

# Cenários Energéticos

Plano Nacional de  
Energia 2055



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# FICHA TÉCNICA

(composição dos cargos em fevereiro de 2026)



Ministro de Estado

**Alexandre Silveira de Oliveira**

Secretário Executivo

**Gustavo Cerqueira Ataíde**

Secretário Nacional de Energia Elétrica

**João Daniel de Andrade Cascalho**

Secretária Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

**Ana Paula Lima Vieira Bittencourt**

Secretário Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

**Renato Cabral Dias Dutra**

Secretária Nacional de Transição Energética e Planejamento (Substituta)

**Lorena Melo Silva Perim**

[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)

Rio de Janeiro, 2026



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

**Carlos Eduardo Cabral Carvalho**

[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)

# EQUIPE TÉCNICA

## EPE

---

Adriana Queiroz Ramos  
Allex Yujhi Gomes Yukizaki  
Aline Moreira Gomes  
Ana Claudia Sant'Anna Pinto  
Ana Cristina Braga Maia  
Ana Dantas Mendez de Mattos  
Angela Oliveira da Costa  
Arnaldo dos Santos Junior  
Arthur Cortez Pires de Campos  
Arthur Mendonça Quinhones Siqueira  
Bernardo Folly de Aguiar  
Bianca Nunes de Oliveira  
Bruno Rodamilans Lowe Stukart  
Bruno Scola Lopes da Cunha  
Caio Monteiro Leocadio  
Camila de Araujo Ferraz  
Carla Achão  
Carolina Maria H. de G. A. Feijó Braga  
Caroline Chantre Ramos  
Cristiane Moutinho Coelho  
Daniel Kühner Coelho

Daniel Silva Moro  
Dourival de Souza Carvalho Junior  
Elisangela Medeiros de Almeida  
Fernanda Marques Pereira Andreza  
Filipe de Pádua Fernandes Silva  
Filipe Soares da Cruz  
Flavia Camargo de Araujo  
Flávio Raposo de Almeida  
Gabriel Konzen  
Giovanna Carneiro Ronze Pedreira  
Giovani Vitória Machado  
Glauce Maria Lieggio Botelho  
Glaucio Vinicius Ramalho Faria  
Glaysson de Mello Muller  
Gustavo Cerqueira Ataíde  
Gustavo Daou Palladini  
Gustavo Naciff de Andrade  
Gustavo Pires da Ponte  
Heloisa Borges Bastos Esteves  
Henrique Plaudio G. Rangel  
Hermani de Moraes Vieira

Juliana Rangel do Nascimento  
Laura Cristina Daltro Cardoso  
Leticia Gonçalves Lorentz  
Lidiane de Almeida Modesto  
Lucas Simões de Oliveira  
Luciano B. Oliveira  
Marcelo Costa Almeida  
Marcelo Ferreira Alfradique  
Marcos Ribeiro Conde  
Marcos Vinicius G. da Silva Farinha  
Mariana Império M. T. da Silva  
Mariana R. de Carvalhaes Pinheiro  
Mariana Weiss de Abreu  
Marina Martins Klostermann  
Matheus Richter Poggio de Carvalho  
Nathalia Oliveira de Castro  
Otto Hebeda  
Pamella Elleng Rosa Sangy  
Patrícia Costa Gonzalez de Nunes  
Patrícia Feitosa Bonfim Stelling  
Paula Cunha Coutinho

Rachel Martins Henriques  
Rafael Barros Araujo  
Rafael Rigamonti  
Reinaldo da Cruz Garcia  
Renata de Azevedo Moreira da Silva  
Renata Nogueira F. de Carvalho  
Renato Haddad Simões Machado  
Roney Nakano Vitorino  
Simone Saviolo Rocha  
Thais Pacheco Teixeira  
Thiago Guilherme Ferreira Prado  
Thiago Ivanoski Teixeira  
Veronica S. M. Gomes  
Vinicius Mesquita Rosenthal

# EQUIPE TÉCNICA

## MME

---

Aline Teixeira Eleutério Martins  
André Grobério Lopes Perim  
Antônio Fernando C. Pella  
Christiany Salgado Faria  
Clara Monteiro Marinho  
Claudir Afonso Costa  
Deivson Matos Timbó  
Diogo Santos Baleeiro  
Fernando Massaharu Matsumoto  
Flávia Souza Ramos dos Guarany  
Guilherme Silva de Godoi  
Guilherme Zanetti Rosa  
Gustavo Santos Masili  
Isabela Sales Vieira  
Karina Araújo Sousa  
Laís Forti Thomaz  
Leandro Pereira de Andrade  
Leonel Cerqueira Santos  
Liliane Ferreira da Silva  
Lorena Mendes de Souza  
Marco Antônio Juliatto

Maria Ceicilene Aragão Martins  
Mariana de Assis Espécie  
Marlian Leão de Oliveira  
Nelson Simão de Carvalho Júnior  
Paulo Ricardo Mendes Valença  
Pedro Augusto de Menezes Filho  
Pedro Henrique Milhomem Coutinho  
Rafael Bastos da Silva  
Rita Alves Silva  
Rogério Alexandre Reginato  
Rogério Guedes da Silva  
Samira Sana Fernandes de Sousa Carmo  
Sergio Rodrigues Ayrimoraes Soares

## Coordenação Geral

---

Gustavo Cerqueira Ataíde (MME - desde junho/2025)  
Thiago Guilherme Ferreira Prado (EPE)  
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira (MME - até junho/2025)

## Coordenação Executiva

---

Gustavo Naciff de Andrade (EPE)  
Leandro Pereira de Andrade (MME)  
Patricia Costa Gonzalez de Nunes (EPE)

## Coordenação Técnica

---

Camila de Araujo Ferraz (EPE)  
Filipe de Pádua Fernandes Silva (EPE)  
Lidiane de Almeida Modesto (EPE)  
Sergio Rodrigues Ayrimoraes Soares (MME)

# AVISOS

Esta publicação contém projeções acerca de eventos futuros que refletem a visão da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no âmbito do Plano Nacional de Energia 2055 (PNE 2055). Tais projeções envolvem uma ampla gama de riscos e incertezas conhecidos e desconhecidos e, portanto, os dados, as análises e quaisquer informações contidas neste documento não são garantia de realizações e acontecimentos futuros.

Este documento possui caráter informativo, sendo destinado a subsidiar o planejamento do setor energético nacional.

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

## Controle de versões

Versão	Data	Descrição
v1	06/01/2025	Publicação inicial.
v2	11/02/2026	Inclusão do Anexo: C6: Transição Alongada.
v3	30/06/2026	Correção da unidade de medida do eixo secundário da Figura 25.

# ÍNDICE

<b>Apresentação</b> .....	<b>7</b>
---------------------------	----------

<b>1 Construção de cenários para o PNE 2055</b>	
Conceito, visão geral do processo e seus diferenciais .....	<b>8</b>

<b>2 Definição do escopo e análise retrospectiva</b>	
Escopo e dimensões-chave .....	<b>12</b>
Análise retrospectiva e situacional .....	<b>14</b>

<b>3 Condicionantes de futuro: tendências e incertezas</b>	
Grandes tendências para o sistema energético .....	<b>32</b>
Incertezas para o sistema energético .....	<b>40</b>

<b>4 Priorização das incertezas e desenvolvimento da lógica da cenarização</b>	
Priorização das incertezas .....	<b>43</b>
Lógica dos cenários energéticos .....	<b>51</b>

<b>5 Cenários energéticos para 2055</b>	
C1: Transição Net Zero 2050 .....	<b>53</b>
C2: Transição Pra Quem? .....	<b>55</b>
C3: Transição Continuada .....	<b>57</b>
C4: Transição Pra Quê? .....	<b>59</b>
C5: Transição Bloqueada .....	<b>61</b>

<b>Anexo: C6: Transição Alongada</b> .....	<b>63</b>
--	-----------

<b>Referências</b> .....	<b>69</b>
--------------------------	-----------

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>74</b>
-----------------------------	-----------

# APRESENTAÇÃO

**A EPE tem, entre suas principais atribuições, o desenvolvimento de planos de médio e longo prazo para o setor energético nacional, como o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e o Plano Nacional de Energia (PNE).**

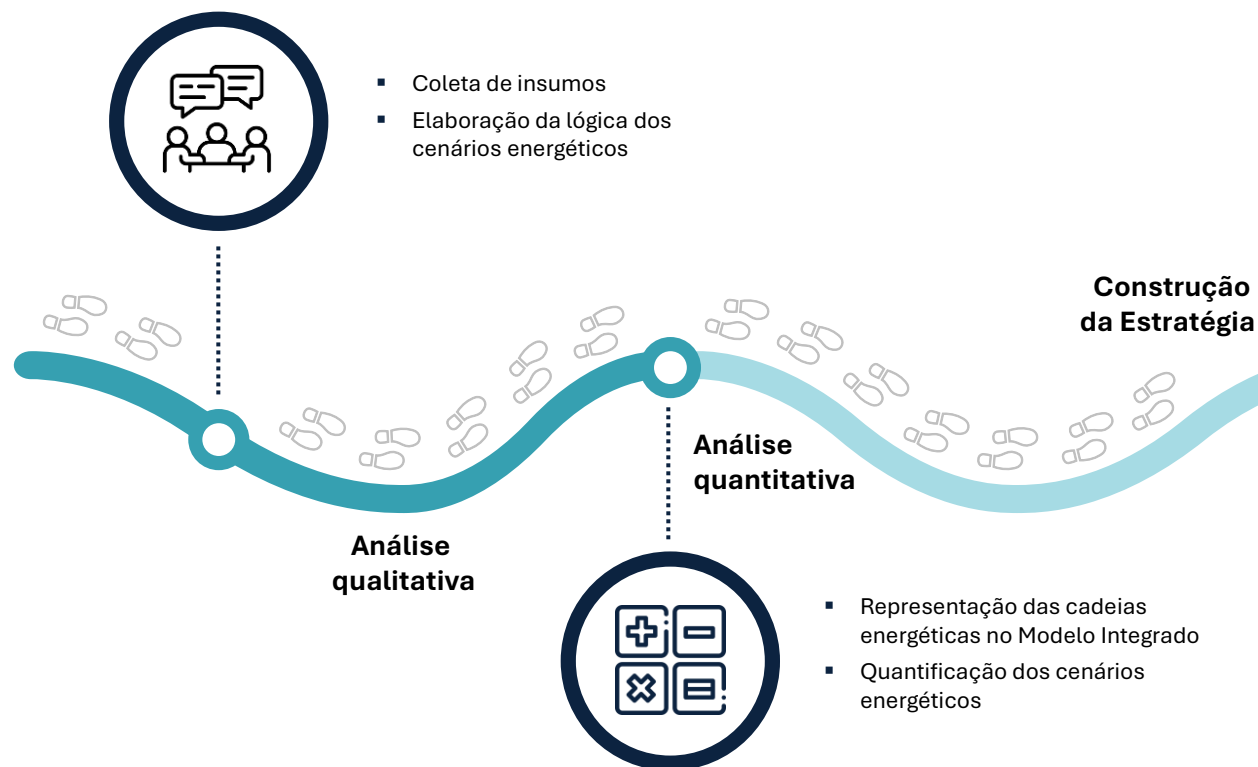
Por meio de uma governança inovadora, que envolve dois grupos de trabalho – um dedicado à elaboração dos cenários energéticos de longo prazo (GT Cenários) e outro à coordenação da representação e otimização das cadeias energéticas no modelo energético integrado (GT Modelos) –, a EPE tem liderado o processo de elaboração do novo Plano Nacional de Energia 2055. O PNE 2055 será publicado em conformidade com a periodicidade definida na Portaria MME n. 6, de 7 de janeiro de 2020.

O presente documento reúne os principais insumos produzidos entre março de 2023 e junho de 2024 no âmbito do GT Cenários, como parte da construção do PNE 2055. O processo participativo que tem sido conduzido pela EPE em colaboração com o Ministério de Minas e Energia (MME) representa uma abordagem inovadora no desenvolvimento de estudos de cenarização de longo prazo. A qualidade metodológica e a robustez dos resultados alcançados no processo refletem não apenas a criação de capacidade interna significativa, mas também o potencial de contribuição para outras importantes iniciativas em andamento, como o Plano Nacional de Transição Energética (PLANTE), do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e coordenado pelo MME, e a Estratégia Brasil 2050, do Ministério do Planejamento e Orçamento (MPO).

Vale destacar que a construção de cenários futuros de forma qualitativa e colaborativa é um ponto de partida fundamental do PNE 2055, que, nos próximos passos, envolverá a quantificação desses cenários energéticos e a formulação da estratégia energética brasileira.

Desejamos a todos uma boa leitura!

## O PROCESSO DO PNE 2055





1

## Construção de cenários para o PNE 2055



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO  
**BRASIL**  
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

## Cenários não são projeções, mas sim histórias consistentes sobre o futuro e ferramentas práticas para apoio à decisão sob incerteza

Os sistemas energéticos, tanto no âmbito mundial quanto nacional, estão vivenciando transformações que exigem um acompanhamento constante e uma visão ampliada de longo prazo. Novos temas emergem, trazendo consigo uma série de incertezas – como as mudanças do clima, a transição energética, a evolução das inovações tecnológicas e as mudanças nos hábitos de consumo – o que aumenta a complexidade do ambiente externo. Este é o contexto no qual se define, ou se perde, o valor das políticas públicas, dos negócios e das organizações.

Esse ambiente repleto de incertezas torna desafiadora a elaboração de estratégias e o planejamento de longo prazo, especialmente para aqueles que acreditam que o futuro pode ser previsível. O primeiro passo para adotar uma abordagem mais eficaz é compreender que, por natureza, **o futuro é múltiplo e incerto**. Como afirmou Taleb (2018), “*só é possível prever o ordinário, mas não o inusitado*”. Essa mudança de mentalidade é essencial para a **adoção de uma abordagem prospectiva, que se configura como uma poderosa ferramenta de posicionamento estratégico**.

No entanto, essa mudança de mentalidade não é simples, pois implica, em última instância, em uma mudança de cultura nas práticas de análise de longo prazo. Embora não possamos controlar o ambiente externo nem prever o futuro com exatidão, podemos aprender a lidar com a incerteza, adotando uma postura proativa e aprimorando nossa capacidade de antecipação, o que, por sua vez, subsidia o processo de decisão.

Para que isso ocorra, além da mudança de mentalidade, é necessário recorrer a abordagens de planejamento e gestão que permitam explorar as possibilidades de futuro e lidar de maneira eficaz com a incerteza. Nesse sentido, **a prospectiva e os métodos de construção de cenários se destacam como instrumentos valiosos, apoiando a compreensão desse ambiente complexo e facilitando o planejamento de longo prazo**. Esses métodos não apenas ajudam na criação de uma visão compartilhada do futuro entre os diversos agentes envolvidos, mas também contribuem para o alcance do futuro desejado, adotando uma abordagem sistêmica e não linear.

### Algumas das perguntas que a cenarização nos ajuda a responder:

- Quais incertezas são críticas para o futuro (ou para os futuros possíveis)?
- Qual a viabilidade de determinado objetivo?
- Que flexibilidade temos na estratégia?
- Quais os possíveis arrependimentos?



## Quais foram as etapas percorridas na construção de cenários para o PNE 2055?



<sup>1</sup> Os estudos de longo prazo consultados foram: BP (2023), CEBDS e PSR (2023), CEBRI, BID, EPE e CENERGIA (2023), DELOITTE (2020), EIA (2023), EPE (2007), EPE (2020), EPRI e GTI Energy (2023), IEA (2022), IRENA (2022), IRENA (2023a), IRENA (2023b), NREL (2022), Shell (2023) e Statkraft (2022).

## ... e os principais diferenciais deste processo?



- **Governança institucional**, com a criação de grupo de trabalho (GT Cenários) formado por integrantes da EPE e do MME, dedicado à construção dos cenários energéticos de longo prazo.
- **Processo constante de comunicação, participação e engajamento** ao longo de todas as fases de desenvolvimento dos cenários: Diretoria Executiva da EPE, MME, Conselho Consultivo da EPE (Concepe), Comitê Executivo do PNE 2055 e grupo de trabalho de modelagem do PNE 2055 (GT Modelos).
- Combinação de **metodologias de construção de cenários<sup>2</sup> com a aplicação de técnicas de facilitação**, como as Estruturas Libertadoras. Essa metodologia ajuda a fomentar maior participação, inovação e efetividade nas reuniões.
- Consultas aos colaboradores da EPE e do MME por meio de **ferramentas digitais**, como formulários e plataformas interativas, além de **entrevistas com lideranças** da EPE e do MME.
- Planejamento e implementação, de forma descentralizada, de **oficinas internas sobre incertezas críticas do setor energético** e debates sobre cadeias relevantes para a transição energética, com participação de especialistas internos e externos.

<sup>2</sup> Desde 2018, foram realizados três ciclos de capacitação em metodologias de construção de cenários destinados aos colaboradores da EPE.



## 2

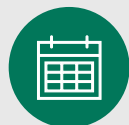
# Definição do escopo e análise retrospectiva

## Alinhamentos de partida: escopo geral e principais dimensões

### QUADRO SÍNTESE DA CENARIZAÇÃO



Objeto e local  
**Sistema energético no Brasil**



Horizonte temporal  
**2055**



Objetivo  
**Traçar trajetórias para um sistema energético descarbonizado como vetor de desenvolvimento sustentável**



Pergunta-chave  
**Quais desafios e oportunidades para a construção de um sistema energético descarbonizado que contribua para o desenvolvimento sustentável?**



Público-alvo  
**MME e sociedade em geral**

### DIMENSÕES-CHAVE DOS CENÁRIOS ENERGÉTICOS



**Geopolítica da Energia**



**Inovação**



**Desenvolvimento Sustentável**



**Demanda de Energia e Papel do Consumidor**



**Resiliência e Segurança Energética**



**Políticas Públicas, Governança e Financiamento para a Transição Energética**



Antes de pensar sobre o futuro, é preciso olhar para o passado e para o presente e refletir sobre os nossos principais desafios ...

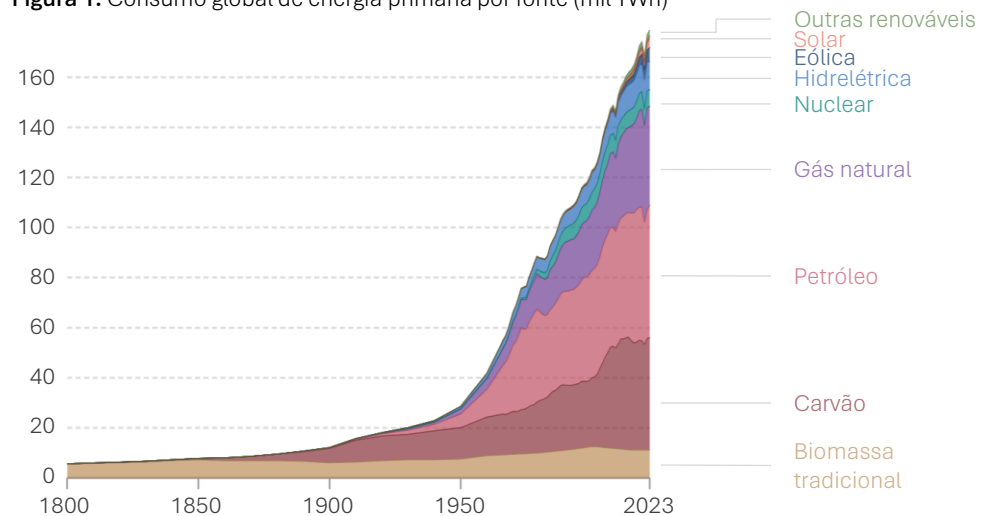
## A história mostra que as transições energéticas não são uma virada de chave ...

Ao longo da história, **as transições energéticas têm sido processos graduais e complexos**, em vez de mudanças abruptas ou "viradas de chave".

Os processos de substituição de uma fonte de energia primária dominante por outra ocorreram ao longo de décadas, refletindo não apenas o desenvolvimento de novas tecnologias, como também fatores econômicos, sociais e políticos.

As transições do consumo energético predominante de biomassa tradicional para o carvão no século XIX e, posteriormente, do carvão para o petróleo no século XX, não implicaram necessariamente em redução absoluta das fontes de energia substituídas.

Figura 1: Consumo global de energia primária por fonte (mil TWh)



Fonte: Adaptado de Energy Institute (2024) e Smil (2017).

