, se destacaram as discussões associadas à transição energética justa e inclusiva e às mudanças climáticas.

Análise Socioambiental

Etapas da Análise Socioambiental



A análise socioambiental da expansão energética busca discutir as principais questões socioambientais que conectam energia e meio ambiente.

Subsídios para a definição da expansão

Avaliação processual das usinas hidrelétricas

Aspectos considerados



Grupo analisado

34 UHEs > 50 MW com registro ativo para elaboração de estudos de viabilidade na Aneel

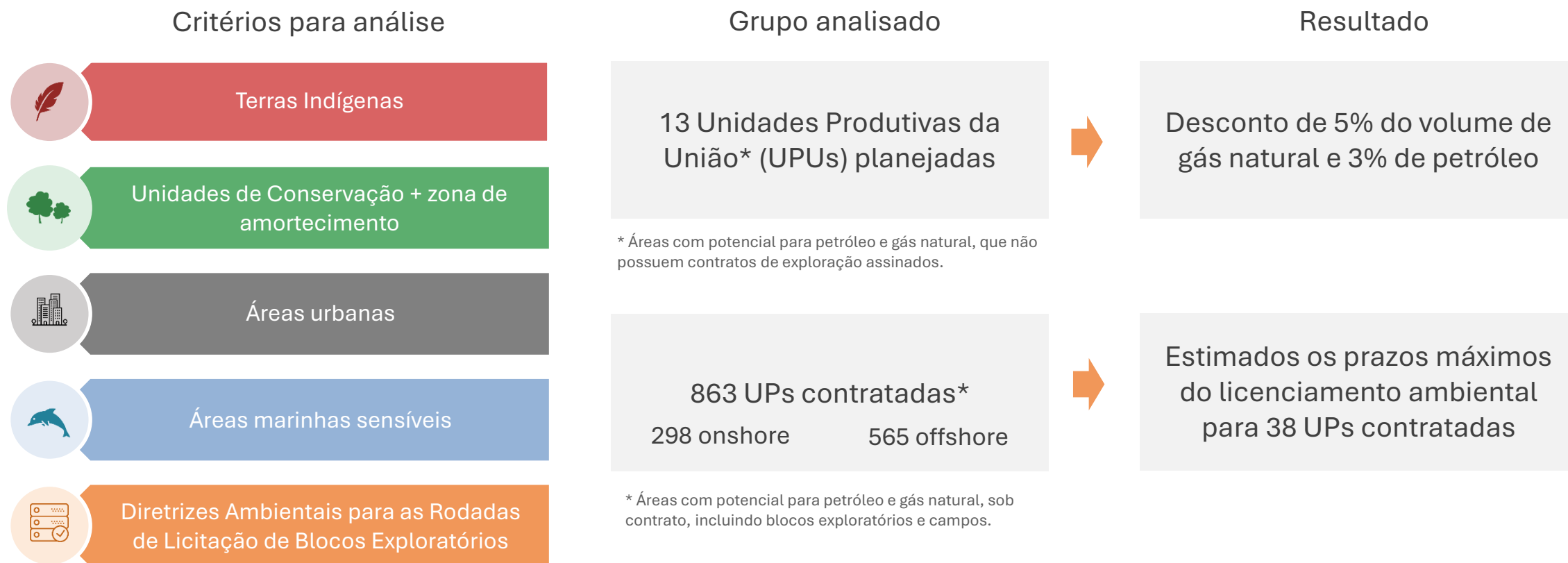


Resultado

3 UHEs teriam a possibilidade de entrar em operação no horizonte decenal

A avaliação processual busca estimar o ano possível para entrada em operação das UHEs a fim de saber quais usinas estariam candidatas à expansão até 2034 e o resultado indicou 3 UHEs aptas.

Análise de complexidade socioambiental das unidades produtivas de petróleo e gás natural



A análise visa ajustar as previsões de produção conforme as preocupações dos órgãos ambientais. O resultado indicou o desconto de 5% do volume de gás natural e 3% de petróleo nas UPUs. Não foi necessário atribuir atrasos adicionais às UPs contratadas, uma vez que sua viabilização deverá demandar um prazo maior que o licenciamento ambiental.

Análise Socioambiental Integrada

Expansão energética contratada

Norte: destacam-se as UTEs a gás natural, as UTEs renováveis e as linhas de transmissão

Centro - Oeste: destacam-se as hidrelétricas (PCHs e CGHs), as usinas de etanol e UTEs renováveis

Sul: destacam-se as hidrelétricas (PCHs e CGHs) e as linhas de transmissão planejadas

Nordeste: destacam-se as eólicas, as fotovoltaicas e as UTEs a gás natural, além das linhas de transmissão para escoamento

Sudeste: destacam-se a infraestrutura de petróleo e gás natural e as UTEs renováveis

Ampliações



EXPANSÃO DE ENERGIA

- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| ▲ UHE | 🏭 UTE Gás Natural |
| ▲ PCH e CGH | 🏭 UTE Nuclear |
| ⚙️ Parque Eólico | 🚚 Terminal de GNL |
| ☀️ Parque Solar | 🛢️ Gasoduto |
| ▲ UTE Renovável | 🏭 UPGN |
| 🌿 Usina de Etanol | 🏭 Refinaria |
| 🌿 Usina de Biodiesel | 🏭 Conjunto de Ativos de Refino |
| 📶 Linhas de Transmissão | 📦 Unidades Produtivas Contratadas |

A análise espacial da expansão de energia apresenta o conjunto dos projetos contratados, permitindo a identificação preliminar de possíveis efeitos cumulativos nas regiões de maior ocorrência dos empreendimentos.