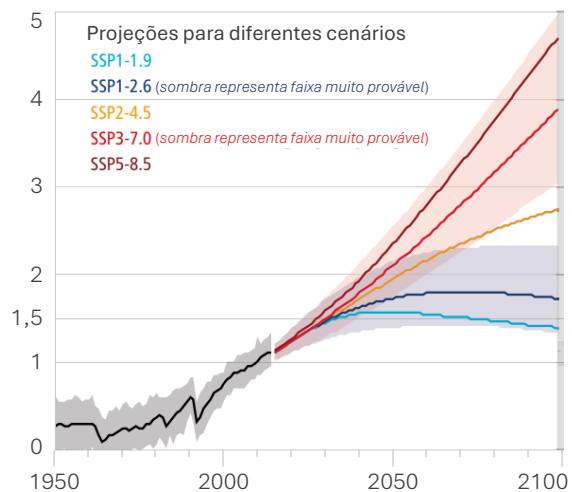


## ... mas a emergência climática e seus impactos impõem a necessidade de aceleração do atual processo de transição energética

A emergência climática evidencia a urgência de acelerar o processo atual de transição global em direção a fontes de energia mais sustentáveis, de menor emissão de carbono.

O aumento da temperatura média global, a intensificação de eventos climáticos extremos e a pressão sobre os ecossistemas impõem uma nova dinâmica, reforçando a necessidade de reduzir rapidamente as emissões de gases de efeito estufa, o que exige um esforço coordenado de governos, empresas e sociedade civil. **O desafio reside em equilibrar essa necessidade urgente com as realidades econômicas e sociais de cada região.**

Figura 2: Variação da temperatura da superfície global em relação a 1850-1900 (°C)



Fonte: Adaptado de IPCC (2022).



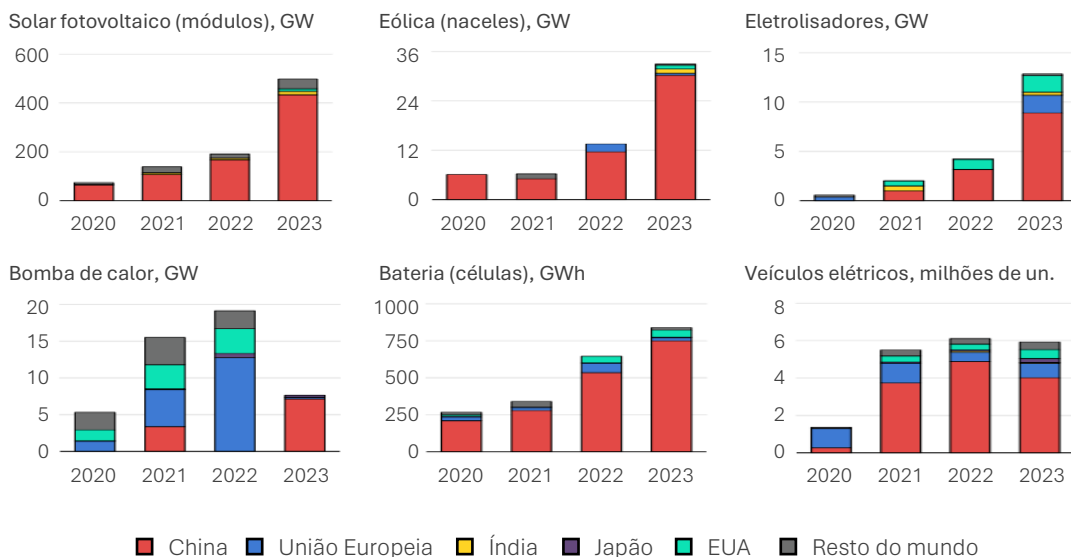
**O aspecto social da transição energética em países emergentes é especialmente desafiador**, dado que milhões de pessoas ainda dependem de fontes tradicionais de energia para atender suas necessidades básicas. Isso porque uma parte significativa da população mundial não tem suas necessidades básicas atendidas, refletindo uma situação de pobreza energética e forte demanda reprimida.

Portanto, **a transição global para economias de baixo carbono precisa considerar a inclusão social e o combate à pobreza energética**, garantindo acesso a fontes mais modernas, sustentáveis e acessíveis.

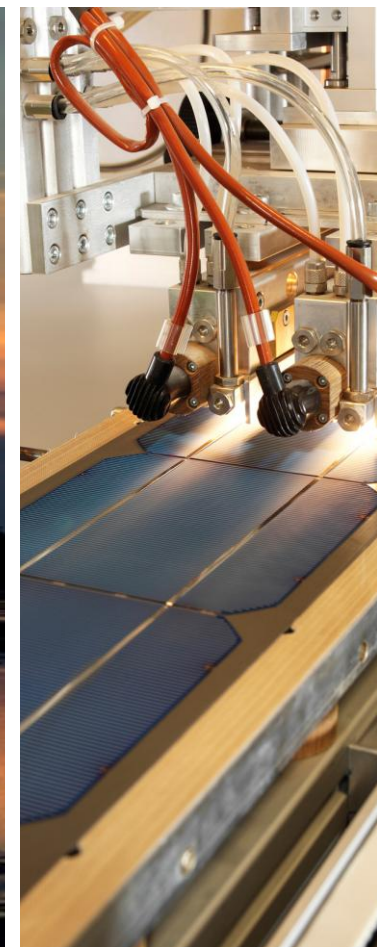
## ... trazendo novos contornos para a geopolítica da energia

A aceleração da transição energética também está remodelando a geopolítica da energia, deslocando o eixo de poder de países produtores de petróleo e gás natural para novos *players* que detêm disponibilidade de recursos e domínio tecnológico nas cadeias de valor de energias de baixo carbono. A China, por exemplo, desempenha papel central nesse contexto, com sua dominância na cadeia de suprimentos das energias solar e eólica, de baterias e eletrolisadores, e de minerais estratégicos.

**Figura 3:** Adições de capacidades produtivas para tecnologias de baixo carbono selecionadas por país/região – 2020 a 2023



Fonte: Adaptado de IEA (2024a).

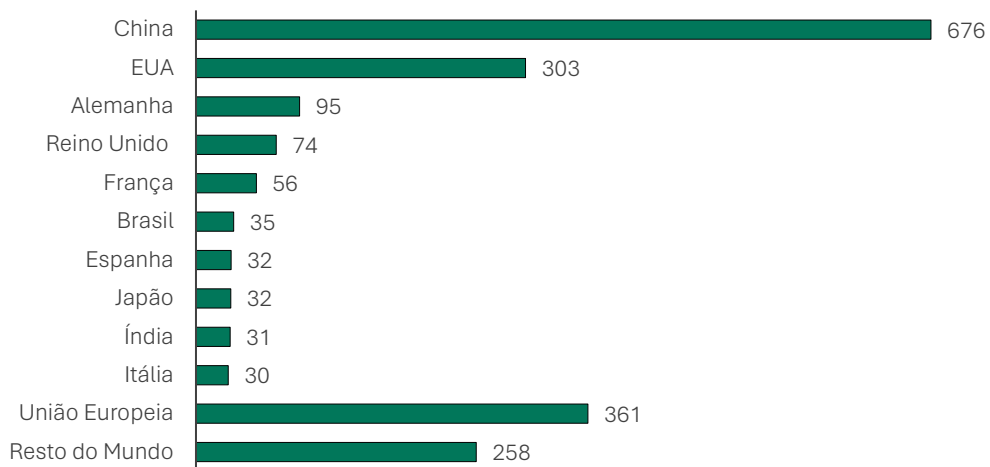


## ... isso tudo em um contexto de mudanças na conjuntura política e econômica global

Nesse contexto, **grandes potências estão adotando políticas transformacionais para acelerar esse processo de transição energética**. Os Estados Unidos lançaram o **Inflation Reduction Act (IRA)** em 2022, que visava incentivar investimentos em tecnologias limpas. Na Europa, o **RePowerEU** e o **EU Net-Zero Industry Act** reforçam a independência energética e o avanço das renováveis, enquanto a China promove sua transição com metas ambiciosas para descarbonização em seus Planos Quinquenais.

Esses esforços refletem a competição global por liderança em tecnologias de baixo carbono, ao mesmo tempo que lidam com os desafios de transição econômica e política em um contexto de emergência climática crescente.

Figura 4: Economias com maiores investimentos em transição energética em 2023 (US\$ bilhões)



Fonte: Elaboração própria a partir de BloombergNEF (2024).





**E como o Brasil está posicionado neste contexto?**

## São inúmeras as nossas vantagens comparativas em termos de disponibilidade de recursos energéticos e minerais e do perfil da nossa matriz energética ...

O Brasil é amplamente reconhecido como uma das maiores potências energéticas globais, tendo disponibilidade abundante de recursos energéticos e minerais. Além disso, o País possui grande disponibilidade de recursos naturais, como recursos hídricos, florestais e a maior biodiversidade do planeta.

O País detém a maior disponibilidade hídrica do mundo e é o segundo maior produtor de energia hidrelétrica (Energy Institute, 2025), com recursos que sustentam uma matriz energética predominantemente renovável. Além disso, o Brasil conta com a quinta maior capacidade instalada de energia eólica (Energy Institute, 2025), com enorme potencial *onshore* e *offshore* ainda inexplorado e de alta qualidade. A energia solar, a fonte que mais cresce no País, é impulsionada pela excelente irradiação que cobre o território, oferecendo um elevado potencial técnico para a geração fotovoltaica.

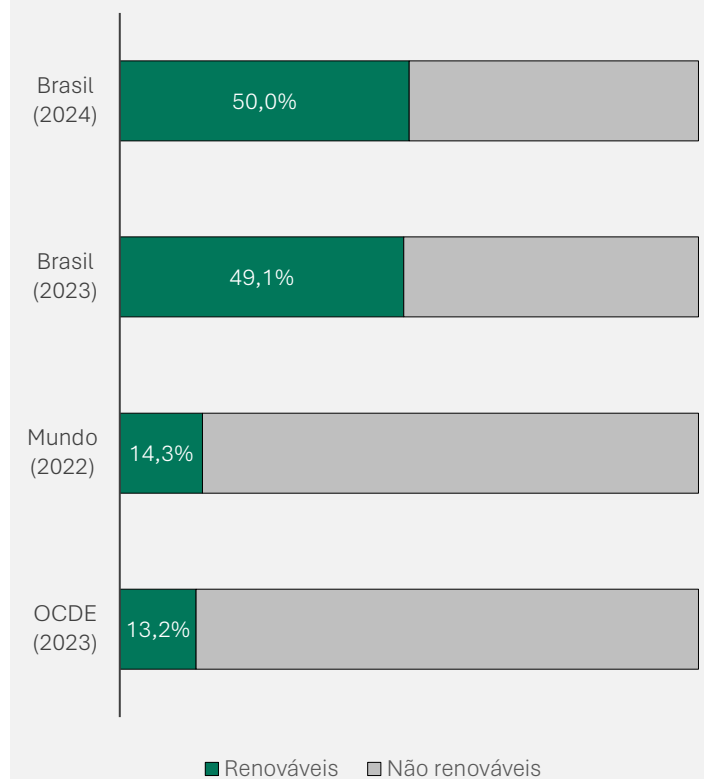
No campo da bioenergia, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de biocombustíveis líquidos, sendo o maior produtor de etanol de cana-de-açúcar e o terceiro maior produtor de biodiesel (Energy Institute, 2025). O País também possui potencial para expandir a produção de biogás e biometano, bem como de biocombustíveis avançados.

No setor de óleo e gás, o Brasil ocupa atualmente a oitava posição entre os maiores produtores de petróleo (Energy Institute, 2025), com perspectivas de se tornar um dos cinco maiores produtores e exportadores do mundo nos próximos anos (EPE, 2025b). O desenvolvimento do pré-sal tem sido um fator-chave para esse avanço, consolidando o País como um importante *player* no mercado global.

O Brasil também é reconhecidamente um líder produtor e exportador no mercado global de *commodities* minerais, em especial de minerais metálicos, destacando-se pela produção de minério de ferro, cobre, ouro, alumínio e nióbio. Além disso, possui a oitava maior reserva de urânio (SGB, 2024), a segunda maior reserva de terras raras e a terceira maior reserva de níquel (USGS, 2024).

O elevado potencial de energias renováveis tem garantido ao Brasil uma matriz energética com alto grau de renovabilidade, com 50% de participação de energias de baixo carbono, em comparação à média mundial de 14,3%, conforme exibido na Figura 5. Entre os países do G20, o Brasil possui a matriz energética mais renovável (IEA, 2024b), consolidando seu papel de liderança nesse aspecto.

Figura 5: Renovabilidade da matriz energética brasileira, mundial e dos países da OCDE



Fonte: EPE (2025a).

## ... que contribuem com a segurança do sistema. Mesmo assim, é necessário aumentar sua resiliência frente às ameaças climáticas

Nas últimas décadas, o Brasil tem avançado na **autossuficiência em energia**, reduzindo paulatinamente a dependência externa, conforme a Figura 6. Essa conjuntura combinou-se com uma **diversificação cada vez maior da matriz energética** (Figura 7) – com a inserção acelerada de fontes renováveis como eólica, solar e bioenergia, aliada ao Sistema Interligado Nacional (SIN) mais robusto, conectando diferentes regiões do País e permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos energéticos.

Essa **diversidade energética e a interconexão do sistema aumentam a flexibilidade e a capacidade de resposta** diante de eventuais crises ou flutuações na oferta de energia. Tais fatores conferem ao Brasil uma base sólida para enfrentar desafios futuros, especialmente em um cenário de transição energética global. Ainda assim, o aumento da intensidade de eventos extremos nos últimos anos exige ações adicionais para ampliar ainda mais a resiliência do sistema energético frente às ameaças climáticas.

Além disso, **o Brasil enfrenta uma crescente demanda por energia**, impulsionada tanto pelo crescimento demográfico e pela urbanização quanto pela necessidade de melhoria do acesso a serviços essenciais para toda a população.

À medida que mais brasileiros buscam uma melhor qualidade de vida e acesso a bens e serviços, as necessidades energéticas se expandem em setores como o transporte, o uso residencial e o setor industrial. Esse aumento da demanda reforça a importância das vantagens comparativas do Brasil, como a abundância de fontes renováveis, para suprir essas necessidades de forma sustentável e inclusiva.

No entanto, **atender a essa demanda de maneira sustentável requer investimentos robustos e políticas que incentivem tanto a expansão da infraestrutura energética quanto a eficiência e acessibilidade**, de modo a integrar camadas mais vulneráveis da sociedade e reduzir a pobreza energética. Esses fatores são essenciais para que o Brasil mantenha a segurança do sistema, promova inclusão e assegure uma **transição energética socialmente justa**.

Figura 6: Dependência externa de energia do Brasil (%)

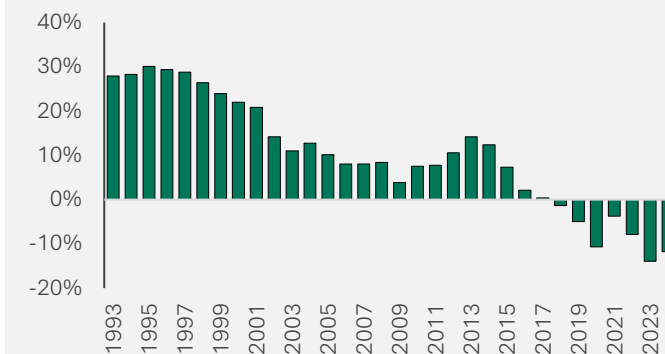
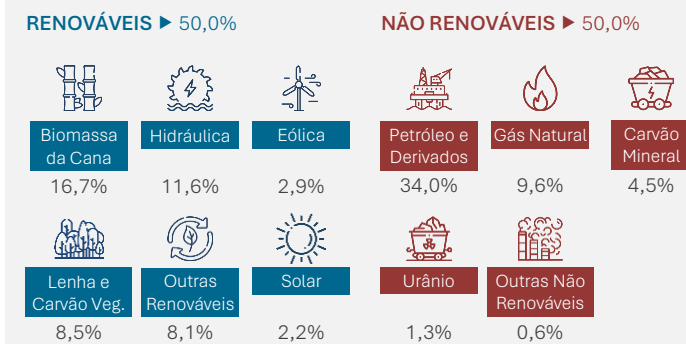


Figura 7: Matriz energética brasileira em 2024



Fonte: EPE (2025a).



**Como o sistema energético poderá ser vetor para o desenvolvimento sustentável e como fazer uma transição justa no Brasil?**

# E quando olhamos para o desenvolvimento sustentável, qual o real ponto de partida do Brasil?

De forma a avaliar como o Brasil está avançando em termos de desenvolvimento sustentável, é importante monitorar os avanços relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A Figura 9 mostra que o País vem atingindo a maior parte das metas referentes ao ODS 7 – Energia Limpa e Acessível – com crescimento da energia renovável e melhoria do acesso à eletricidade.


Por outro lado, grande parte dos ODS ainda enfrentam desafios para serem alcançados em 2030. Sendo assim, **o sistema energético pode atuar como um catalisador para o desenvolvimento sustentável, impulsionando os demais ODS.**

Figura 8: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU (2024).

Figura 9: Monitoramento do ODS 7 no Brasil

7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL	Meta	Indicadores globais	Evolução dos indicadores	Avaliação das metas
	7.1 – Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia.	7.1.1 – Percentagem da população com acesso à eletricidade.	✓	✓🎯
		7.1.2 – Percentagem da população com acesso primário a combustíveis e tecnologias limpas.	✓	✓🎯
	7.2 – Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global.	7.2.1- Participação das energias renováveis na OIE.	✓	✓🎯
	7.3 – Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética da economia brasileira.	7.3.1- Intensidade energética medida em termos de energia primária e de PIB.	✓	✓🎯
	7.a – Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa.	7.a.1 – Fluxos financeiros internacionais para países em desenvolvimento para apoio à pesquisa e desenvolvimento de energias limpas e à produção de energia renovável, incluindo sistemas híbridos.	✗	✗
	7.b – Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos, nos pequenos estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio.	7.b.1 – Investimentos em eficiência energética, em percentagem do PIB, e montante de investimento direto estrangeiro em transferências financeiras para infraestruturas e tecnologias para serviços de desenvolvimento sustentável.	✓	✓

✓ Evolução positiva     
 ⚪ Sem evolução     
 🎯 Meta global atingida  
✗ Evolução negativa     
 🌪️ Impactado pela covid-19     
 ✗ Sem indicadores ou série curta ou irregular

Fonte: IPEA (2024).

## E quando olhamos para o desenvolvimento sustentável, qual o real ponto de partida do Brasil?

Nesse contexto, ao analisar o ponto de partida do Brasil para um desenvolvimento sustentável, as dimensões ambiental, econômica e social revelam tanto desafios quanto oportunidades.

### Ótica ambiental

As emissões brasileiras de gases de efeito estufa (GEE) diferem da média global, uma vez que o setor energético responde por uma parcela menor, apesar de crescente, das emissões totais. **No Brasil, a maior parte das emissões está relacionada ao uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (que inclui o desmatamento) e à agropecuária**, conforme exibido na Figura 10.

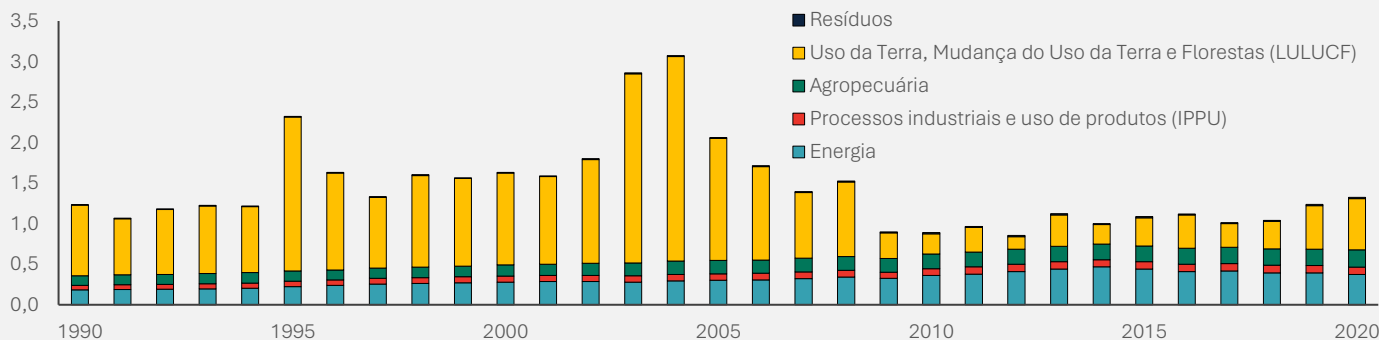
O aumento do desmatamento ilegal, em particular, tem impulsionado o crescimento das emissões nacionais, o que compromete as metas de redução de GEE e ressalta a necessidade de políticas efetivas para a proteção ambiental.

### Ótica econômica

Sob a perspectiva econômica, **o País enfrentou um período recente de baixo crescimento econômico, além de registrar uma produtividade total dos fatores praticamente estagnada há algumas décadas**, como ilustrado pela Figura 11, com perda de conteúdo tecnológico da pauta exportadora e produtiva.

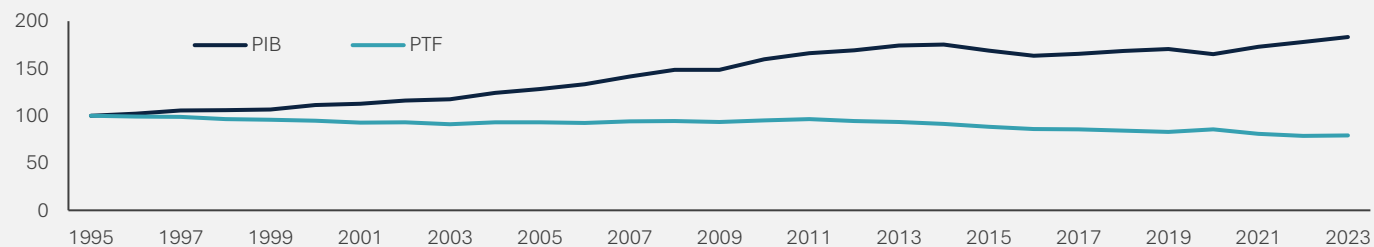
Essa conjuntura pode limitar a capacidade de investimento em infraestrutura energética moderna e sustentável.

Figura 10: Emissões brasileiras de gases de efeito estufa por setor (milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente)



Fonte: Elaboração própria a partir de MCTI (2024).

Figura 11: Evolução do PIB e da produtividade total dos fatores nos últimos anos (1995=100)



Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2024) e FGV (2024).

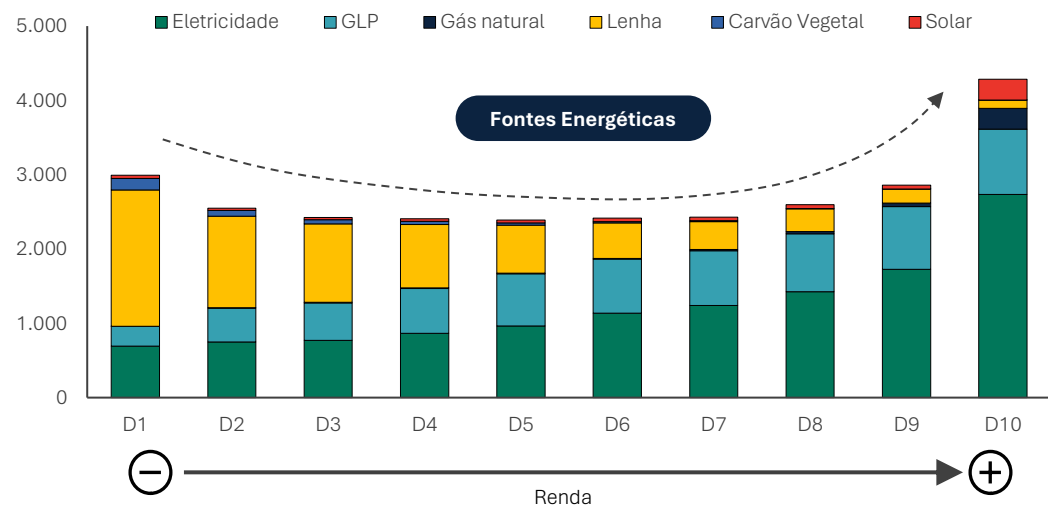
# E quando olhamos para o desenvolvimento sustentável, qual o real ponto de partida do Brasil?

## Ótica social

No campo social, o Brasil apresenta elevados níveis de pobreza e desigualdade de renda, refletidos também no setor energético. Apesar da queda recente, cerca de 3,5% da população vive abaixo da linha de pobreza extrema, segundo o Banco Mundial.

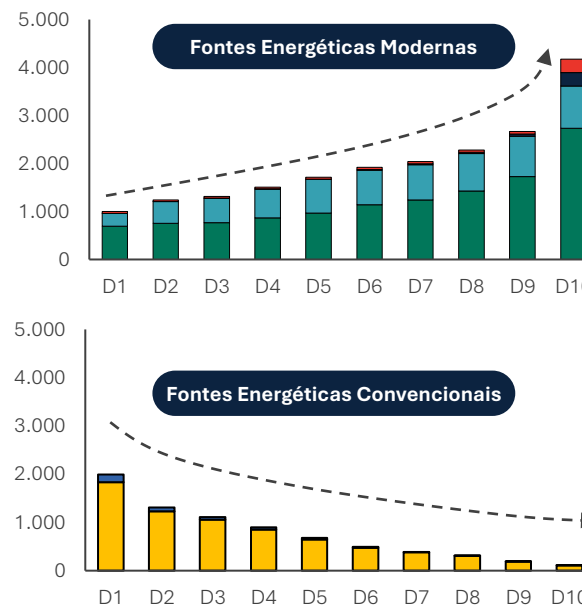
O País apresenta **desafios significativos para reduzir a desigualdade de acesso à energia e melhorar a eficiência energética, especialmente entre populações de baixa renda**. A participação significativa da lenha no consumo residencial, sobretudo nas famílias com menor poder aquisitivo, evidencia o problema da pobreza energética, indicando que muitas famílias ainda não têm acesso adequado a fontes modernas de energia (Figura 12). Esses fatores ressaltam a necessidade de políticas públicas robustas que impulsionem o desenvolvimento sustentável, ao mesmo tempo em que garantam inclusão e equidade social.

Figura 12: Consumo total de energia por fontes e classes de renda no Brasil em 2019 (mil tep)



Fonte: EPE (2023).

Nota: Todas as classes de D1 a D10 possuem a mesma quantidade de pessoas (10% da População, ou 20,9 Milhões de pessoas). D1 representa a classe de renda mais baixa e D10 significa a classe de renda mais alta.



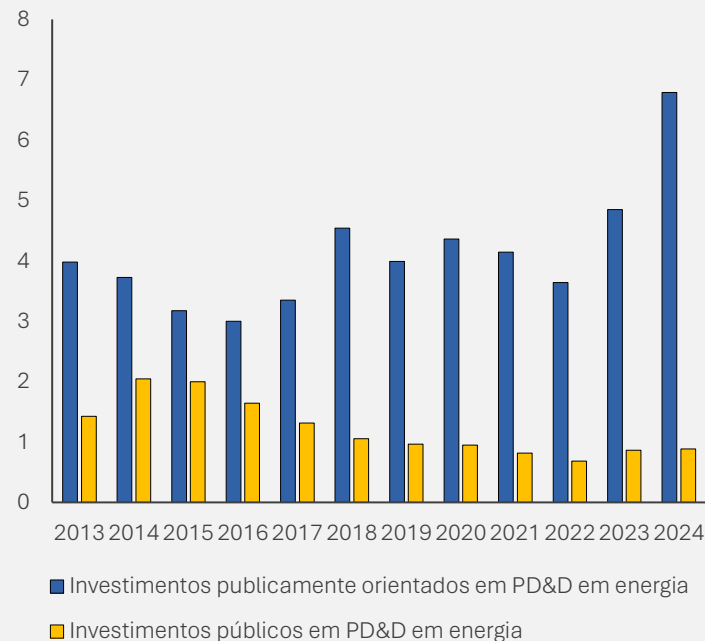
## Perguntas difíceis de responder, mas as respostas passam necessariamente por inovação ...

**A inovação desempenha um papel crucial no desenvolvimento de tecnologias emergentes e de soluções de baixa emissão de carbono. Segundo IEA (2023), grande parte dessas tecnologias ainda está em fase inicial de maturidade e de desenvolvimento, de modo que a aceleração dos investimentos em inovação é premente.**

Todavia, no caso brasileiro, **os investimentos públicos e publicamente orientados em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) no setor de energia mostram um cenário desafiador.** Segundo a plataforma Inova-e (EPE, 2025c), os investimentos públicos em PD&D em energia chegaram a totalizar cerca de R\$ 2,0 bilhões em 2014, e após sucessivas quedas totalizou R\$ 683 milhões em 2022, movimento que começa a ser revertido a partir de 2023. Já os investimentos publicamente orientados mostram maior resiliência ao longo dos anos, chegando a totalizar R\$ 6,8 bilhões em 2024 (Figura 13).

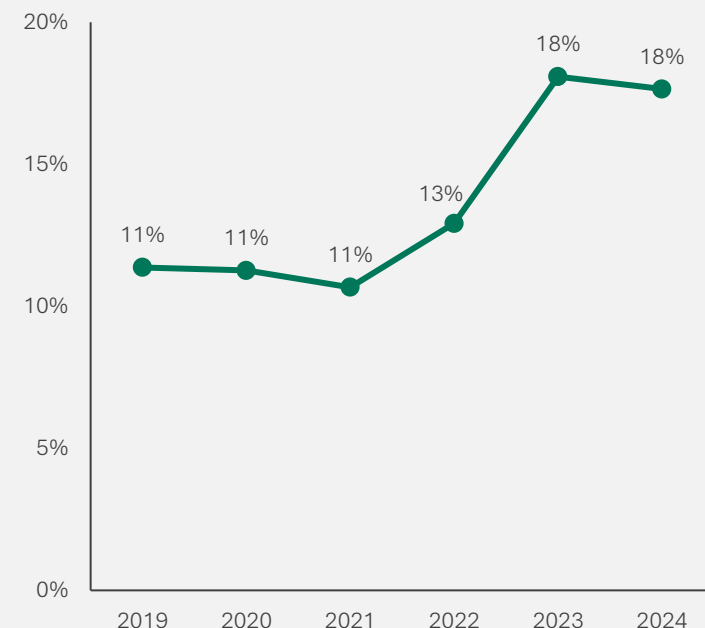
Grande parte desses recursos são derivados de obrigações legais e regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) em seus programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D). No âmbito do programa da ANP, tem-se observado nos últimos anos uma diversificação de portfólio dos investimentos do setor de óleo e gás na direção de tecnologias alinhadas à transição energética, como renováveis, hidrogênio e células a combustível, eficiência energética e outras tecnologias transversais (Figura 14).

**Figura 13:** Investimentos públicos e publicamente orientados em PD&D em energia mapeados pela Inova-e (R\$ bilhões)



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2025c).

**Figura 14:** Participação dos investimentos em PD&D de tecnologias não fósseis no âmbito do programa da ANP (% total)



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2025c).

## ... além de instrumentos para financiar a transição justa ...

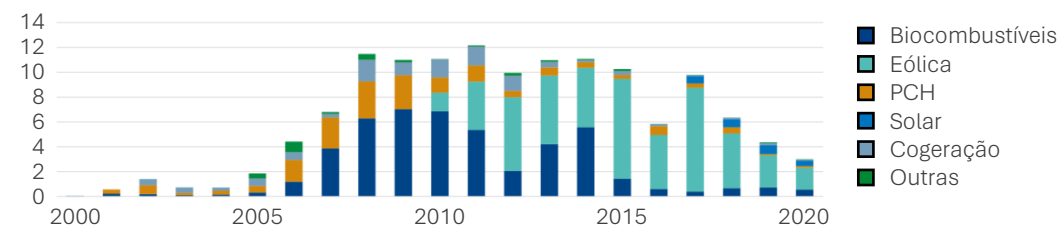
A Agência Internacional de Energia (IEA, 2023) estima a necessidade de triplicar os investimentos em energias limpas até 2030 para atingir a neutralidade de carbono até 2050. Cerca de 55% desses investimentos deverão acontecer nos países emergentes e em desenvolvimento, como o Brasil, demandando a mobilização de instrumentos financeiros e regulatórios.

Outro pilar essencial para a transição energética justa e inclusiva é o financiamento. Nesse sentido, o Brasil tem adotado diversos instrumentos financeiros e regulatórios para financiar a transição energética e promover o desenvolvimento sustentável.

Os fundos climáticos e títulos verdes têm sido essenciais, enquanto a precificação de carbono e a taxonomia sustentável brasileira (TSB) ajudarão a alinhar investimentos com metas climáticas. O BNDES tem retomado recentemente seus investimentos em energias renováveis, enquanto o volume de debêntures incentivadas em infraestrutura no setor de energia tem crescido, refletindo um ambiente mais propício para financiar iniciativas que visam a transição para uma economia de baixo carbono.

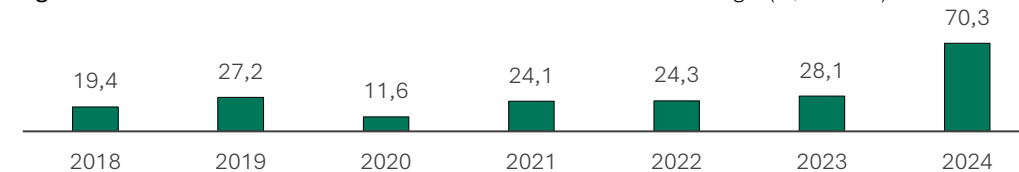


Figura 15: Desembolsos do BNDES para energias renováveis (R\$ bilhões)



Fonte: Adaptado de BNDES (2021).

Figura 16: Oferta de debêntures incentivadas de infraestrutura em energia (R\$ bilhões)



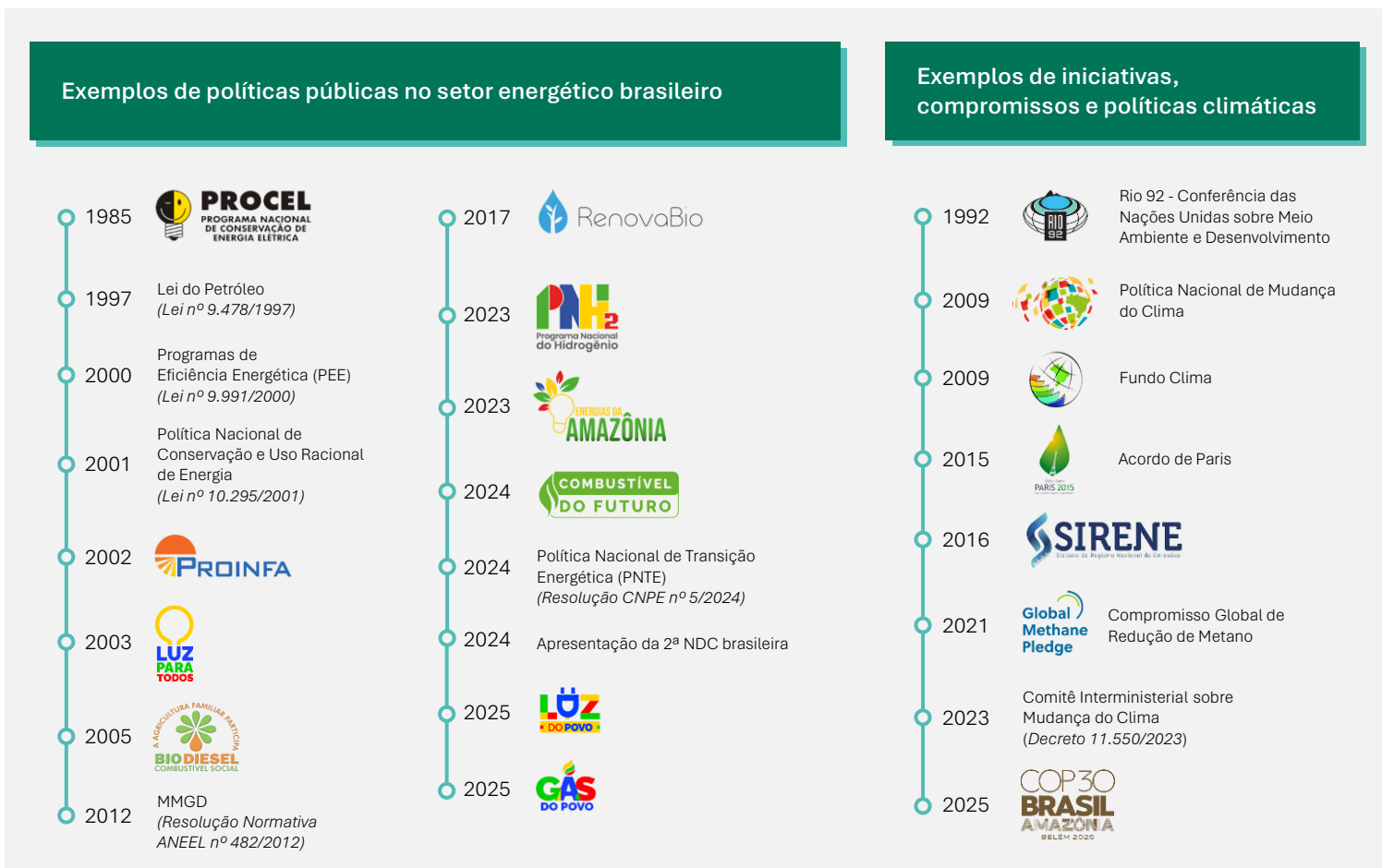
Fonte: Elaboração própria a partir de ANBIMA (2025).

## ... e políticas públicas integradas

No que tange às políticas públicas, o Brasil desenvolveu instituições sólidas no setor energético, especialmente a partir dos anos 1990 com a reestruturação institucional. A criação de órgãos como a ANEEL, a ANP, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) marcou um período de transformações significativas, em que o País aprimorou a governança e a regulação do setor energético.

A partir dessa estrutura institucional sólida, diversas políticas públicas foram implementadas com sucesso no setor energético brasileiro nas últimas décadas, sendo instrumentos decisivos para fomentar a segurança energética, a expansão da infraestrutura e a diversificação da matriz, como, por exemplo, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), o Programa Luz para Todos e a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio).

No âmbito climático, o Brasil tem se engajado em iniciativas globais desde a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 (Rio 92), passando pelo Acordo de Paris, até a criação de políticas nacionais como a Política Nacional de Mudança do Clima e de fundos como o Fundo Clima e o Fundo Amazônia.



## Em torno da agenda prioritária e transversal que é a transição brasileira para uma economia de baixo carbono

A agenda brasileira de transição para uma economia de baixo carbono integra diversas iniciativas prioritárias e transversais que visam promover o desenvolvimento sustentável em várias frentes. A Política Nacional de Transição Energética (PNTE) e o Plano de Transformação Ecológica exemplificam essa abordagem, trazendo diretrizes para reduzir a intensidade de carbono em setores estratégicos e promover o adensamento produtivo e tecnológico em cadeias relevantes para a transição energética.

Em paralelo, o Brasil revisou recentemente a sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), assumindo um compromisso mais ambicioso em relação à redução de emissões de GEE. O programa Energias da Amazônia é outra ação essencial, que visa integrar a Região Amazônica ao sistema energético nacional de maneira sustentável, por meio de energias renováveis, reduzindo a dependência de fósseis. A Lei do Combustível do Futuro também representa um marco para o setor energético nacional, trazendo uma série de iniciativas para promover a mobilidade sustentável de baixo carbono. Essas ações, quando integradas, formam uma base sólida para que o **Brasil consolide a sua posição como líder da transição energética global**, preservando seus recursos naturais, ampliando a segurança energética e promovendo a inclusão social, elementos fundamentais para que essa transformação seja justa e inclusiva.

**Plano unifica ações de Estado para política energética mais verde e inclusiva**  
Com a presença de Lula, conselho aprova Política Nacional de Transição Energética, que vai integrar todas as ações do Governo Federal, com potencial de R\$ 2 trilhões em investimentos

**NOVO PAC**  
DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE

**BNDES, Finep e MCTI lançam maior programa de inovação do país com apoio de R\$ 60 bi e novas taxas**

**NOVA INDÚSTRIA BRASIL**  
FORTE, TRANSFORMADORA E SUSTENTÁVEL

**NOVO BRASIL**  
PLANO DE TRANSFORMAÇÃO ECOLÓGICA  
UMA NOVA ECONOMIA. UM NOVO FUTURO.

**PLANO CLIMA**

**Presidente Lula sanciona Lei do Combustível do Futuro para promover a mobilidade sustentável**  
Norma estabelece a criação de programas nacionais de diesel verde, de combustível sustentável para aviação e de biometano, entre outras medidas

**Brasil entrega à ONU nova NDC alinhada ao Acordo de Paris**  
Documento determina meta de reduzir as emissões líquidas de gases de efeito estufa do país entre 59% e 67% até 2035

**Presidente Lula sanciona lei que cria mercado regulado de carbono no Brasil**  
Nova lei institui sistema de bonificação para empresas ou estados que reduzirem a emissão de gás carbônico na atmosfera

**Novo Fundo Clima cresce e tem R\$ 10,4 bilhões com novas condições para projetos verdes**

**BNDES busca projetos para financiar transição energética**  
Banco tem intenção de aprovar créditos de R\$ 52 bi este ano, com maior parte dos recursos voltados para energia limpa

**Transmissão de energia terá R\$ 89 bilhões em investimentos no novo PAC**  
Novas linhas passarão por 15 estados e trarão mais qualidade e segurança para os consumidores

**Taxonomia Sustentável Brasileira**

Fontes: Agência Gov (2024), BNDES (2023), BNDES (2024), Brasil (2023a), Brasil (2023b), Brasil (2024a), Brasil (2024b), Brasil (2024c), MDIC (2024), Ministério da Fazenda (2023), Ministério da Fazenda (2024) e Valor Econômico (2023).