Temas socioambientais



Sete temas socioambientais sintetizam as principais interferências socioambientais da expansão prevista no PDE 2034, a partir das sensibilidades de cada região.

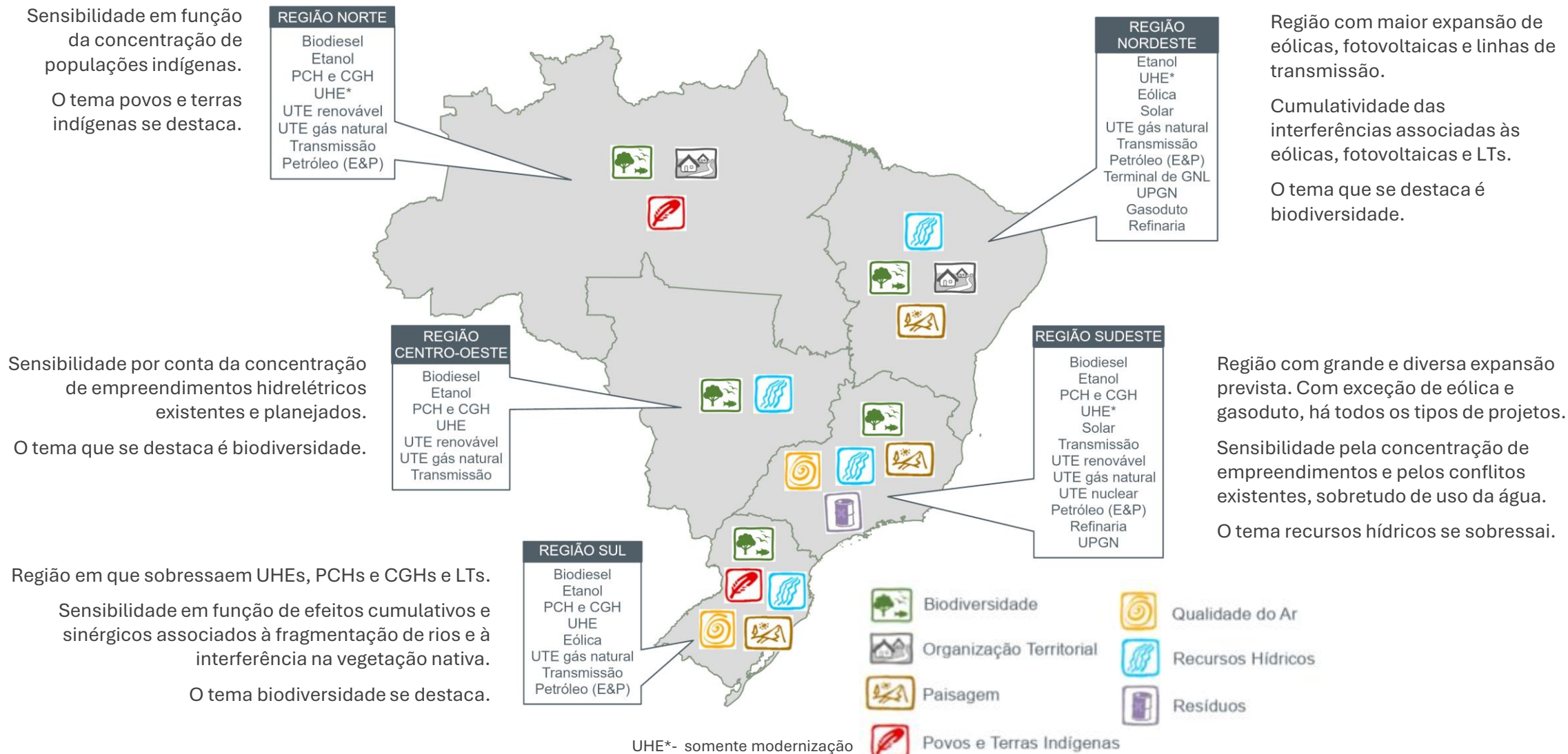
Matriz síntese da análise socioambiental integrada

Regiões → Fontes ↓	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
UHE					
PCH e CGH		-			
UTE fóssil (gás natural)					
UTE nuclear	-	-	-		-
UTE renovável		-			-
Eólica	-		-	-	
Solar fotovoltaica	-		-		-
Transmissão					

Regiões → Fontes ↓	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
E&P de petróleo e GN			-		
Refinaria, UPGN e terminal de GNL	-		-		-
Gasoduto	-		-	-	-
Etanol					
Biodiesel		-			

	biodiversidade		povos e terras indígenas		resíduos
	organização territorial		qualidade do ar		interferências inexpressivas
	paisagem		recursos hídricos	-	não há previsão de expansão

Mapa síntese da análise socioambiental integrada



Desafios e oportunidades socioambientais estratégicas

Desafios socioambientais estratégicos



Compatibilização da produção, geração e transmissão de energia com a conservação da biodiversidade

- O uso dos recursos naturais pelo setor energético pode acarretar processos impactantes negativos na biota, nos habitats e em processos ecológicos.
- As interferências na biodiversidade são uma preocupação considerando: a concentração de empreendimentos eólicos, fotovoltaicos e linhas de transmissão; hidrelétricas em regiões sensíveis ou fragmentadas por uma grande quantidade de barramentos; e atividades do setor petrolífero.
- É essencial prosseguir com iniciativas e articulações com o setor de meio ambiente na busca por soluções conjuntas.



Compatibilização da geração e produção de energia com outros usos da água

- A gestão dos recursos hídricos é complexa, principalmente onde há grande demanda pelo recurso ou em áreas de baixa disponibilidade de água.
- Essa situação se agrava ao considerarmos as alterações climáticas e a ocorrência de eventos de escassez hídrica.
- O setor energético usa a água para a geração hidrelétrica, resfriamento de UTEs, limpeza de painéis fotovoltaicos e irrigação de cana-de-açúcar.
- o setor energético tem a responsabilidade de otimizar o uso do recurso hídrico e considerar os usos múltiplos da água.

Os desafios socioambientais estratégicos expressam a complexidade socioambiental da expansão energética, refletindo as principais questões a serem enfrentadas.

Desafios socioambientais estratégicos



Mitigação e adaptação às mudanças climáticas

- O setor energético está fortemente relacionado às questões climáticas seja pela mitigação das emissões, seja pela sua necessidade de adaptação dos projetos energéticos às alterações do clima.
- A mitigação é particularmente desafiadora para toda a cadeia do petróleo, gás natural e derivados.
- Quanto à adaptação, todo o sistema energético está sujeito aos impactos dos fenômenos climáticos.
- A tendência é o setor direcionar cada vez mais esforços para soluções que levem em conta o processo de transição energética desejado e os compromissos brasileiros.



Transição energética justa e inclusiva

- A transição energética deve contribuir para o desenvolvimento sustentável com foco na redução das desigualdades socioeconômicas.
- É necessário colocar as pessoas no centro das políticas públicas, a fim de combater a pobreza energética e garantir o acesso à energia confiável, moderna e com preço acessível a todas as camadas da população, conforme preconiza o ODS 7.
- São necessárias estratégias e políticas públicas que considerem desde aspectos regionais até a escala comunitária, enxergando diversos recortes da sociedade.

As mudanças climáticas e a transição energética justa e inclusiva são os maiores desafios socioambientais estratégicos do planejamento energético brasileiro.

Oportunidades socioambientais estratégicas



Aproveitamento energético dos resíduos

- Grande potencial energético a ser aproveitado, contribuindo para melhor gestão ambiental das regiões produtoras.
- Diferentes matérias-primas e variedade de usos energéticos.
- Além de gerar energia, o aproveitamento dos resíduos proporciona diversos ganhos sociais, ambientais e econômicos para a sociedade brasileira.



Otimização de recursos e de infraestrutura

- Repotenciação e modernização de usinas hidrelétricas existentes.
- Hibridização das fontes com empreendimentos já existentes.
- Aproveitamento da infraestrutura do setor petrolífero para outros tipos de produção de energia.
- Melhor aproveitamento do recurso e minimização de impactos, sobretudo quando se evita a construção de novos projetos.



Mecanismos de sustentabilidade e de descarbonização

- Transação de créditos de carbono e certificados de energia renovável.
- Adoção de ferramentas de sustentabilidade (ESG, IFC, PSA, ODS).
- Promoção da sustentabilidade e descarbonização a partir de mecanismos que agregam valor socioambiental e econômico a projetos, gerando benefícios energéticos.

As oportunidades socioambientais estratégicas representam a possibilidades de agregar valor socioambiental à expansão energética, possuem uma conjuntura favorável, mas ainda são pouco exploradas.