3

## Condicionantes de futuro: tendências e incertezas

## Condicionantes de futuro: tendências e incertezas

O futuro é múltiplo, incerto e muda a todo instante. Explorá-lo através da construção de **cenários prospectivos** requer uma etapa importante que consiste no mapeamento de fatores que têm influência relevante na evolução futura do objeto de cenarização, os chamados **condicionantes de futuro**.

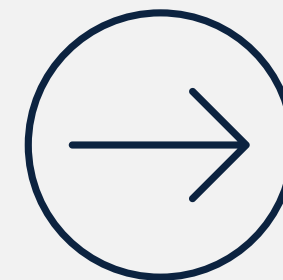
Alguns desses fatores são forças que existem hoje e que estarão presentes no futuro, com direção bastante previsível e suficientemente consolidada, as chamadas **tendências**. Apesar de sua magnitude e capacidade de influência, as tendências não são elementos constitutivos da lógica dos cenários, mas atuam como um pano de fundo comum dos futuros possíveis.

As **incertezas**, por outro lado, são fenômenos com baixa previsibilidade e elevado impacto em relação ao objeto de cenarização. Por essa razão, as hipóteses sobre seus estados futuros são elementos balizadores importantes da construção da lógica dos cenários e da criação de diferentes possibilidades de futuro.

As mudanças climáticas, as transformações na geopolítica da energia e a necessidade crescente de uma transição energética justa e inclusiva são exemplos de mudanças que além de exigirem respostas imediatas do País, apresentam claros efeitos sobre a transição energética brasileira. Boa parte das mudanças é permeada por elevado grau de incerteza, mas há fenômenos cujos desdobramentos futuros podem ser vislumbrados com certo grau de previsibilidade.

### O que é certo ou quase certo: Tendências

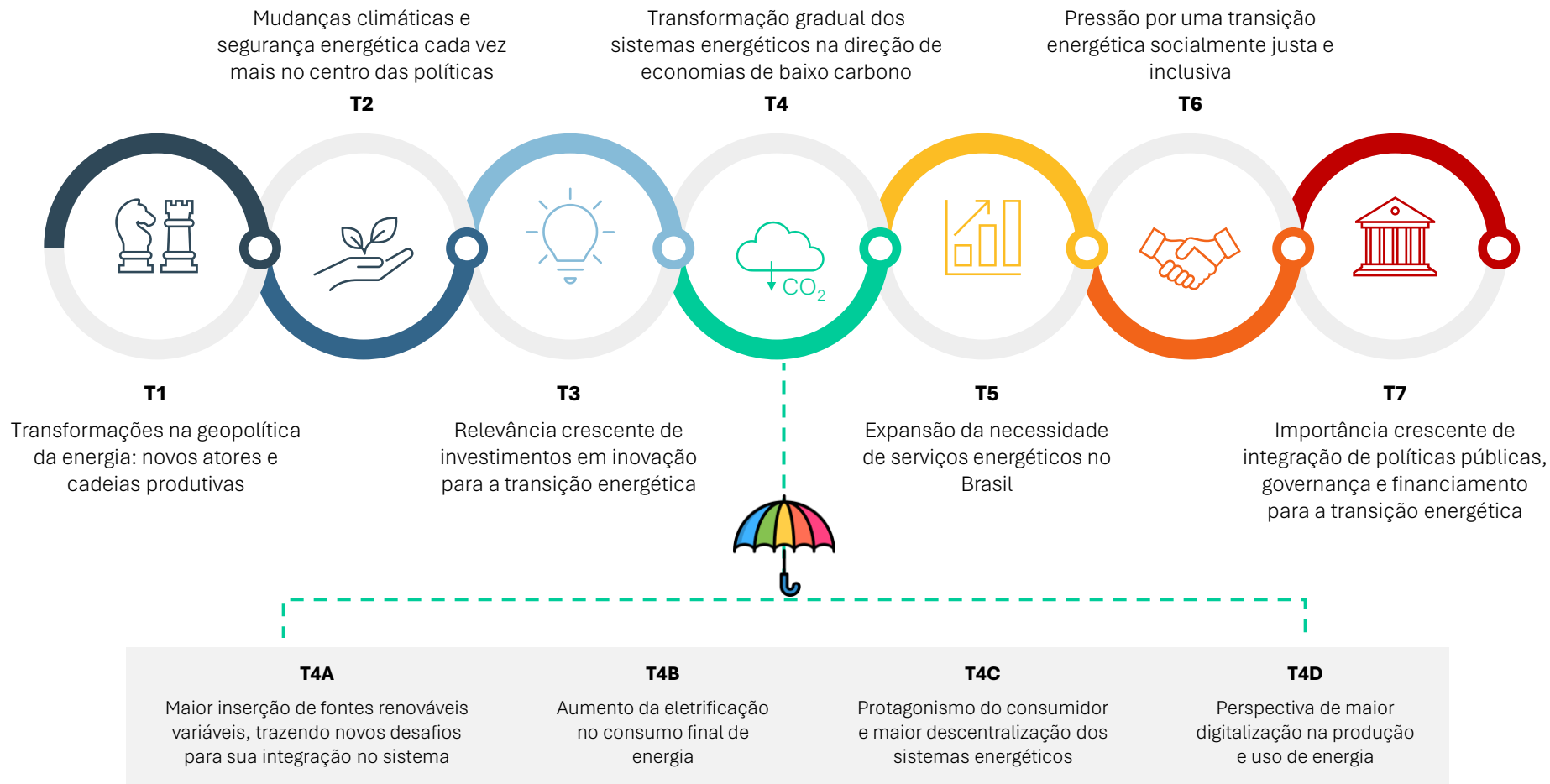
Fenômenos cuja direção é bastante visível e suficientemente consolidada (movimento com direção bastante previsível)



### O que muda: Incertezas

Fenômenos com baixa previsibilidade e elevado impacto em relação ao futuro do objeto

## Grandes tendências para o sistema energético nacional até 2055



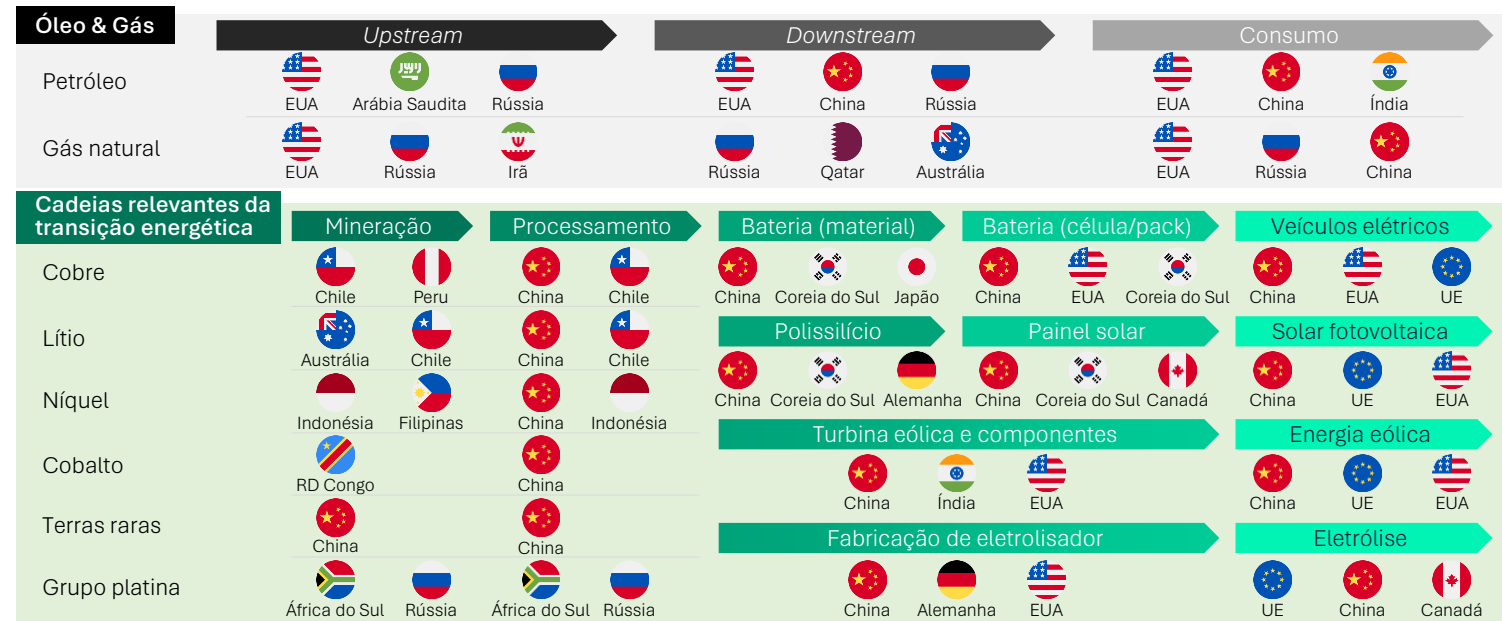
# T1: Transformação na geopolítica da energia: novos atores e cadeias produtivas

A corrida global para economias de baixo carbono está transformando a geopolítica da energia. As cadeias de valor de combustíveis fósseis e de soluções de baixo carbono apresentam distintas concentrações geográficas, levando ao deslocamento do eixo de poder da geopolítica da energia, como observado na Figura 17. Um exemplo é a maior demanda por minerais estratégicos, cuja cadeia produtiva está concentrada em países que possuem baixa relevância atualmente na produção de petróleo e gás.

Destaca-se que a diversidade de condições e prioridades entre os países e regiões – tecnológicas, de recursos energéticos e minerais, de segurança energética e de desenvolvimento socioeconômico – configuram um cenário ao mesmo tempo de disputa e de possibilidades de cooperação internacional, cada vez mais evidentes no processo de transição energética global.

A disputa tecnológica e a corrida por minerais estratégicos, indispensáveis para expandir as energias renováveis, assim como os impactos da Guerra na Ucrânia, mostram como a geopolítica e a busca por sistemas energéticos mais resilientes têm ganhado protagonismo. Ao mesmo tempo, interesses econômicos e geopolíticos continuam a moldar a agenda climática e a evolução dos sistemas energéticos no mundo, como evidenciam políticas como o Inflation Reduction Act (IRA) e o REPowerEU.

Figura 17: Cadeias produtivas para óleo e gás e para tecnologias relevantes para a transição energética



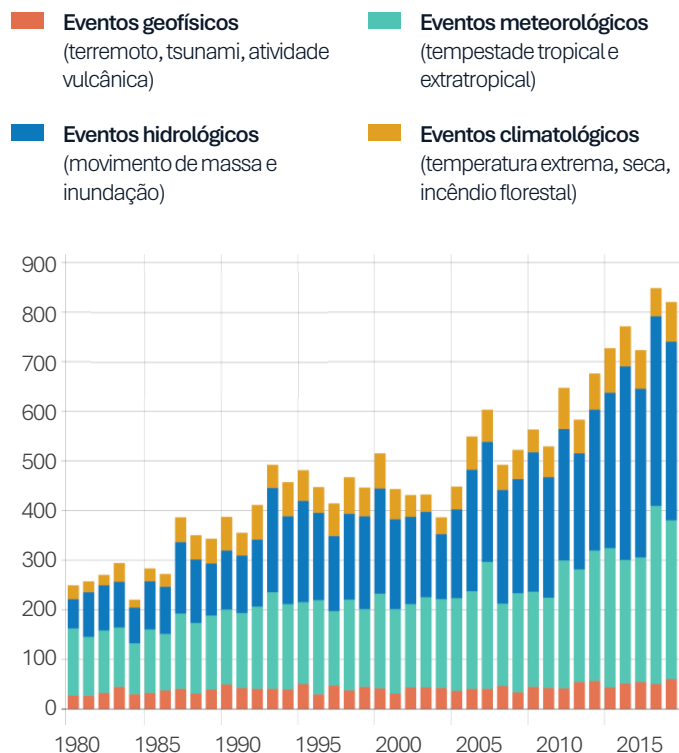
Fonte: Adaptado de IEA (2022).

## Implicações para o sistema energético brasileiro

- Posicionamentos de países desenvolvidos, China e outros países asiáticos no desenvolvimento tecnológico e em diversas cadeias relevantes da transição energética (como equipamentos para transmissão, painéis fotovoltaicos, baterias etc.) geram desafios relacionados à dependência produtiva e tecnológica do sistema energético brasileiro e à competitividade nacional.
- Preocupações com segurança energética e oportunidades para desenvolvimento de cadeias produtivas (novas e existentes) para a transição energética no País.

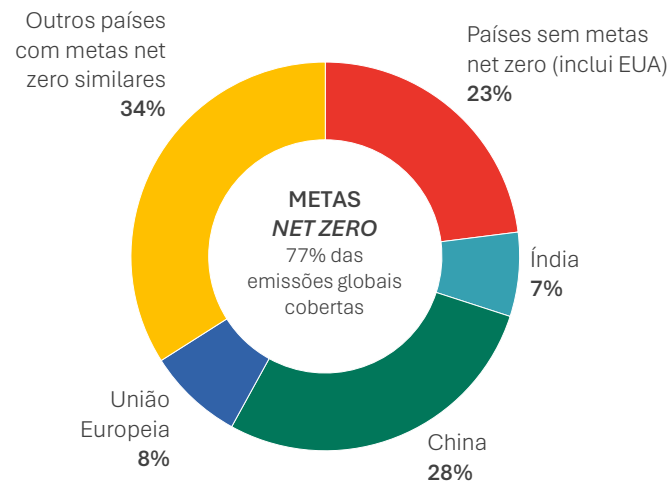
## T2: Mudanças climáticas e segurança energética cada vez mais no centro das políticas

Figura 18: Quantidade de eventos climáticos extremos no mundo: 1980-2019



Fonte: Adaptado de Munich Re (2016) *apud* UK Met Office (2024).

Figura 19: Compromissos *net zero* anunciados por países



Fonte: Adaptado de Climate Action Tracker (2025).

O sistema energético é fortemente influenciado pelas questões climáticas em função de sua relevância nas emissões de GEE e de sua vulnerabilidade às alterações do clima.

Períodos de escassez hídrica, ondas de calor extremo e tempestades são exemplos de eventos que demandam medidas para aumentar a resiliência e a segurança do sistema energético.

Neste contexto, os cenários de aquecimento global pressionam por medidas de mitigação de emissões de GEE, como a promoção de fontes renováveis e a precificação de carbono. Em outubro de 2025, cerca de 145 países anunciaram ou estão considerando metas de emissões líquidas zero, cobrindo cerca de 80% das emissões globais (Climate Action Tracker, 2025).

### Implicações para o sistema energético brasileiro

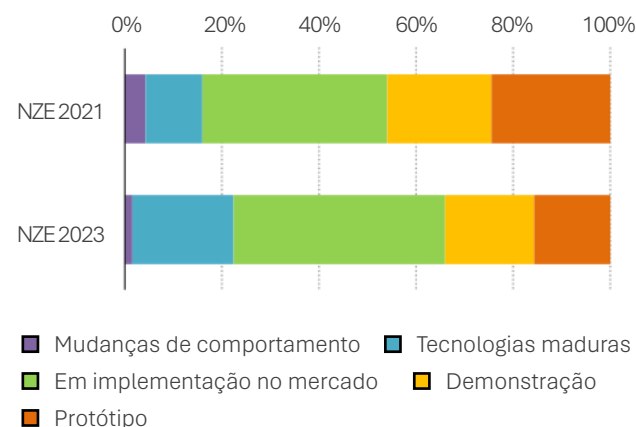
- As alterações climáticas podem impactar a disponibilidade de recursos naturais e energéticos, a demanda por energia, a eficiência e a integridade de infraestruturas energéticas.
- Assim, a necessidade de resiliência e segurança se impõe no planejamento do sistema energético nacional, e por esse motivo é preciso desenvolver outros modelos de negócio e mecanismos para prover a segurança do suprimento.

### T3: Relevância crescente de investimentos em inovação para a transição energética

No contexto de transição energética e de resposta aos desafios das mudanças climáticas, **a inovação é – e continuará sendo – um driver fundamental para viabilizar e potencializar as transformações nos sistemas energéticos**. Porém, grande parte das tecnologias necessárias para a redução de emissões de GEE para o *net zero* ainda estão nos estágios iniciais da cadeia de inovação: 35% em 2023. Em 2021, este percentual era de quase 50%, demonstrando um avanço tecnológico importante no âmbito global (IEA, 2023).

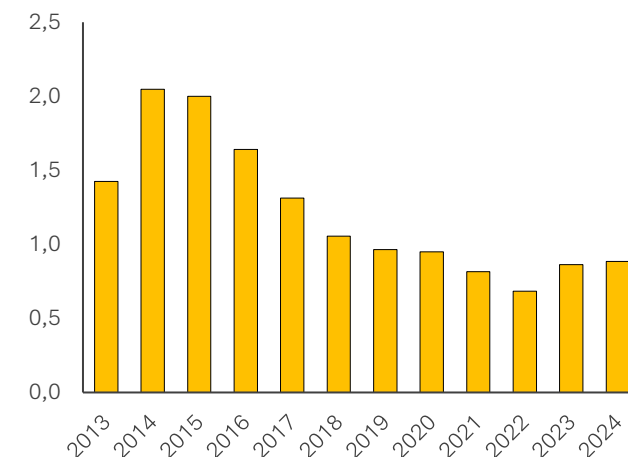
No Brasil, os investimentos públicos e publicamente orientados de pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em energia no período de 2013 a 2024 foram, em média, superiores a R\$ 5,0 bilhões por ano, sendo que 77% deste montante foi de investimentos publicamente orientados, ou seja, regulados pela ANEEL e ANP. Por sua vez, os investimentos públicos em PD&D mostraram uma queda significativa nos últimos anos, trajetória que começou a ser revertida a partir de 2023 (Figura 21).

**Figura 20:** Comparação da redução de emissões de CO<sub>2</sub> cumulativas do setor de energia relativa ao ano base, por maturidade tecnológica



Fonte: Adaptado de IEA (2023).

**Figura 21:** Evolução dos investimentos públicos em PD&D em energia no Brasil (R\$ bilhões)



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2025c).

#### Implicações para o sistema energético brasileiro

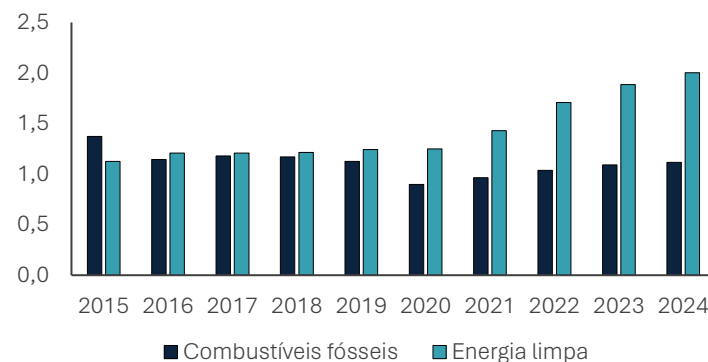
- É necessário acelerar e dar escala aos investimentos em inovação, tanto em eficiência energética e energias renováveis, quanto também em novas tecnologias associadas aos setores de difícil descarbonização (como siderurgia, cimento, transporte de carga, aviação, produtos químicos etc.), além de tecnologias habilitadoras, como ligadas à transformação digital.
- O fortalecimento da capacidade inovativa do sistema energético nacional e seu direcionamento para os desafios da transição energética brasileira demandará forte articulação interministerial, além de integração de instrumentos financeiros. Segundo IEA (2024a), os resultados da inovação energética são mais facilmente alcançados quando se alinham com as visões nacionais de economia e desenvolvimento social. A inovação deve ser considerada para além da perspectiva tecnológica – a partir de uma abordagem sistêmica, que contemple modelos de negócios, arranjos de financiamento e as condições e desafios locais, aproveitando peculiaridades brasileiras, com potencial de geração de emprego e renda.

## T4: Transformação gradual dos sistemas energéticos na direção de economias de baixo carbono

A emergência climática impõe pressão para redução de emissões dos diferentes segmentos da economia, sendo um deles o setor energético. No caso do Brasil, apesar do maior peso dos setores de uso da terra nas emissões, o **setor de energia pode ser um vetor importante para descarbonização** dos setores transporte e indústria – que apresentaram renovabilidade de 22,5% e 64,7%, respectivamente, em 2023, de acordo com EPE (2024a).

A transformação na direção de economias de baixo carbono vai além da substituição de fontes energéticas, envolvendo movimentos como descentralização e digitalização – os 3 Ds da transição energética.

**Figura 22:** Investimento global em combustíveis fósseis e energia limpa: 2015-2024 (US\$ 2023 trilhões)



Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2024c).