PDE 2034

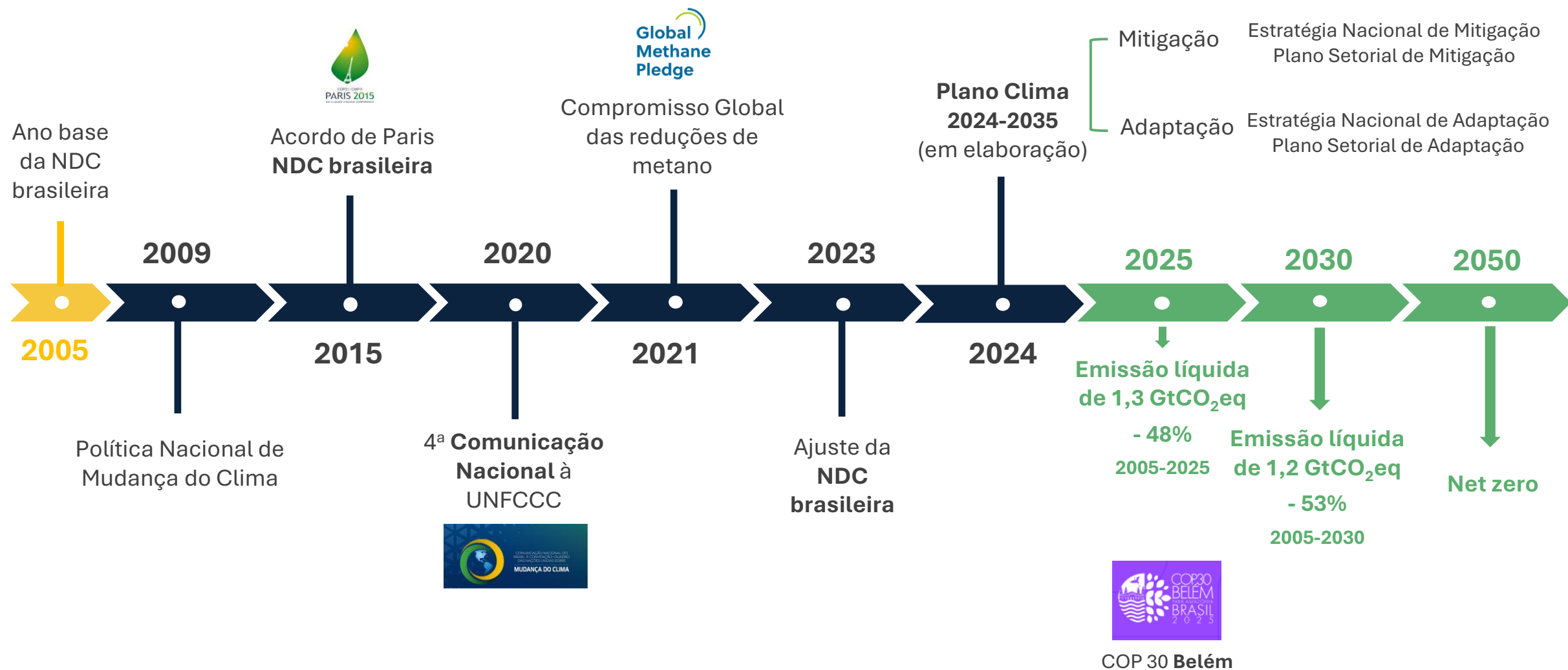
Energia e Clima



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Conjuntura das políticas climáticas e compromissos assumidos pelo Brasil



Mitigação às mudanças climáticas

O setor energético brasileiro tem como desafio buscar soluções e tecnologias inovadoras, tendo em vista as particularidades do País e a custo-efetividade dos caminhos possíveis.

CAMINHOS DA MITIGAÇÃO

- Instrumentos de precificação de carbono e regulação do mercado de carbono.
- Tecnologias de remoção de dióxido de carbono: captura e armazenamento de carbono (CCS), captura e uso de carbono (CCUS), bioenergia com captura e armazenamento de carbono (BECCS ou Bio-CCS) e captura direta de CO₂ (DACCS ou DAC).
- Desenvolvimento de tecnologias, como o hidrogênio de baixo carbono.
- Remoções de carbono da atmosfera por meio de florestas ou outros ambientes naturais.
- Estabelecimento de metas corporativas de redução de emissões.
- Estabelecimento de compromissos como os setores de transportes marítimo e aéreo.



Principais políticas e programas nacionais para redução das emissões

- Programa Combustível do Futuro
- Renovabio
- Programa Nacional de Uso e Produção de Biodiesel
- Programa Nacional do Hidrogênio
- Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano e Programa Metano Zero
- Programa Energias da Amazônia

A principal estratégia de mitigação de emissões de GEE do setor de energia é justamente manter elevada a participação das fontes renováveis na matriz, a fim de garantir que as emissões decorrentes da produção e uso de energia continuem baixas.

Adaptação às mudanças climáticas

O panorama climático brasileiro reforça os desafios que já vêm sendo experimentados. Cada vez mais, ocorrem eventos climáticos com impactos significativos no sistema energético.

POTENCIAIS IMPACTOS E VULNERABILIDADES DO SISTEMA ENERGÉTICO FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS



Altas temperaturas implicam em aumento na **demanda** para refrigeração.



Mudanças nos padrões de radiação incidente na superfície impactam a geração **solar**.



Alterações nos padrões de precipitação e temperatura impactam os recursos **bioenergéticos**.



Alterações nos padrões de precipitação e vazões impactam a geração **hidrelétrica**.



Altas temperaturas e restrição hídrica reduzem eficiência e capacidade das plantas **termelétricas**.



Alterações nas condições oceânicas impactam a infraestrutura de **petróleo e gás natural**.



Alteração nos padrões de ventos impactam a geração **eólica**.



Altas temperaturas reduzem a eficiência das linhas e transformadores.

Queimadas, raios e rajadas de ventos implicam em danos às estruturas do sistema de **transmissão**.



Variações climáticas e eventos extremos impactam na **segurança energética**.

Estudos da EPE



Fortalecimento da Resiliência do Setor Elétrico em Resposta às Mudanças Climáticas



Escassez hídrica em 2021



Base de dados de indicadores de mitigação e adaptação às mudanças climáticas

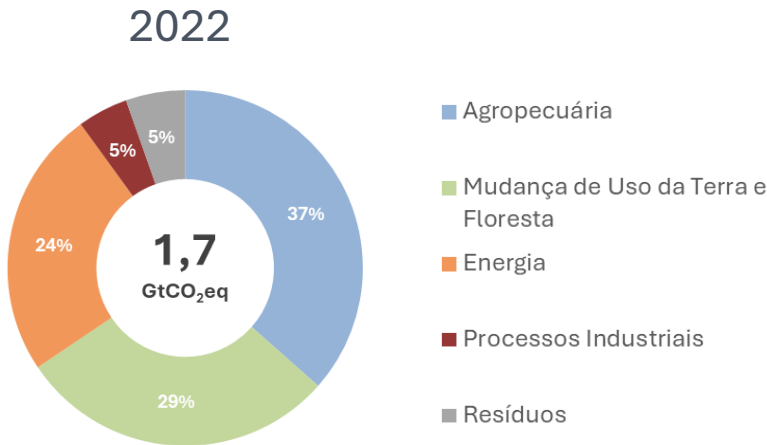
As mudanças climáticas, graduais e extremas, podem causar impactos na infraestrutura, nos serviços e no sistema energético como um todo.

Análise das emissões de GEE

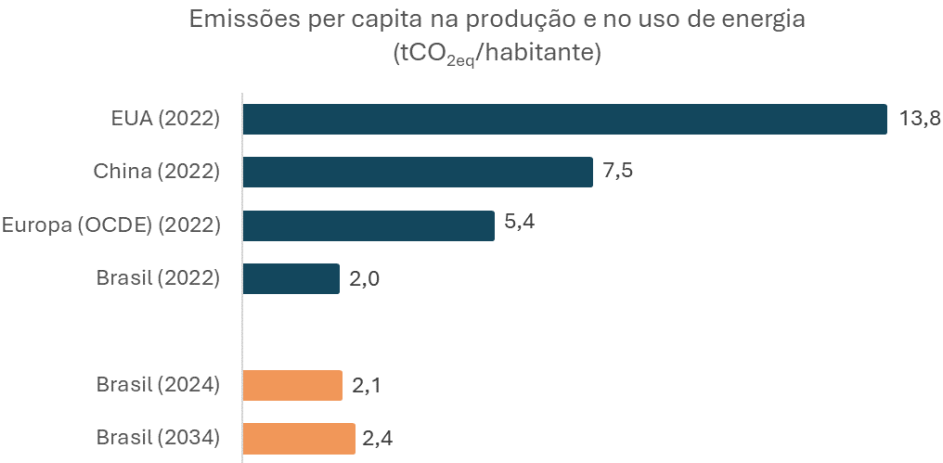
Emissões de GEE e o setor de energia

Emissões de GEE no Brasil

- Os setores que mais emitiram em 2022 foram Agropecuária e Mudança de uso da terra e floresta.
- O setor de Energia respondeu por apenas 24% das emissões brasileiras em 2022, consequência de sua matriz com grande participação de renováveis.
- As emissões brasileiras per capita na produção e no uso de energia são baixas comparativamente a outros países.
- Contudo, a esperada melhoria nos padrões socioeconômicos do País implicará em aumento de suas emissões até 2034.



Fonte: SEEG / Observatório do Clima

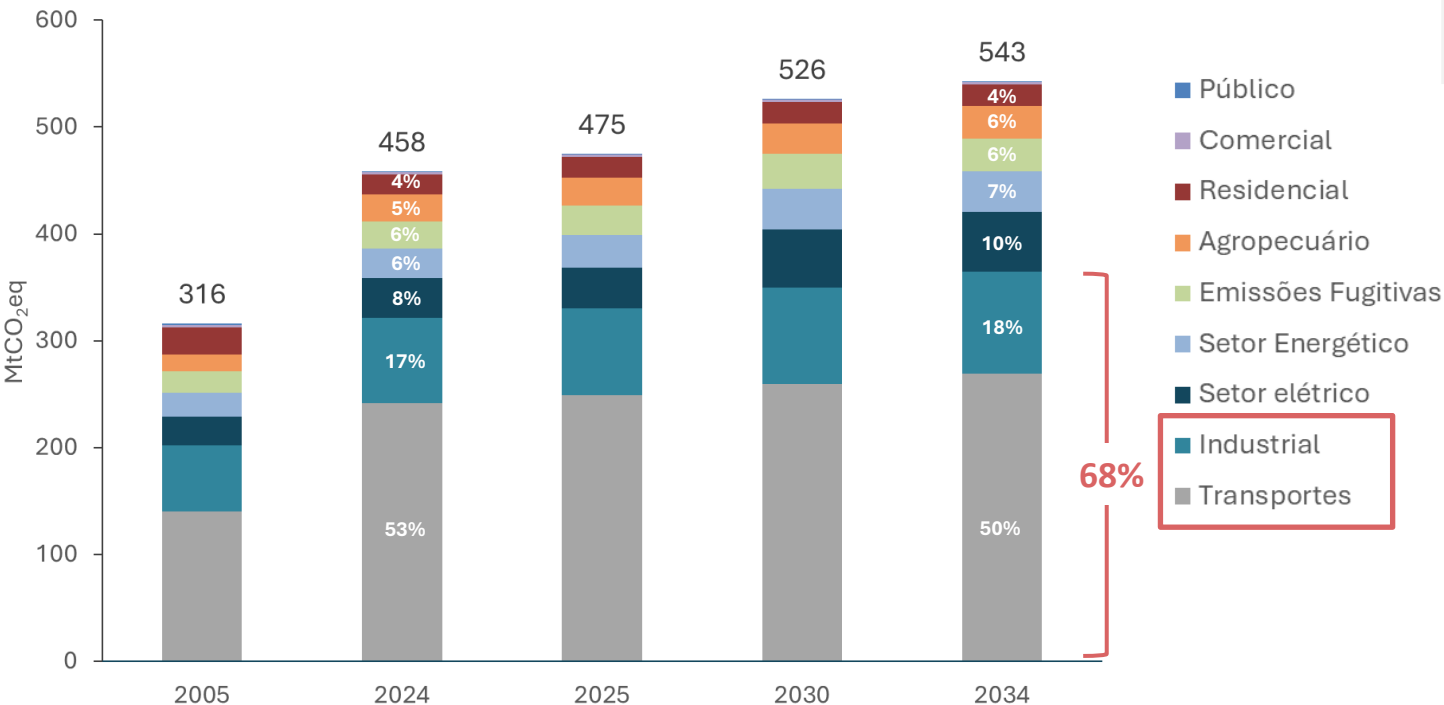


Fonte: EPE e IEA

O setor de energia brasileiro se destaca, mundialmente, por possuir uma matriz energética de baixa emissão per capita. Em 2022, as emissões do setor de energia responderam por apenas 24% das emissões brasileiras.