Tendências	Implicações para o sistema energético brasileiro
<b>T4A</b> Maior inserção de fontes renováveis variáveis, trazendo novos desafios para sua integração no sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>A expansão de fontes variáveis impõe desafios para o planejamento e a operação, tornando necessário o investimento em recursos que agreguem cada vez mais flexibilidade e controlabilidade para a operação, de modo a fazer frente às variações da geração e da carga.</li> <li>Além de um sistema de transmissão robusto, também podem contribuir para o aumento necessário da flexibilidade operativa o desenvolvimento/implantação de tecnologias de armazenamento de energia, Sistemas de Transmissão de Corrente Alternada Flexíveis (FACTs), compensação reativa variável, mecanismos de resposta de demanda, tecnologias meteorológicas, entre outros.</li> <li>Relevância da consideração dos impactos socioambientais locais das renováveis variáveis.</li> </ul>
<b>T4B</b> Aumento da eletrificação no consumo final de energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apesar da eletrificação do setor de energia ser considerada tendência, a intensidade e a velocidade desse processo são incertas, sobretudo em segmentos como o de transportes e o industrial.</li> <li>Questões relacionadas ao custo da energia elétrica podem afetar o processo de eletrificação.</li> <li>É um <i>driver</i> para a integração de novos projetos de geração renovável, estimulando o aproveitamento eficiente e sustentável do potencial energético brasileiro e do sistema de transmissão.</li> </ul>
<b>T4C</b> Protagonismo do consumidor e maior descentralização dos sistemas energéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recursos Energéticos Distribuídos (REDs) impõem desafios, mas também podem trazer benefícios associados a sua integração ao sistema, como redução de perdas, aumento de confiabilidade etc.</li> <li>Necessidade de aprimoramentos metodológicos, de modelagem e de políticas de compartilhamento de informações que possam garantir a identificação adequada dos requisitos de expansão, possibilitando um planejamento energético efetivo e eficiente, e uma operação futura segura.</li> </ul>
<b>T4D</b> Perspectiva de maior digitalização na produção e uso de energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Em todo o setor energético, a digitalização pode ajudar a reduzir custos, melhorar eficiência e resiliência, além de induzir mudanças de comportamento do consumidor na direção de opções de baixo carbono.</li> <li>Destacam-se como desafios a criação de capacidade para o aproveitamento do potencial da digitalização (infraestrutura, serviços tecnológicos e mão de obra), não apenas em nichos específicos, mas de uma forma mais ampla na população, bem como preocupações com cibersegurança.</li> </ul>

## T5: Expansão da necessidade de serviços energéticos no Brasil

### Economias emergentes apresentam demandas crescentes

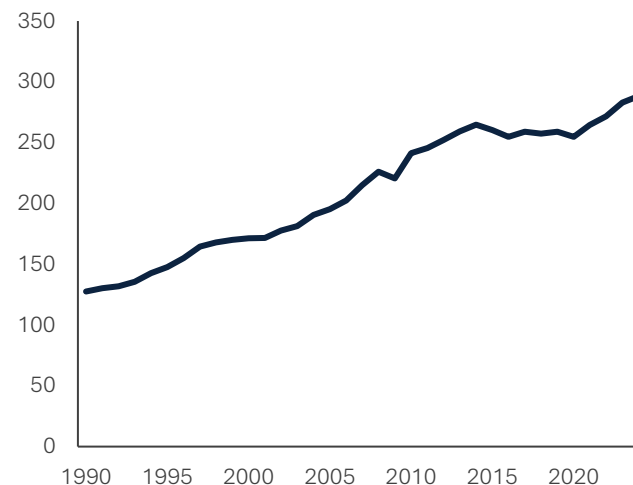
por conta de seus processos de desenvolvimento, crescimento populacional, melhoria nos padrões de vida, entre outros, o que pressiona a necessidade de serviços energéticos.

De acordo com EPE (2020), a demanda de energia irá duplicar e a de energia elétrica irá triplicar até 2050 no Brasil. As mudanças comportamentais e novos modelos de negócios (que afetam a forma como os agentes utilizam a energia), a eficiência energética e a eletrificação poderão influenciar a trajetória da demanda de energia nos setores de uso final, ainda que a magnitude destes impactos seja ainda incerta.

A desaceleração da taxa de crescimento populacional assim como a evolução da renda, com estimativa de crescimento do PIB per capita, também influenciarão a necessidade de serviços energéticos. Em 2024, o consumo de energia per capita no Brasil ainda era metade da União Europeia.

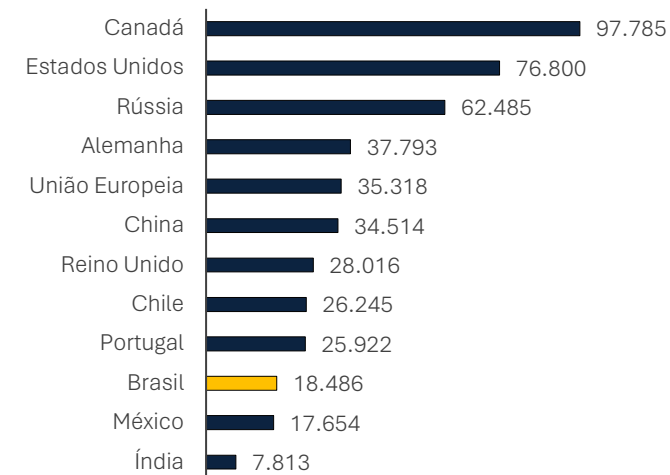
As cidades respondem por uma parcela expressiva do consumo energético, tendo mais de 50% da população, 80% do PIB, dois terços do consumo de energia e mais de 70% das emissões de carbono. Prevê-se que, até 2050, mais de 70% da população mundial viverá em cidades, resultando em um crescimento maciço da procura de infraestruturas energéticas urbanas (IEA, 2021).

Figura 23: Consumo final de energia no Brasil (milhão tep)



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2025a).

Figura 24: Consumo de energia per capita em 2024 em países selecionados (kWh)



Fonte: Elaboração própria a partir de Our World in Data (2025).

### Implicações para o sistema energético brasileiro

- Desafio de assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia a todas e a todos (ODS 7).
- Expandir e modernizar a infraestrutura e a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia.
- Ritmo e intensidade do crescimento da demanda poderão ser impactados por fatores ainda incertos ligados ao comportamento do consumidor, eficiência energética, eletrificação nos setores de uso final e evolução da renda no Brasil.

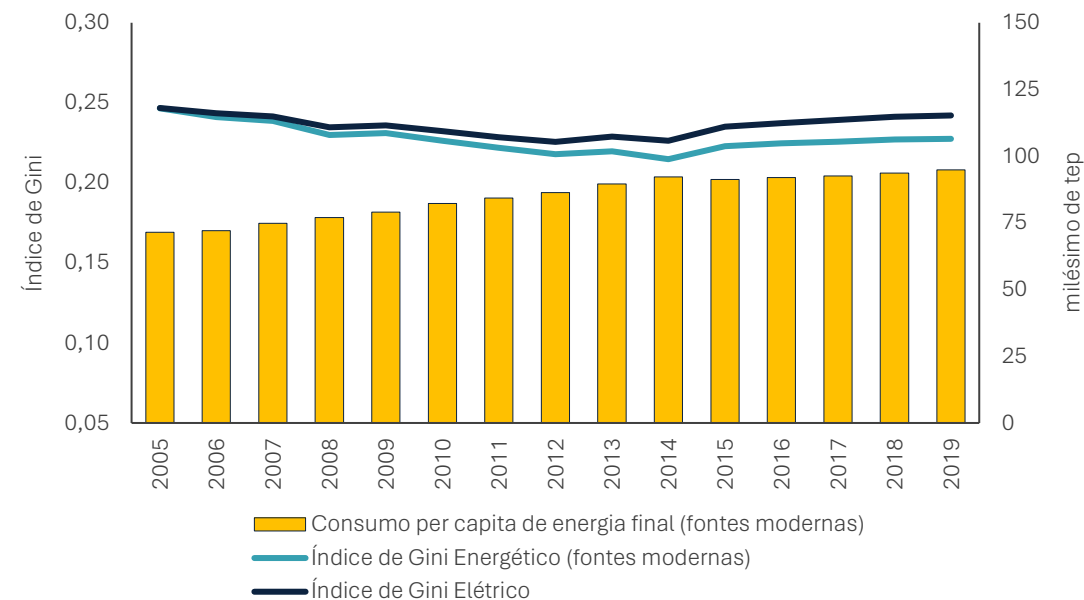
## T6: Pressão por uma transição energética socialmente justa e inclusiva

É crescente a **pressão cada vez maior para que a transição para uma economia de baixo carbono esteja associada aos objetivos de desenvolvimento sustentável** (ODS) e à agenda de mitigação da pobreza energética, especialmente nos países em desenvolvimento, de modo a garantir para todos os domicílios o acesso a fontes de energia limpas, modernas e acessíveis.

No Brasil, a lenha e o carvão vegetal representam 25% de toda a energia consumida nos domicílios, impactando diretamente na saúde e na qualidade de vida, principalmente de mulheres e crianças, que passam a maior parte do tempo nos afazeres domésticos e cuidados com a família.



**Figura 25:** Evolução anual do Índice de Gini Elétrico no setor residencial e do consumo residencial de energia elétrica no Brasil



Fonte: EPE (2023).

### Implicações para o sistema energético brasileiro

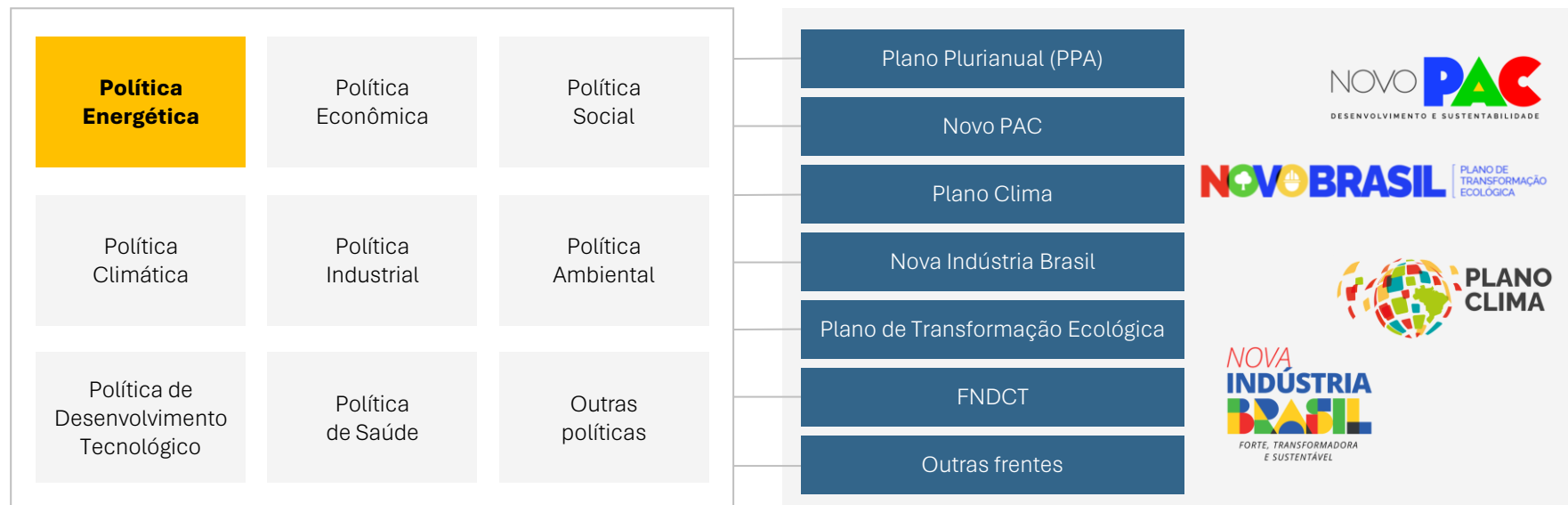
- Potencial para geração de emprego e renda a partir das potencialidades energéticas brasileiras, inclusão social, combate à pobreza energética, redução das desigualdades socioeconômicas e regionais, melhoria da qualidade de vida, crescimento econômico, reindustrialização sob bases mais sustentáveis, dentre outras oportunidades.
- A transição energética pode ser vetor para o desenvolvimento sustentável no País.

## T7: Importância crescente de integração de políticas públicas, governança e financiamento para a transição energética

A transição energética é um tema transversal à economia brasileira e, neste sentido, vem sendo pauta de ações em diferentes ministérios, como MME, MDIC, Fazenda, MRE, MMA, MCTI, entre outros.

Diante disso, **a coordenação e integração dessas políticas são determinantes para o processo de transição energética.**

Nesse sentido, **a Política Nacional de Transição Energética (PNTE)**, instituída pela Resolução CNPE nº 5/2024, **visa integrar políticas públicas para promover uma transição energética justa e inclusiva**, conforme mostra a representação esquemática ao lado.

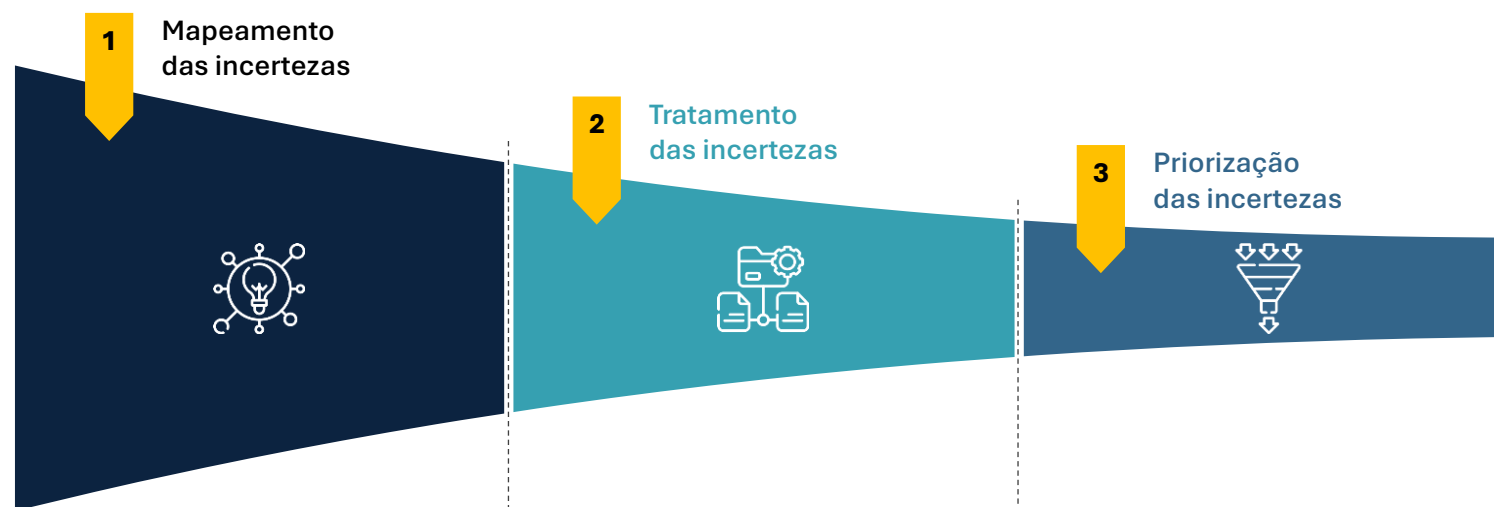


### Implicações para o sistema energético brasileiro

- O nível de coordenação e integração de políticas é fundamental para o sucesso da transição energética.
- Necessidade de as políticas lidarem com os impactos ambientais que podem ser causados pela maior expansão de algumas fontes renováveis.
- Administrar e articular interesses de diversos setores, muitas vezes conflitantes, em prol do processo de transição energética.
- Compreender quais são os nossos principais objetivos, na realidade de um país em desenvolvimento com inúmeras demandas a serem atendidas.

## Depois de olhar as grandes tendências, partimos para o mapeamento das forças com alto grau de incerteza e elevado impacto em relação ao sistema energético nacional até 2055 ...

As incertezas são fundamentais para a definição da lógica dos cenários e, em geral, são escritas na forma de perguntas. Qual foi a abordagem do PNE 2055 para o processo de mapeamento e priorização das incertezas?



Amplo processo de mapeamento de incertezas:

- Dinâmica com o Conselho Consultivo da EPE (Concepe).
- Entrevistas com lideranças da EPE
- Oficinas com especialistas externos.
- Formulários e questionários com colaboradores da EPE e MME.
- Outros estudos de cenarização.

Aprimoramento e tratamento da lista de insumos a partir das discussões das oficinas e entrevistas.

Processo de priorização das incertezas em etapas, aplicando as seguintes técnicas:

- Matriz de Importância e Incerteza
- Matriz de Motricidade e Dependência
- Matriz Morfológica

# Oficinas internas promovidas pela EPE para discutir as incertezas

## 1ª Oficina – 11/3/2024

Como as mudanças climáticas impactarão o sistema energético nacional?



### Painelistas

Representantes das áreas técnicas da EPE

1

2

## 3ª Oficina – 25/3/2024

Net zero, desafios e oportunidades para o Brasil



### Painelista

Túlio Andrade (Itamaraty)

3

4

## 5ª Oficina – 11/4/2024

Caminhos para o Brasil nos setores de difícil descarbonização



### Painelistas

Darlan Santos (ANAC)  
Fernando Costa (Marinha)  
Fernando Salina (CSN)  
Gonzalo Visedo (SNIC)

5

6

## 2ª Oficina – 15/3/2024

Pobreza e justiça energética: definições, indicadores, medidas e governança



### Painelistas

Lançamento de Nota Técnica da EPE, com participação de painelistas da EPE e do MME

## 4ª Oficina – 3/4/2024

Transição da indústria de óleo & gás no Brasil



### Painelistas

Alexandre Szklo (COPPE/UFRJ)  
Décio Oddone (Brava Energia)  
Viviana Coelho (Petrobras)

## 6ª Oficina – 30/4/2024

Mudanças na dinâmica do sistema elétrico no contexto da transição energética



### Painelistas

Bernardo Sicsú (Abraceel)  
Christiano Vieira (ONS)  
Jerson Kelman (UFRJ)  
Joísa Dutra (FGV)  
Paulo Pedrosa (Abrace)  
Sinval Gama (Eletronuclear)

## Lista de incertezas para o sistema energético nacional até 2055

### Incertezas

- 01 Quais serão os **impactos das mudanças climáticas** sobre o sistema energético brasileiro? O sistema energético brasileiro será flexível e resiliente para lidar com **eventos climáticos extremos**?
- 02 Como o Brasil vai **conciliar políticas de desenvolvimento socioeconômico com a agenda climática**?
- 03 Haverá **construção de consenso sociopolítico** que assegure governabilidade e coerência de políticas e incentivos para a transição energética?
- 04 Haverá **capacidade de coordenação e de integração entre diferentes políticas públicas**, financiamento e governança para a transição energética?
- 05 Como evoluirá o **modelo de desenvolvimento brasileiro**? O Brasil conseguirá avançar nas cadeias globais de valor e se destacar como uma potência industrial sustentável?
- 06 Quais serão os **impactos da inovação e da evolução tecnológica** no desenvolvimento sustentável?
- 07 Como evoluirão as **cadeias produtivas relevantes para a transição energética** no Brasil? Como evoluirá a **dependência produtiva e tecnológica dessas cadeias**?
- 08 Como a **transformação digital** irá impactar o setor energético nacional?
- 09 Como evoluirá o **financiamento para transição energética** no Brasil?
- 10 Como será a **regulação** para o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono e o **custo** dessas tecnologias?
- 11 Qual será a estratégia para lidar com o planejamento e a operação de um sistema elétrico mais descentralizado com elevada participação de **fontes renováveis variáveis**?
- 12 Será possível desenvolver a **infraestrutura e redes elétricas flexíveis e resilientes** para o sistema elétrico do futuro?
- 13 Qual será o ritmo e a intensidade de **inserção dos RED** e quais serão seus impactos no sistema energético brasileiro?
- 14 Qual será a velocidade e intensidade de **descarbonização do transporte e da indústria**?
- 15 Como será o **crescimento da demanda** de energia no Brasil? Como as **mudanças demográficas e comportamentais** irão afetá-la?
- 16 Haverá **acesso** universal, confiável, moderno e a preços acessíveis de energia?
- 17 Como evoluirá a **pobreza energética e a desigualdade no consumo de energia** no Brasil?
- 18 O **net zero** será efetivamente alcançado no Brasil?
- 19 Como será a **exploração de novas fronteiras de óleo e gás** no Brasil?
- 20 Como a transição energética brasileira poderá ser **vetor para desenvolvimento sustentável** no País?



4

## **Priorização das incertezas e desenvolvimento da lógica da cenarização**



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO  
**BRASIL**  
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

# 1. Matriz de Importância e Incerteza

## O que é?

- Uma ferramenta que hierarquiza fatores-chave do objeto da cenarização, segundo dois critérios fundamentais: o grau de impacto sobre o sistema-objeto, que neste caso é o Sistema Energético Nacional até 2055, e o nível de incerteza.
- Quanto maiores forem o impacto e o nível de incerteza de um dado fator, maior a necessidade de considerá-lo na geração dos cenários.



**Ponto de partida:** uma lista de 43 incertezas (perguntas) traduzidas em **63 variáveis**.

Estas variáveis foram analisadas segundo os critérios de impacto e incerteza através de um **formulário**.

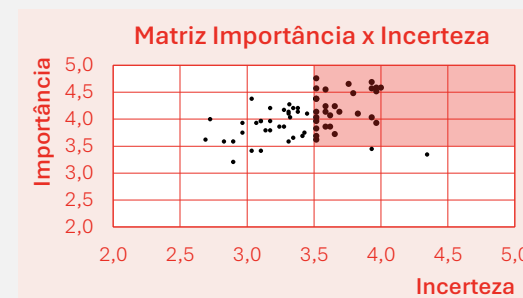


**Compilação** de **29 formulários** respondidos por membros do GT Cenários, tanto da EPE quanto do MME.



**“Plotagem”** dos fatores na Matriz de Importância e Incerteza.

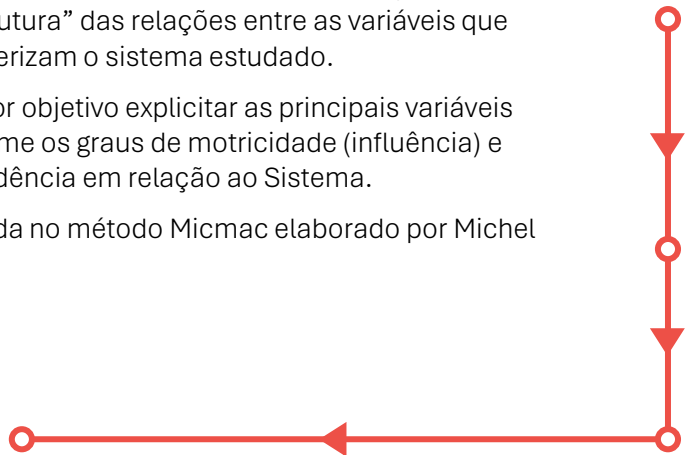
**Ranqueamento e seleção** de uma **lista reduzida de incertezas**, posteriormente analisada nas demais etapas de priorização.



## 2. Matriz de Motricidade e Dependência (ou Matriz Estrutural)

### O que é?

- É uma ferramenta de reflexão coletiva que descreve a “estrutura” das relações entre as variáveis que caracterizam o sistema estudado.
- Tem por objetivo explicitar as principais variáveis conforme os graus de motricidade (influência) e dependência em relação ao Sistema.
- Baseada no método Micmac elaborado por Michel Godet.



**Etapa 1**  
**Mapeamento das variáveis**  
 (advindo da Matriz de Importância e Incerteza)



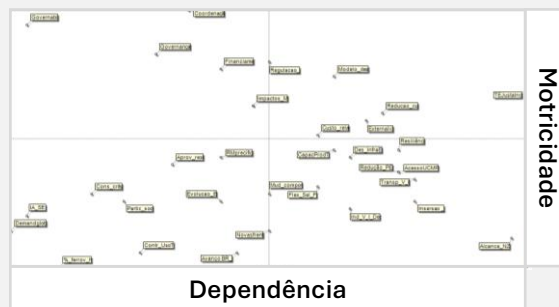
**Etapa 2**  
 Explicitação das **relações diretas existentes entre as variáveis** utilizando a Matriz Estrutural

	Sobre...	<b>Variáveis (Colunas da matriz)</b>	<b>Motricidade</b>
Influência de...		Qual o grau de influência da variável “i” sobre a variável “j”?	
<b>Variáveis (linhas da matriz)</b>		<b>Dependência</b>	



**Etapa 4**  
 Rodada de **inserção dos resultados no software Micmac**

A Matriz Estrutural separa as variáveis em **4 grupos**: as mais motrizes, as de ligação, as de resultado e as autônomas ou independentes.



**Etapa 3**  
**Dinâmicas de discussão e alinhamento**



### 3. Matriz Morfológica

#### O que é?

- Uma técnica que configura de maneira sistemática situações possíveis para um dado sistema, por meio da combinação de diferentes hipóteses sobre as incertezas, representadas por variáveis, relacionadas a este sistema.
- Evidencia combinações qualitativamente distintas.

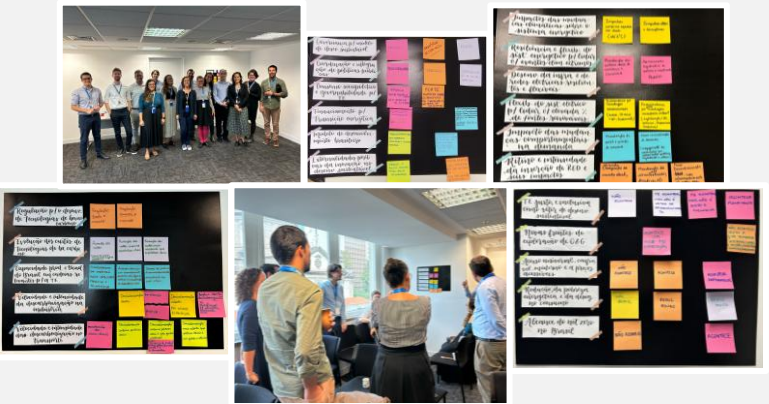


Digitalização da Matriz Morfológica.

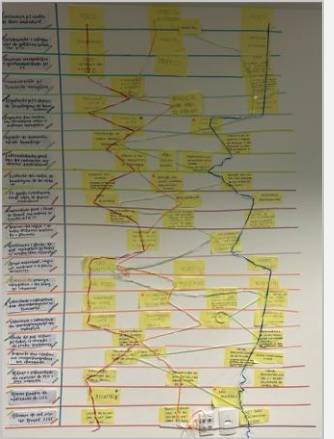
VARIÁVEL	Opção 1	Opção 2	Opção 3
GOVERNANÇA PARA UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ALINHADO À AGENDA CLIMÁTICA	Unidade e foco	Ampliação da linha de atuação setorial	Abordagem forte
COORDENAÇÃO E INTEGRACÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS, FINANÇAMENTO E GOVERNANÇA PARA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	Desarticulação e pouca atuação integrada	Coordenação integrada	
CONSENSO SOCIOECONÔMICO E GOVERNABILIDADE PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	Foco em alta inflação e baixo desenvolvimento econômico	Hedonista, com ênfase em qualidade de vida	Forte, com ênfase nos benefícios da transição energética para sociedade
FINANCIAMENTO PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL	Insuficiente e não estruturado. Pouca diversificação das fontes	Suficiente e estruturado	Adaptado com ênfase em fontes renováveis, fontes diversificadas, fontes descentralizadas.
REGULACÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO	Regulacão rígida e não estruturada	Regulacão com estado de mercado	Regulacão fomentadora e orientada
MODELO DE DESENVOLVIMENTO BRASILEIRO	Manutenção do modelo primário exportador	Híbrido, mas com ênfase em setores estratégicos	Diversificação da economia com maior participação de setores produtivos da transição energética e ODS
EXTERNALIDADES POSITIVAS DA INOVAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	Foco em inovação setorial	Mélio, com ênfase em setores estratégicos	Fortalecimento com regulamentação para a inovação
EVOLUÇÃO DOS CUSTOS DE TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO	Aumento no investimento em inovação	Redução dos custos conforme expectativas atuais	Redução dos custos mais acelerada que o esperado
TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA E INCLUSIVA COMO VEÍCULO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL	Não estruturada	Atuação de forma estruturada	Acontece paralelamente
APLICACÃO PRODUTIVA E TECNOLÓGICA DO HABILIDADES PRODUTIVAS E CREATIVAS DE ALTA E MÉDIA QUALIDADE PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	Relevância setorial com pouca integração com setores produtivos e tecnológicos de alta e média qualidade	Desenvolvimento produtivo e tecnológico de alta e média qualidade	Sucesso de políticas de inovação e desenvolvimento de setores produtivos e tecnológicos de alta e média qualidade
TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DO SISTEMA ENERGÉTICO	Limitada	Ampliada	Ampliada
DESENVOLVIMENTO DA INFRAESTRUTURA E DE REDES ELÉTRICAS RESILIENTES E FLEXÍVEIS PARA O SISTEMA ELÉTRICO DO FUTURO	Manutenção das estruturas atuais	Aprimoramento estrutural e estado de arte de base privada, investimento público	
RESILÊNCIA E FLEXIBILIDADE DO SISTEMA ENERGÉTICO PARA USAR COMPONENTES CLIMÁTICOS EXTREMOS	Manutenção das estruturas atuais de resiliência e flexibilidade	Aprimoramento estrutural de políticas e investimentos	
APROVEITAMENTO DE SINERGIAS RELACIONADAS À TRANSIÇÃO ENERGÉTICA REGIONAL	Não ocorre	Acontece parcialmente	Acontece rapidamente
ACESSO UNIVERSAL, CONVÊNIO, PODEROSO E A PREÇOS ACESSÍVEIS À ENERGIA	Não ocorre	Reduz pouco	Reduz muito
FORTEZA ENERGÉTICA DA DESIGUALDADE NO CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL	Manutenção das estruturas atuais	Desarticulação de políticas atuais	Desarticulação de políticas atuais e um perfil produtivo atualizado
REGULACÃO E INTENSIDADE DA DESCARBONIZAÇÃO DO TRANSPORTE	Desarticulação setorial	Desarticulação setorial	Desarticulação setorial e rigorosa
REGULACÃO E INTENSIDADE DA DESCARBONIZAÇÃO DA INDÚSTRIA	Desarticulação setorial	Desarticulação setorial	Desarticulação setorial e rigorosa
FLEXIBILIDADE DO SISTEMA ELÉTRICO PARA LIDAR COM FLUTUAÇÕES DE FONTES RENOVÁVEIS VARIÁVEIS	Prevalência de tecnologia convencional	Integração de fontes renováveis variáveis	Prevalência de fontes renováveis variáveis no Brasil
IMPACTOS DAS MUDANÇAS COMPORTAMENTAIS NO CONSUMO FINAL DE ENERGIA	Manutenção das estruturas atuais	Ampliação racionalizada e responsável da participação	
RÍGIDO E INTENSIDADE DA ENERGIA DE REES E SEUS IMPACTOS NO SISTEMA ENERGÉTICO	Manutenção do modelo atual	Manutenção do modelo atual (desenvolvimento de fontes renováveis)	Manutenção do modelo atual (desenvolvimento de fontes renováveis)
EXPLORAÇÃO DE NOVAS FRONTEIRAS DE GÁS NO BRASIL	Em expansão	Acumulação de gás e redução de produção	Em desarticulação
ALCANCE DO NET ZERO NO BRASIL	Longo prazo para alcançar em 2050	Alcance em 2050	Alcance em 2050



Dinâmica de grupo para construção das hipóteses (estados futuros alternativos) de um conjunto de incertezas definidas nas etapas anteriores.



Construção da Matriz Morfológica completa a partir de combinações de diferentes hipóteses.



### 3. Matriz Morfológica

VARIÁVEIS	Limitada e fraca	Avança e se limita a alguns setores	Abrangente e forte
<b>GOVERNANÇA PARA UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ALINHADO À AGENDA CLIMÁTICA</b>	Limitada e fraca	Avança e se limita a alguns setores	Abrangente e forte
<b>COORDENAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS, FINANCIAMENTO E GOVERNANÇA PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA</b>	Descoordenado e pouco integrado	Avança e se limita a alguns setores	Coordenado e integrado
<b>CONSENSO SOCIOPOLÍTICO E GOVERNABILIDADE PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA</b>	Fraco, com alta influência de lobbies e desinteresse da sociedade	Moderado, com avanço em alguns setores	Forte, com clareza dos benefícios da transição energética pela sociedade
<b>FINANCIAMENTO PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL</b>	Insuficiente e inadequado. Pouca diversificação das fontes		Suficiente e adequado com custo de capital no padrão atual. Fontes de financiamento diversificadas. <sup>1</sup>
<b>REGULAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO</b>	Regulação limita o mercado	Regulação corre atrás do mercado	Regulação fomenta o mercado
<b>MODELO DE DESENVOLVIMENTO BRASILEIRO</b>	Manutenção do modelo primário exportador	Há avanços, mas ainda é mantido o modelo primário exportador	Diversificação da economia com maior agregação de valor e protagonismo da transição energética e ODS
<b>EXTERNALIDADES POSITIVAS DA INOVAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL</b>	Fraca e pouco perceptível pela sociedade	Médio, com foco em emissões	Forte/ampla com valorização por parte da sociedade
<b>EVOLUÇÃO DOS CUSTOS DE TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO</b>	Aumento ou manutenção dos custos <sup>2</sup>	Redução dos custos conforme expectativas atuais	Redução dos custos mais acelerada que expectativas atuais
<b>TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA E INCLUSIVA COMO VETOR DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL</b>	Não acontece transição energética justa e inclusiva	Avança de forma insuficiente	Acontece plenamente
<b>CAPACIDADE PRODUTIVA E TECNOLÓGICA DO BRASIL NAS CADEIAS PRODUTIVAS GLOBAIS DE VALOR RELEVANTES PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA</b>	Baixa capacidade produtiva e tecnológica nas cadeias relevantes para a TE	Avanços setoriais com desenvolvimento produtivo em algumas cadeias relevantes para a TE e manutenção de dependência tecnológica	Sucesso de políticas de neoindustrialização. Desenvolvimento amplo de capacidade produtiva e tecnológica nas cadeias relevantes para a TE
<b>TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO SISTEMA ENERGÉTICO</b>		Lenta	Acelerada
<b>DESENVOLVIMENTO DA INFRAESTRUTURA E DE REDES ELÉTRICAS RESILIENTES E FLEXÍVEIS PARA O SISTEMA ELÉTRICO DO FUTURO</b>	Manutenção das práticas atuais de resiliência e flexibilidade	Aprimoramento restrito a algumas práticas relevantes e áreas-chave	Aprimoramento segundo o estado da arte das boas práticas, investimento proativo
<b>RESILIÊNCIA E FLEXIBILIDADE DO SISTEMA ENERGÉTICO PARA LIDAR COM EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS</b>	Manutenção das práticas atuais de resiliência e flexibilidade		Aprimoramento significativo de práticas e investimento pró-ativo
<b>Aproveitamento de sinergias relacionadas à integração eletroenergética regional</b>	Manutenção do status atual com foco em atendimento de demandas específicas		Melhor aproveitamento de sinergias relacionadas à integração regional
<b>ACESSO UNIVERSAL, CONFIÁVEL, MODERNO E A PREÇOS ACESSÍVEIS DE ENERGIA</b>	Não acontece	Acontece parcialmente	Acontece rapidamente
<b>POBREZA ENERGÉTICA E DESIGUALDADE NO CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL</b>	Não reduz		Reduz
<b>VELOCIDADE E INTENSIDADE DA DESCARBONIZAÇÃO NO TRANSPORTE</b>	Manutenção dos níveis atuais	Descarbonização conforme políticas atuais	Descarbonização mais rápida que políticas atuais
<b>VELOCIDADE E INTENSIDADE DA DESCARBONIZAÇÃO DA INDÚSTRIA</b>		Descarbonização lenta	Descarbonização rápida em nichos específicos
<b>FLEXIBILIDADE DO SISTEMA ELÉTRICO PARA LIDAR COM ELEVADA PARTICIPAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS VARIÁVEIS</b>			Predominância de novas tecnologias inovadoras no Brasil <sup>6</sup>
<b>IMPACTOS DAS MUDANÇAS COMPORTAMENTAIS NO CONSUMO FINAL DE ENERGIA</b>	Baixa racionalização e responsividade da demanda	Racionalização e responsividade da demanda avançam parcialmente	Ampla racionalização e responsividade da demanda
<b>RITMO E INTENSIDADE DA INSERÇÃO DE RED E SEUS IMPACTOS NO SISTEMA ENERGÉTICO</b>	Atenuação. Estagnação do modelo atual	Manutenção do ritmo atual (acelerado) com foco em GD	Maior descentralização com desenvolvimento de outros RED
<b>EXPLORAÇÃO DE NOVAS FRONTEIRAS DE O&amp;G NO BRASIL</b>	Em aceleração	Acelerado no curto e médio prazo e desaceleração no longo prazo	Em desaceleração
<b>ALCANCE DO NET ZERO NO BRASIL</b>	Longe de alcançar o net zero até 2050	Brasil avança, mas não alcança o net zero até 2050	Net zero é alcançado até 2050

**Notas:**

<sup>1</sup> Fontes de financiamento diversificadas (privado, público, internacional, mercado de carbono etc).

<sup>2</sup> Seja por conta de escassez de recursos, externalidades negativas, geopolítica.

<sup>3</sup> Mudança de modos de transporte; transporte público; redução da demanda.

<sup>4</sup> Com hidrogênio, eletrificação, biomassa, eficiência energética, CCUS etc.

<sup>5</sup> Por exemplo, hidrelétricas, térmicas a gás, transmissão.

<sup>6</sup> Por exemplo, digitalização, IA, baterias, reversíveis, transmissão.