Projeções e análises de emissões de GEE

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



Ferramenta Emissões de GEE – PDE 2034

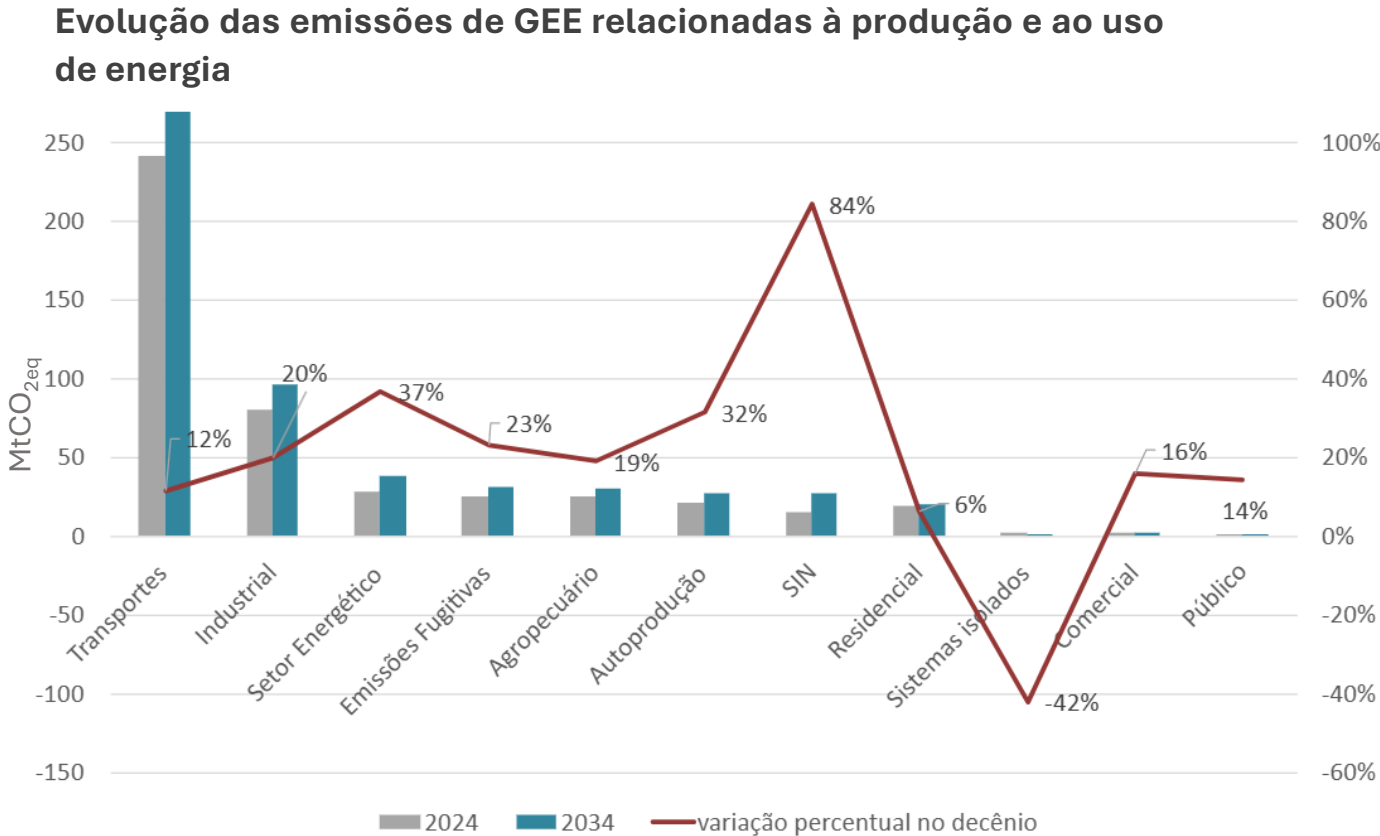
Os dados da projeção de emissões de GEE estão disponíveis para download na ferramenta “Emissões de GEE – PDE 2034”: [DashboardGEE \(epe.gov.br\)](https://epe.gov.br/dashboardggee). Metodologia de cálculo: [Informativo Técnico Metodologia de Cálculo de Emissões de GEE](#)

Ao longo do horizonte decenal...

- O total de emissões é crescente em todos os setores da produção e uso de energia, refletindo a perspectiva de crescimento econômico do País.
- O crescimento da economia e de investimentos em infraestrutura estão vinculados a um aumento na demanda e oferta por energia.
- Os setores de transporte e indústria continuam sendo os principais emissores. Eles mantêm sua participação e somam 68% do total das emissões em 2034.

A expansão prevista no PDE permitirá ao Brasil manter o desempenho de sua matriz energética entre os países que menos emitem gases de efeito estufa na produção e consumo de energia.

Projeções e análises de emissões de GEE



Nota: O setor elétrico é composto por autoprodução, SIN e sistemas isolados.