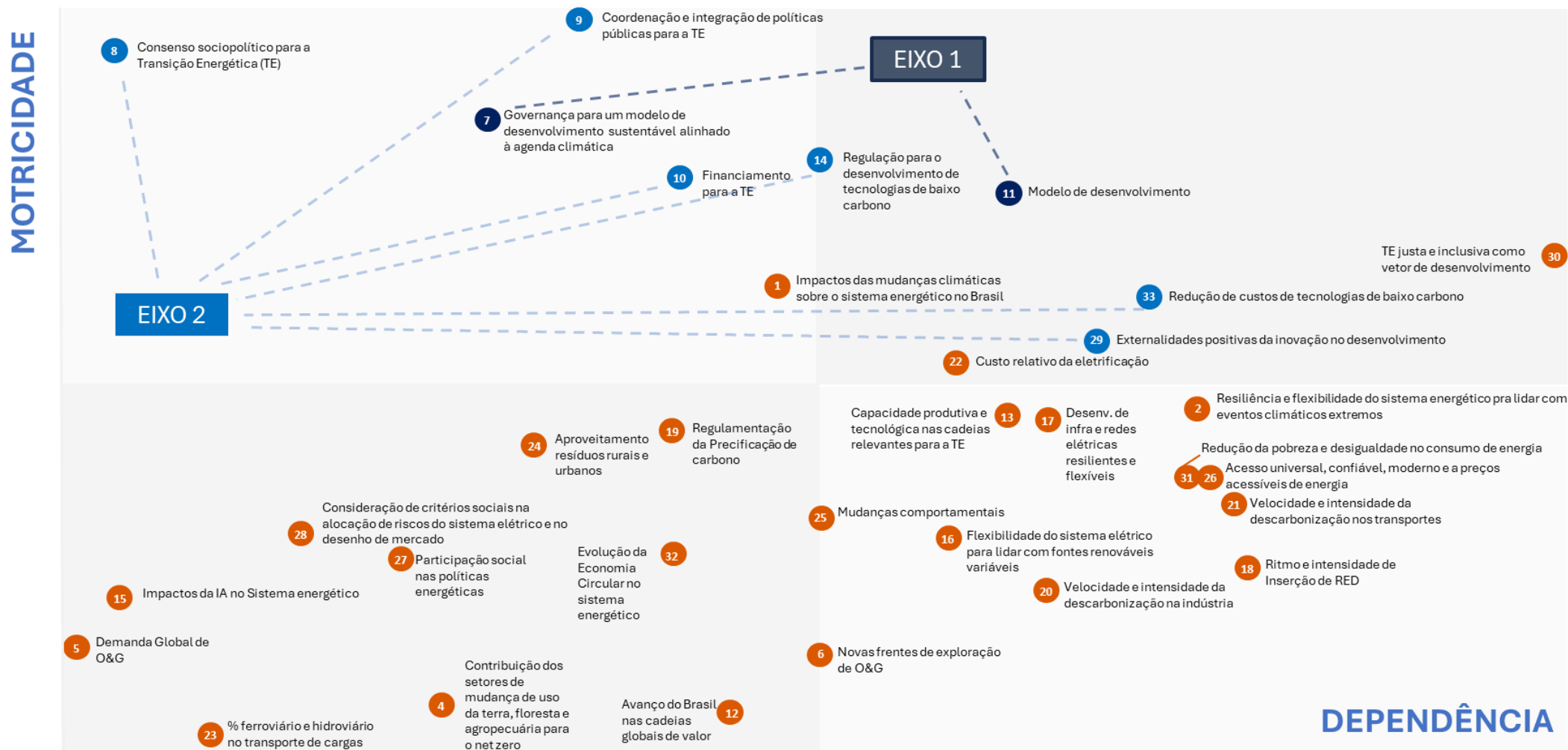
## Resultado da Matriz Estrutural

MOTRICIDADE



DEPENDÊNCIA

## Resultado da Matriz Estrutural



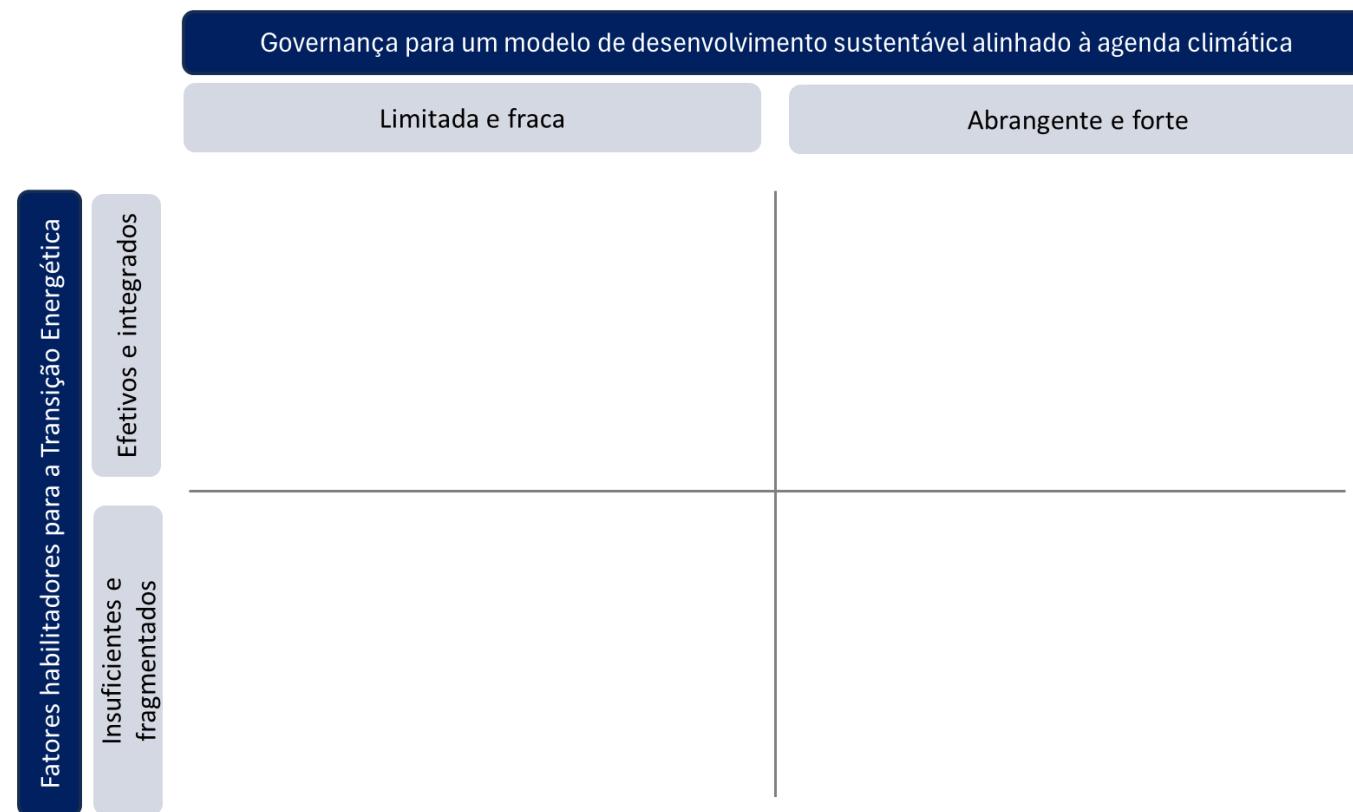
## Resultados da Matriz Estrutural: definição dos eixos

A partir dos resultados obtidos com a Matriz Estrutural, representados na página anterior, foram selecionadas variáveis<sup>3</sup> com alto grau de motricidade para construir os eixos dos cenários energéticos para o PNE 2055. Esses eixos são de extrema importância, pois contribuem para o entendimento da lógica dos cenários ao permitirem uma **visualização mais simples das principais diferenças entre cada um dos cenários**.

O eixo 1 representa a **Governança para um modelo de desenvolvimento sustentável alinhado à agenda climática**, que pode assumir dois estados: “limitada e fraca” ou “abrangente e forte”.

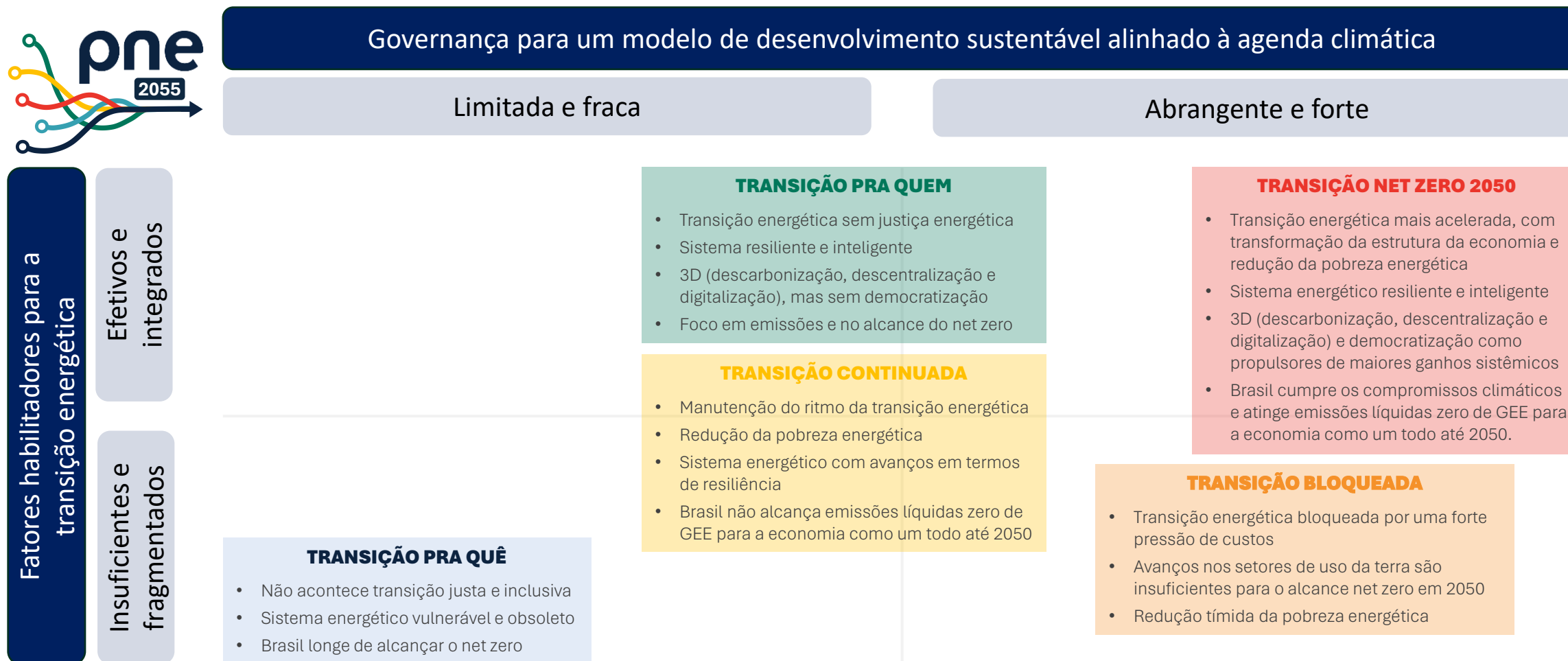
Por sua vez, o eixo 2 representa os **Fatores habilitadores para a Transição Energética**, que contempla variáveis como os custos e a regulação de tecnologias de baixo carbono, a coordenação e integração de políticas para a transição energética, entre outras. Tais fatores podem assumir dois estados: “insuficientes e fragmentados” ou “efetivos e integrados”.

Figura 26: Eixos dos cenários energéticos para o PNE 2055



<sup>3</sup> As variáveis representadas na Matriz Estrutural representam as incertezas que foram consideradas no processo.

## Lógica dos cenários energéticos





5

## Cenários energéticos para 2055



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO  
**BRASIL**  
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

## C1 – Transição Net Zero 2050

### Imagine um futuro em que ...

Há uma **coerência da ambição climática brasileira com os compromissos internacionais do Acordo de Paris e de neutralidade climática** – emissões líquidas nulas de gases de efeito estufa – para a limitação do aquecimento global, considerando um ritmo ainda mais acelerado.

Uma **governança forte e abrangente** se fortaleceu durante e após os eventos internacionais sediados no País (G20, BRICS, COP) na década de 2020. A maior frequência e gravidade dos eventos climáticos extremos também provocaram uma mobilização interministerial ainda mais célere nesta direção.

Ancorada numa visão compartilhada de futuro e na integração de instrumentos de planejamento, esta mobilização também contou com uma **sociedade mais consciente, crítica e participativa**, fruto de avanços na educação brasileira. Esse contexto contribuiu fortemente para a **compatibilidade entre a agenda climática brasileira e uma estratégia clara de desenvolvimento sustentável no País**. Assim, **a transição energética brasileira avançou de forma sinérgica a esta estratégia, contribuindo para um processo de diversificação e mudança estrutural no desenvolvimento do País**.

As **cadeias produtivas relevantes para a transição energética** – o que inclui energias renováveis, tecnologias

de captura e armazenamento de carbono, hidrogênio, bioeconomia, minerais estratégicos etc. – **foram fortalecidas em suas capacidades produtivas e tecnológicas**, o que permitiu a redução da dependência externa e a internalização dos benefícios em prol do desenvolvimento no País. **Empregos de qualidade, geração de renda, distribuição de riqueza e melhoria da pauta de exportação, com aumento da participação de bens e serviços de maior valor agregado**, são alguns exemplos destes benefícios, impulsionados por diversos programas e instrumentos com foco em inovação, industrialização e capacitação.

A busca por maior agregação de valor não teria sido possível sem outros fatores habilitadores como **coordenação entre as diversas políticas para a transição energética, financiamento e uma forte regulação, incentivando tecnologias de baixo carbono**.

A diversificação de instrumentos de financiamento, como fundos e empréstimos concessionais internacionais, investimentos públicos e privados em inovação em energia, precificação de carbono e a efetiva implementação de uma taxonomia sustentável (condizente com as potencialidades energéticas do Brasil), associados à coordenação das ações políticas em torno da transição energética, favoreceram a redução do custo de capital no País.



## C1 – Transição Net Zero 2050

Isto impulsionou e direcionou os **investimentos para uma economia de baixo carbono, respeitando e desenvolvendo as potencialidades energéticas nacionais, com redução de desigualdade socioeconômica**. Adicionalmente, a preocupação com a mensuração dos custos e benefícios da transição energética nos três pilares da sustentabilidade – econômico, social e ambiental – e a percepção da sociedade sobre estes impactos se ampliou consideravelmente.

De forma consensual e coordenada, **a transição energética engendrou um processo de mudanças ainda mais profundas em diversas frentes**.

Investimentos proativos em infraestrutura inteligente e tecnologias inovadoras, para lidar tanto com o aumento de fontes renováveis variáveis quanto com a maior frequência de eventos climáticos extremos, promoveram maior resiliência e flexibilidade ao sistema energético brasileiro. Destacam-se, também, a **aceleração dos processos de descarbonização tanto no transporte quanto na indústria; a maior escala dos recursos energéticos distribuídos** (para além da geração distribuída (GD) solar, incluindo outros tipos de GD, autoprodução de energia, eficiência energética e resposta da demanda); o **maior protagonismo e responsabilidade do consumidor** e, fundamentalmente, a **erradicação da pobreza energética e da redução da desigualdade no**

**consumo de energia** no Brasil (compromisso de Estado assumido pelo Brasil na década de 2020).

O amplo aproveitamento dos diversos recursos energéticos nacionais (com destaque para os de baixo carbono) juntamente a uma perspectiva de economia circular no sistema energético permitiram a **melhoria da gestão de resíduos rurais e urbanos, com externalidades positivas a nível regional e local**.

Em um contexto de menor demanda global de petróleo e redução significativa dos custos de tecnologias de baixo carbono, **o setor de óleo e gás passou por uma ampla transformação, migrando expertises rumo a uma economia de baixo carbono**. Nesse sentido, a oferta doméstica atingiu seu pico na década de 2030, com desaceleração da exploração de novas fronteiras neste período. Com maior racionalização e efetividade no seu uso, **a renda do petróleo passou a ser direcionada de forma mais efetiva para fomento a tecnologias de baixo carbono e para potencializar seus impactos no desenvolvimento sustentável para toda a sociedade**.

No âmbito regional, a **integração eletroenergética foi capaz de aproveitar sinergias e oportunidades de maneira mais eficaz**, superando situações específicas e emergenciais. A bem-sucedida integração energética na América do Sul trouxe uma ampla gama de benefícios.

**A segurança energética foi expressivamente reforçada, com a diversificação das origens de suprimento e o aumento da confiabilidade sistêmica**. A eficiência do sistema foi aprimorada, permitindo que recursos energéticos de um país fossem utilizados para atender à demanda em outro, em uma relação mutuamente benéfica. Ademais, a integração contribuiu para redução dos preços da energia, graças à economia de escala, acesso a mercados e ganhos de eficiência, tornando-a mais acessível. Finalmente, a criação de sinergias com projetos estratégicos estimulou o desenvolvimento de infraestrutura e parcerias intersetoriais, promovendo um crescimento sustentável e uma integração abrangente da região. Desta forma, **o País também contribuiu para o fortalecimento da cooperação e de um maior nível de integração de mercados na região, destacando ainda mais a liderança regional do Brasil**.

Por fim, **Brasil cumpriu seus compromissos climáticos com metas graduais e mais ambiciosas de redução de emissões e atingiu a neutralidade climática antes mesmo de 2050**. Assim, o País levou para a COP 2055 os resultados de uma transição energética com maiores avanços tanto em termos de justiça social e inclusão, quanto em transformação de suas vantagens comparativas em benefícios para a sociedade, reforçando seu protagonismo na agenda climática internacional.

## C2 – Transição Pra Quem

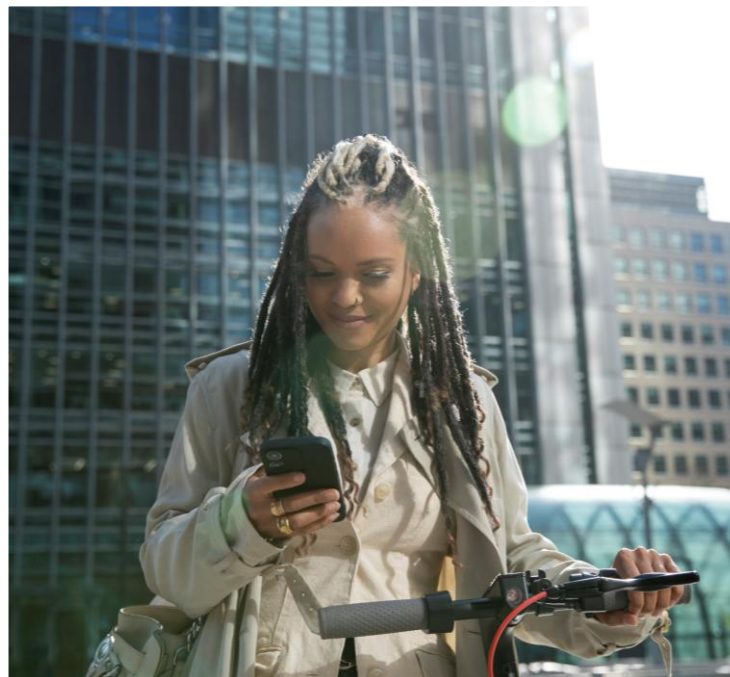
### Imagine um futuro em que ...

Ao longo dos últimos 30 anos, **aconteceram avanços em termos de uma governança para um modelo de desenvolvimento focado na redução de emissões.**

Porém, estes foram concentrados em alguns setores, sem resultar em uma trajetória de desenvolvimento sustentável, envolvendo o tripé econômico, ambiental e social. Sendo assim, **o Brasil é uma economia de baixo carbono**, fruto da integração e coordenação de políticas para a transição energética e de avanços em termos da construção de um consenso sociopolítico para tal mudança, **no entanto, ainda apresenta os problemas sociais do passado.**

Nesse sentido, **a transição energética aconteceu, com alguns ganhos para a sociedade, porém sem justiça social.** Isso pode ser visto pela **manutenção da pobreza energética** e pela existência de uma parcela significativa de domicílios sem acesso à energia confiável e moderna com preços acessíveis.

**A intensificação de políticas de subsídios para tecnologias que já se mostravam maduras gerou distorções e impactou negativamente o preço ao consumidor final.** Assim, a desigualdade no consumo de energia elétrica entre diferentes classes de renda e regiões do País é um exemplo que evidencia a



## C2 – Transição Pra Quem

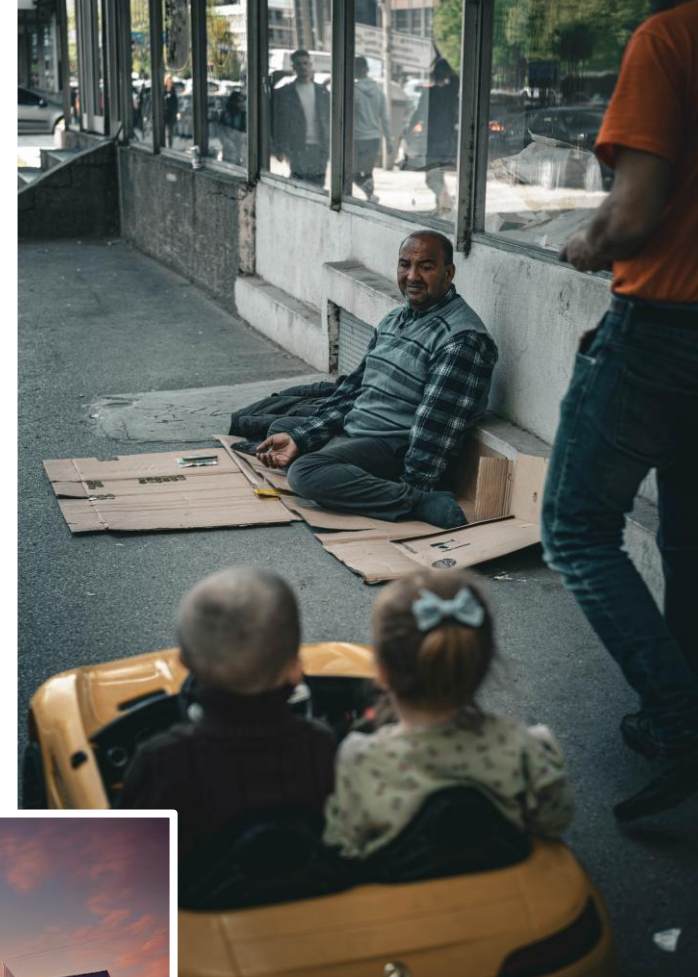
persistência de vulnerabilidades sociais em um **sistema energético dual – de um lado, atrasado na dimensão social e, de outro, custo-eficiente na trajetória rumo à neutralidade climática.**

A corrida da descarbonização no transporte e na indústria, assim como os importantes aprimoramentos em termos de infraestrutura, resiliência e flexibilidade do sistema energético nacional, foram em grande parte beneficiados por uma **significativa redução de custos das tecnologias de baixo carbono.** No entanto, pressões externas fizeram com que algumas das opções tecnológicas não fossem necessariamente aquelas mais adequadas ao contexto brasileiro, exigindo um maior investimento em novas infraestruturas e levando a **alguns trancamentos tecnológicos, tornando a transição mais custosa para o País.** Estes fatores criaram **um ambiente mais propício para o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias, apoiada por subsídios,** que ocorreu com aproveitamento parcial dos recursos energéticos locais, mas comprometida ao cumprimento da neutralidade climática. A biomassa associada a captura e armazenamento de carbono (BECCS) como estratégia de alcance de emissões negativas no setor energético desenvolveu-se apenas parcialmente, por exemplo.

Tais avanços, somados à **erradicação do desmatamento ilegal no País antes de 2030** e à **redução de custo de**

**tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS),** deram tração à trajetória da neutralidade climática e espaço para a aceleração da exploração de novas fronteiras de óleo e gás até o final da década de 2030, seguida de uma desaceleração.

Na COP 2055, o Brasil recebeu críticas por, apesar de eficientemente alcançar a neutralidade climática em 2050, não ter conseguido mobilizar mudanças mais estruturais na sua economia – que se mantém no modelo primário-exportador e com uma certa dependência tecnológica externa – a partir de uma transição energética para longe dos fósseis e das pessoas.