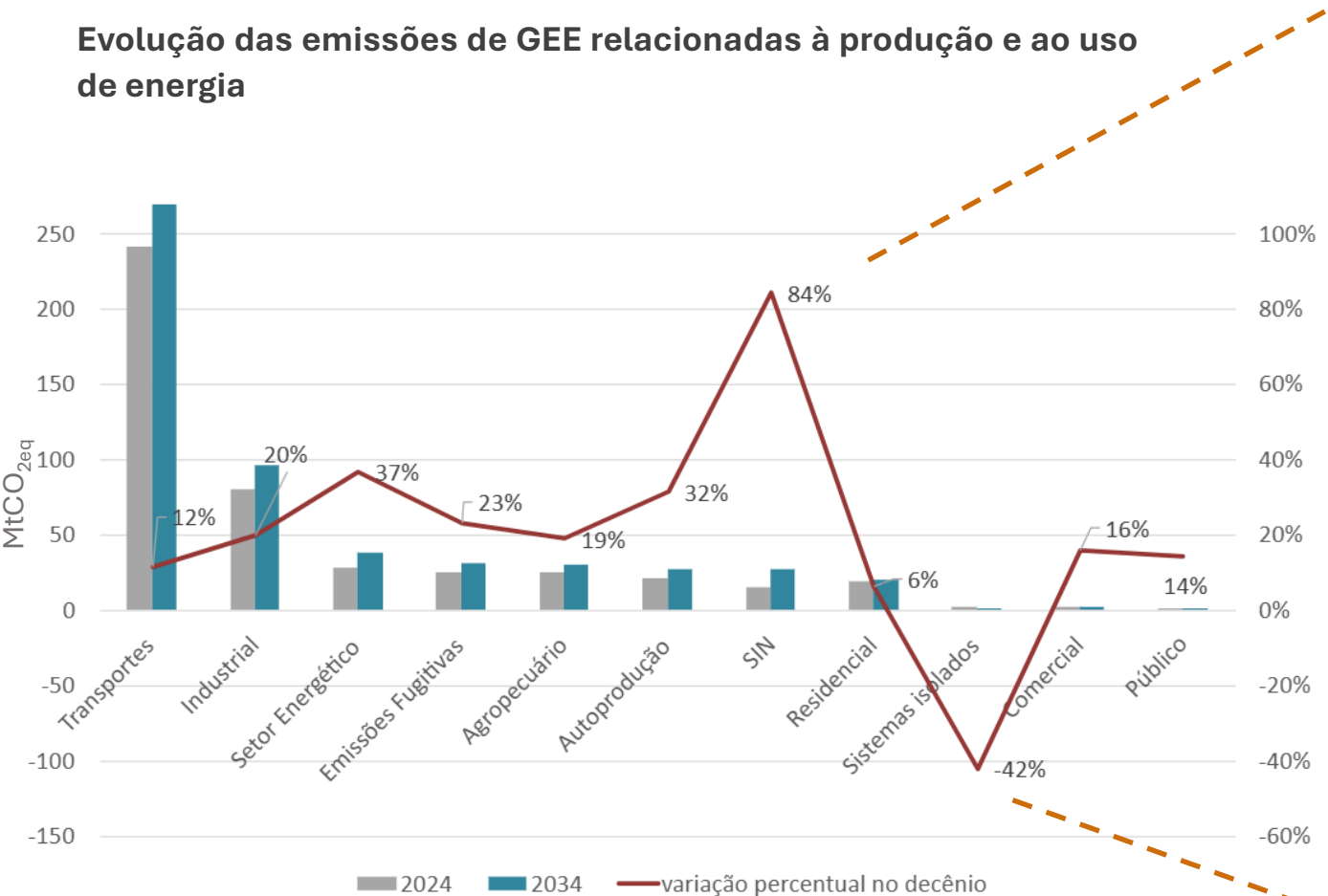
Ao longo do horizonte decenal, destacam-se:

- A variação percentual média nas emissões dos setores no decênio é de 20%.
- O setor de transportes continua sendo o maior emissor, porém apresenta uma variação baixa (12%), refletindo:
 - ✓ Substituição de combustíveis por renováveis, como etanol e SAFs;
 - ✓ Ganhos em eficiência de motorização e sistêmica;
 - ✓ Inserção de veículos elétricos.
- O setor energético tem variação de 37%, refletindo maior demanda e consumo associados à exploração, produção e refino de petróleo e gás.
- Destaca-se que a intensidade de carbono na exploração de petróleo e gás no Brasil é menor em comparação com a média global ([EPE, 2024](#)).

O setor de transportes continua sendo o maior emissor do setor de energia brasileiro. Entretanto, destaca-se que sua variação percentual no decênio é baixa devido à substituição de combustíveis e tecnologias, além de ganhos em eficiência.

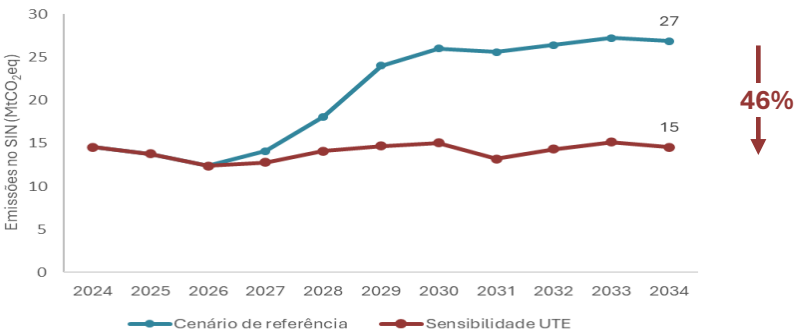
Projeções e análises de emissões de GEE

Evolução das emissões de GEE relacionadas à produção e ao uso de energia



Nota: O setor elétrico é composto por autoprodução, SIN e sistemas isolados.

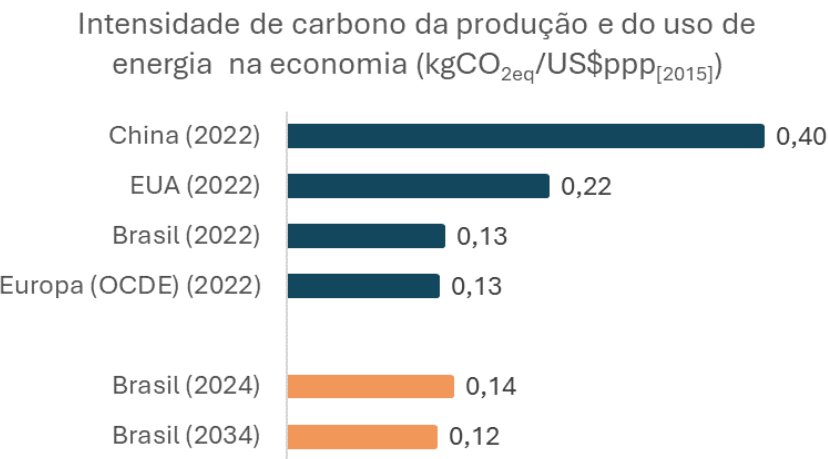
- Apesar de responder em 2034 por apenas 5% das emissões totais de energia, o Sistema Interligado Nacional (SIN) apresenta a maior variação no decênio (84%), em função da entrada de UTEs a gás natural (Lei n. 14.182/2021).
- Foi feita análise de sensibilidade sem a entrada compulsória das UTEs ainda não contratadas.
- O resultado mostra que, em relação ao cenário de referência, haveria decréscimo das emissões do SIN de 46% em 2034 e de 33% nas emissões acumuladas no decênio. Essa redução se deve à entrada de UTEs a gás flexíveis, eólicas e fotovoltaicas.



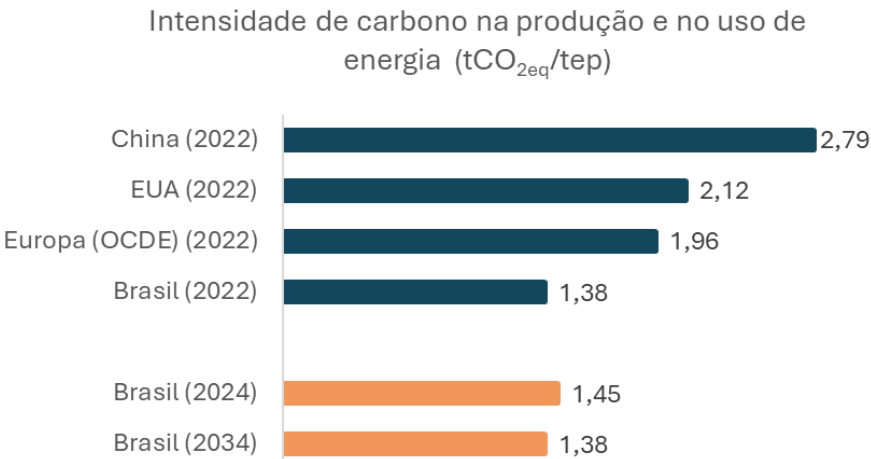
- Os Sistemas Isolados têm uma variação negativa, refletindo, dentre outras ações, a interligação Manaus-Boa Vista.

Projeções e análises de emissões de GEE

- A intensidade de carbono na economia refere-se às emissões na produção e no uso de energia por PIB. Esse indicador permite avaliar a eficiência de uma economia em relação à emissão de carbono no setor de energia.
- A intensidade de carbono na produção e no uso da energia representa quanto se emite para produzir uma unidade energética (tep). Esse indicador permite avaliar a eficiência na produção e no uso da energia em relação à emissão de carbono.
- Em comparação a outros países, o Brasil possui menor intensidade de carbono na economia e também na produção e no uso da energia. Essa baixa intensidade se mantém nos próximos dez anos.



Fonte: EPE e IEA



Fonte: EPE e IEA

Ao longo do horizonte, o Brasil mantém sua baixa intensidade de carbono na economia e na produção e no uso da energia quando comparado a outros países, mesmo com o crescimento econômico previsto no PDE.

Considerações Finais

- Foram identificados quatro desafios socioambientais estratégicos da expansão energética relacionados a: conservação da biodiversidade, uso da água, mudanças climáticas e transição energética justa e inclusiva.
- Neste ciclo do PDE, as mudanças climáticas e a transição energética justa e inclusiva se destacam nas discussões socioambientais para a construção da trajetória energética.
- Foram reconhecidas oportunidades socioambientais estratégicas associadas a: aproveitamento energético dos resíduos, otimização de recursos e de infraestrutura e mecanismos de sustentabilidade e descarbonização.
- Na terceira atualização da sua NDC feita em 2023, o Brasil se propôs a reduzir em 48% suas emissões em 2025 e 53% em 2030, além de reiterar o compromisso *net zero* em 2050. O Plano Clima é o instrumento que consolidará a estratégia da política climática brasileira.
- O total de emissões ao longo do horizonte decenal é crescente, refletindo a perspectiva de crescimento econômico do País. Os principais responsáveis continuam sendo os setores de transportes e industrial, que somarão 67% em 2034.
- A principal estratégia do setor energético para mitigação das emissões é manter a grande participação de renováveis e buscar soluções e tecnologias inovadoras, tendo em vista as particularidades do País e a custo-efetividade dos caminhos possíveis.
- Quanto à adaptação, as estratégias passam por compreender melhor as alterações climáticas e seus impactos, incorporar ações no planejamento e priorizar medidas que fortaleçam a resiliência do sistema de maneira integrada.





PDE 2034

Clique [aqui](#) e acesse todos os estudos do PDE 2034



Siga a EPE nas redes sociais e mídias digitais:



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