## C3 – Transição Continuada

### Imagine um futuro em que ...

O Brasil avançou no conjunto de políticas públicas em prol de um modelo de desenvolvimento sustentável alinhado à agenda climática. Essas políticas alcançaram bons resultados setoriais em cadeias produtivas em que o País já estava inserido, sobretudo nas que possui evidente vantagem comparativa, como a de biocombustíveis. Os progressos nesses setores foram favorecidos por um certo consenso sociopolítico e uma **moderada coordenação e integração de políticas**, o que se refletiu no aumento tímido da capacidade produtiva dessas cadeias.

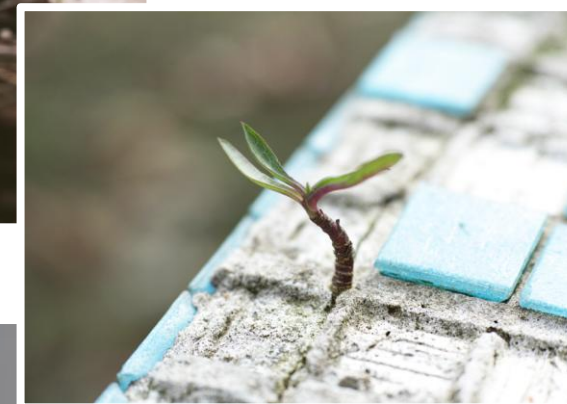
No entanto, os resultados dessa governança não foram amplos, tendo pouco sucesso no desenvolvimento nacional de capacidade produtiva e tecnológica em cadeias inovadoras relevantes para um processo de descarbonização profundo e acelerado. Apesar da redução gradual dos custos de tecnologias de baixo carbono, o financiamento foi insuficiente e a regulação foi reativa. Com isso, a **descarbonização nos setores de difícil abatimento evoluiu lentamente**. Como resultado, o País não alcançou o compromisso de emissões líquidas nulas de gases de efeito estufa em 2050.

Desse modo, o **desenvolvimento econômico brasileiro se manteve altamente baseado no modelo primário-**

**exportador**. No setor energético, esse padrão ficou evidente no desenvolvimento de grandes projetos de produção de hidrogênio focados no mercado externo, sem avanços em elos da cadeia com maior agregação de valor e altamente dependente de importação tecnológica.

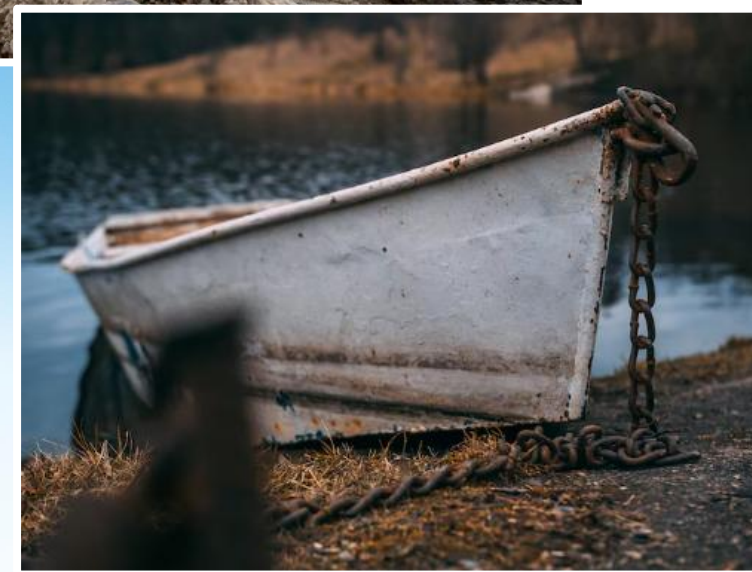
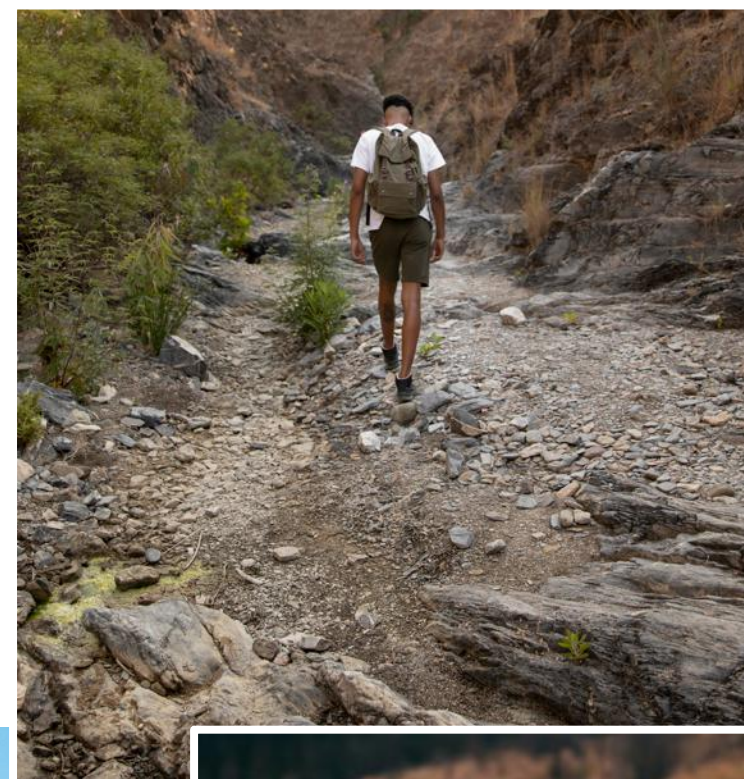
O Brasil evoluiu em seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Particularmente em relação ao ODS 7, **houve redução da pobreza energética e o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis de energia foi plenamente alcançado**.

Apesar do aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos, **não houve avanço expressivo de medidas de adaptação para aumento da resiliência do sistema energético nacional**. Dessa forma, não se ampliou a utilização de tecnologias mais modernas para provimento de flexibilidade e resiliência na operação da rede e para aumentar a capacidade de armazenamento, mantendo a predominância de tecnologias convencionais. Essa característica levou a um aumento de custos de operação, não permitindo um aproveitamento mais eficiente do sistema. Ainda assim, houve alguns **aprimoramentos pontuais no desenvolvimento de infraestrutura para o sistema elétrico**.



## C3 – Transição Continuada

Os combustíveis fósseis permaneceram como as fontes dominantes na oferta total de energia primária no mundo. Porém, a sua participação no mix global vem se reduzindo paulatinamente desde a década de 2020, diante dos avanços de competitividade das fontes renováveis. Nesse contexto, **o Brasil permanece como grande produtor e exportador de petróleo e registrou aumento expressivo da produção de gás natural, reduzindo a sua dependência externa por este energético.** A indústria petrolífera nacional foi impulsionada, sobretudo, pela exploração de novas fronteiras nas décadas de 2020 e 2030. No entanto, a partir da década de 2040, o declínio da demanda global por petróleo limitou o desenvolvimento de novos projetos de óleo e gás de grande porte no País.



## C4 – Transição Pra Quê

### Imagine um futuro em que ...

Uma governança fraca e limitada para um modelo de desenvolvimento alinhado à agenda climática impediu uma mudança mais estrutural na economia brasileira, fazendo com que **o Brasil não tenha aproveitado a agenda climática e de transição energética como diferencial em sua estratégia de desenvolvimento.**

Dessa forma, a economia brasileira não conseguiu avançar em cadeias relevantes para a transição energética, mantendo a dependência tecnológica de outros países e o seu modelo primário-exportador, com forte participação de *commodities* em sua pauta de exportações, inclusive o petróleo.

Embora haja um contexto global de maior preocupação com as mudanças climáticas, **o País não evoluiu significativamente em termos da transição energética e não cumpriu os compromissos climáticos globais firmados, como o de alcançar a neutralidade climática em 2050**, por falta de um consenso sociopolítico claro e pela forte presença de *lobbies*, especialmente no setor agropecuário e na indústria fóssil. Essa ausência de consenso acabou se refletindo em uma **falta de coordenação e integração de políticas públicas para a transição energética, comprometendo a evolução do País para uma economia de baixo carbono.**

Somado a isso, **o processo de transição energética também foi limitado por questões regulatórias e relacionadas aos custos de tecnologias de baixo carbono.** O arcabouço regulatório não evoluiu no sentido de estimular a disseminação dessas tecnologias e os custos destas se mantiveram elevados, inibindo o seu desenvolvimento no País. Além disso, o custo de capital se manteve elevado, tornando o financiamento para a transição energética insuficiente e inadequado.

A despeito do ambiente mais desfavorável para as tecnologias de baixo carbono, a matriz energética não se alterou de forma substancial em relação ao observado no início da década de 2020. Com os custos mais pressionados e com um processo de transformação digital lenta no setor, **o sistema elétrico não conseguiu adotar soluções inovadoras – como digitalização, baterias, reversíveis etc. – para garantir sua flexibilidade e permaneceu adotando tecnologias convencionais**, como hidrelétricas e térmicas a gás natural.

A situação desfavorável dos fatores habilitadores para a transição energética, como custos e regulação de novas tecnologias e a falta de um consenso e de coordenação de políticas para a transição energética, impactou **o ritmo e a intensidade da descarbonização nos setores de difícil abatimento, fazendo com que esse processo**



## C4 – Transição Pra Quê

tenha sido lento tanto no setor de transporte quanto no industrial, impactando as exportações e fragilizando a economia nacional.

Apesar da maior frequência de eventos climáticos extremos e da preocupação com a segurança energética, ao longo dos últimos 30 anos, o sistema elétrico continuou adotando as mesmas práticas de resiliência, ainda com relevância dos combustíveis fósseis na operação do sistema, se colocando, de alguma forma, em uma posição de vulnerabilidade, trazendo custos adicionais que oneraram ainda mais os consumidores.

**No tocante à integração eletroenergética na América Latina, não houve avanços significativos** e o Brasil manteve o ritmo de aproveitamento de sinergias presentes nesse processo, com foco em atendimento de demandas específicas.

Ao longo dos anos, a demanda por serviços energéticos se expandiu, porém ela se manteve com baixa responsividade e **não foi observado um processo de racionalização amplo do consumo de energia em virtude dos avanços tímidos em termos de eficiência energética.**

Ainda que haja um maior protagonismo do consumidor e uma maior descentralização dos sistemas energéticos, a expansão dos recursos energéticos distribuídos foi

atenuada com uma **certa estagnação do modelo RED baseado em geração distribuída.**

Com uma demanda por petróleo e seus derivados expressiva tanto internacional quanto doméstica e com os custos pressionados de tecnologias de baixo carbono, o setor de óleo e gás apresenta uma posição de destaque no Brasil em 2055. Sendo assim, **o País acelerou a exploração de novas fronteiras nos últimos 30 anos, aumentando a sua produção e relevância no mercado internacional.**

**No que diz respeito ao aspecto social, não houve grandes avanços, já que a transição energética mais limitada não conseguiu ter um caráter inclusivo e justo.** As ineficiências setoriais se intensificaram e oneraram ainda mais os consumidores, fazendo com que a pobreza energética não tenha sido reduzida e que, em 2055, não tenha sido atingido o acesso universal, confiável e moderno à energia com modicidade tarifária. Soma-se a isso o fato de as inovações terem produzido impactos tímidos sobre o desenvolvimento sustentável, sendo pouco percebidos pela sociedade. Dessa forma, **a inovação não foi aproveitada como um fator potencializador do desenvolvimento no País.**

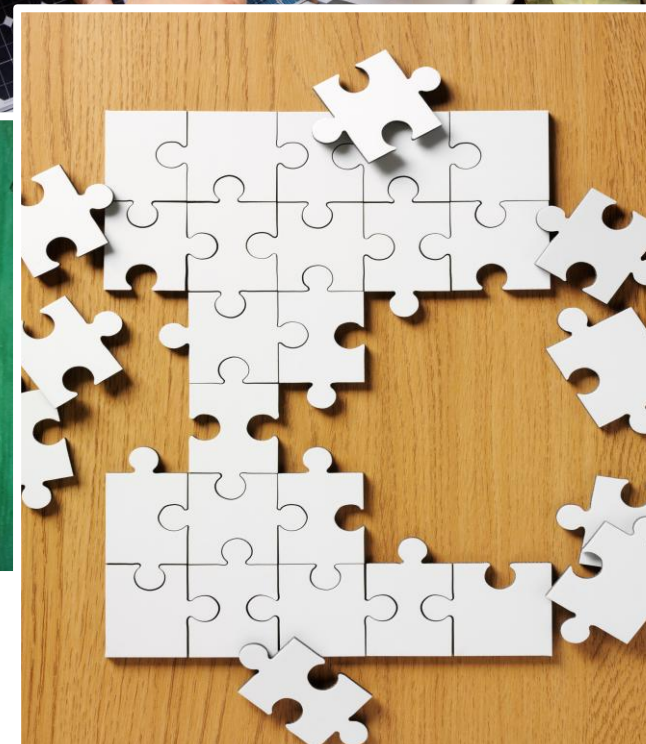


## C5 – Transição Bloqueada

### Imagine um futuro em que ...

Os eventos climáticos sediados no Brasil na década de 2020 geraram *momentum* para um avanço, ainda que parcial, da governança brasileira para a agenda climática. **Apesar da maior mobilização e coordenação de alguns setores**, em especial aqueles ligados à mudança de uso da terra, **o Brasil não conseguiu alcançar o seu compromisso de neutralidade climática em 2050 e o sistema energético tampouco foi capaz de provocar mudanças mais estruturais rumo a uma economia de baixo carbono.**

A atuação não coordenada e de disputa entre os países dificultou a expansão das cadeias de suprimento levando a um processo duradouro de inflação provocado pelo aumento de preços de produtos e serviços relacionados à transição energética, com efeitos retardatários para o desenvolvimento de economias de baixo carbono. Neste contexto, **a transição energética brasileira foi cercada por uma forte pressão de custos das tecnologias de baixo carbono**, que foi, em parte, explicada pela **baixa capacidade produtiva e tecnológica do País nessas cadeias**, mantendo a **relação de dependência de outras economias** e a posição de vulnerabilidade aos movimentos internacionais. Além disso, a **ausência de avanços no mercado de carbono regulado e de mecanismos inovadores e mais integrados de**



## C5 – Transição Bloqueada

**financiamento para inovação em energia** também dificultaram a transição brasileira para uma economia de baixo carbono.

Adicionalmente, no cenário internacional, o agravamento de tensões nas cadeias de suprimento de baixo carbono (inclusive CCS) e seu alto custo associado fizeram com que **o óleo e o gás ganhassem mais protagonismo no atendimento das necessidades energéticas nacional e global**. Isso levou ao crescimento da oferta e da demanda internacional de O&G (sem CCS), trazendo dificuldades para a descarbonização do sistema energético brasileiro.

No campo doméstico, **a reatividade da regulação para tecnologias de baixo carbono, a lentidão da inserção de tecnologias digitais e a baixa coordenação de políticas para a transição** resultaram no padrão de “puxadinhos” que **impediram avanços nos 3Ds – descentralização, digitalização e descarbonização – e uma melhoria do acesso à energia no País**.

Apesar do aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos, **o sistema energético nacional não ampliou a utilização de tecnologias mais modernas para provimento de flexibilidade e resiliência na operação** mantendo a predominância de tecnologias convencionais. Essa característica levou a um aumento dos custos de operação, não permitindo um aproveitamento mais eficiente do sistema.

Ainda assim, houve alguns **aprimoramentos pontuais no desenvolvimento de infraestrutura para o sistema elétrico**.

Mesmo com a aceleração da exploração de novas fronteiras de óleo e gás, o País não conseguiu direcionar efetivamente a renda do petróleo para a criação de capacidade produtiva e inovativa local, nem potencializar seus impactos no desenvolvimento sustentável para toda a sociedade.





## Anexo: C6 - Transição Alongada

Agosto 2025



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO  
**BRASIL**  
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

## Um ambiente internacional mais incerto

A elaboração dos cenários energéticos de longo prazo do PNE 2055 ocorreu em um momento em que havia sinais de fortalecimento de políticas transformacionais nas grandes economias, focadas na aceleração do processo de transição energética global. Esse movimento era acompanhado por um ambiente de maior cooperação internacional, em que o multilateralismo se apresentava como instrumento para viabilizar compromissos climáticos mais robustos.

Entretanto, desde então, **mudanças na conjuntura internacional alteraram esse pano de fundo**. A ascensão de políticas comerciais protecionistas, a intensificação de disputas geopolíticas, a revisão de compromissos ambientais e a saída dos EUA do Acordo de Paris e da Convenção-Quadro para as Mudanças do Clima têm fragilizado o ambiente de cooperação global e ampliado as incertezas. O recrudescimento de agendas mais nacionalistas, com menor engajamento em acordos multilaterais, traz implicações diretas para a dinâmica da transição energética. Essas medidas geram incertezas sobre o ritmo de investimentos em tecnologias de baixo carbono, além de aumentar barreiras comerciais e disputas em torno de cadeias produtivas estratégicas.

Nesse novo contexto, emerge **o risco de um mundo mais fragmentado, em que a cooperação internacional cede espaço a estratégias domésticas e protecionistas**. A ausência de coordenação entre países tende a ampliar desigualdades e retardar a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), reforçando a possibilidade de um *overshoot* da temperatura média global, dificultando os esforços para manter o aquecimento bem abaixo de 2 °C, conforme o Acordo de Paris. Para países emergentes, como o Brasil, esse contexto impõe desafios adicionais, tanto para atrair investimentos quanto para sustentar sua posição como potência energética de baixo carbono.

A isso se soma o fato de que as transições energéticas, historicamente graduais, exigem hoje uma velocidade inédita para atender às metas climáticas. A fragmentação política global amplia esse descompasso, gerando incertezas em escala maior. O aumento das tensões geopolíticas, as disputas por minerais estratégicos, a concentração das cadeias de valor de tecnologias estratégicas e a instabilidade econômica em diversas regiões reforçam um ambiente internacional mais volátil, incerto e complexo. Nesse quadro, **a transição energética pode ser alongada**, marcada por avanços assimétricos e riscos de retrocesso.

Por fim, é importante reconhecer que, **embora o Brasil avance rumo à emissão líquida zero de GEE, seus esforços isolados não serão suficientes para conter o aquecimento global**. Sem um engajamento coordenado das principais economias, os impactos das mudanças climáticas continuarão a se intensificar, impondo ao País elevados custos de adaptação e mitigação.



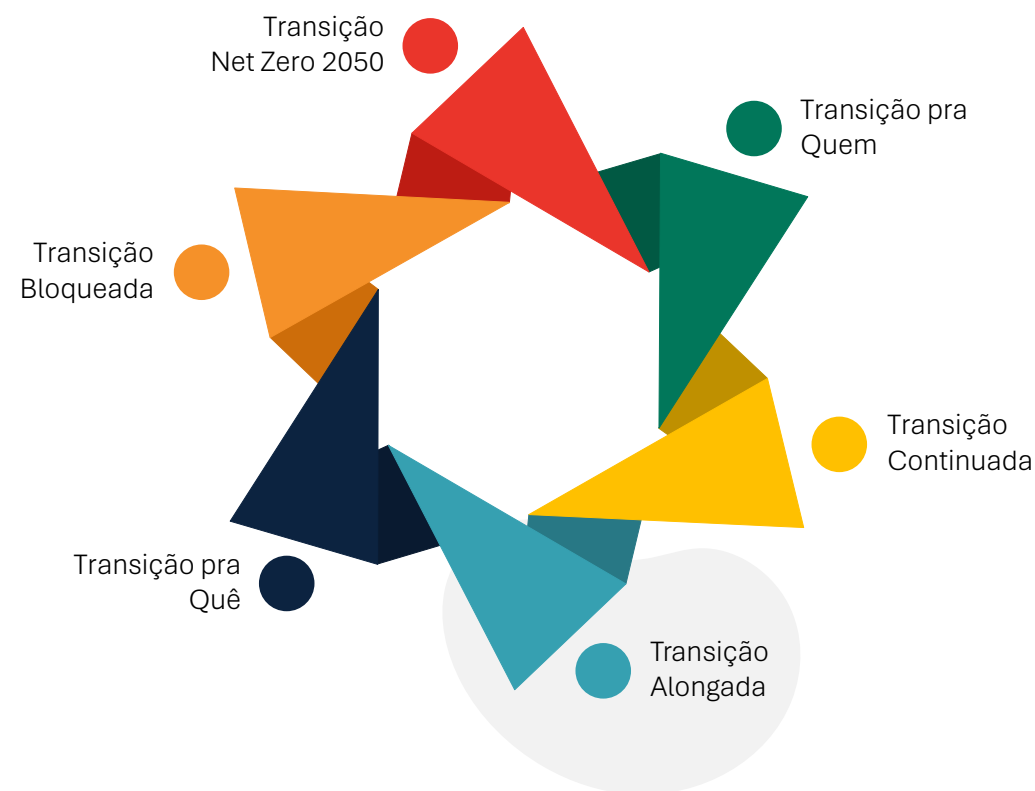
## Ampliando o leque de futuros possíveis para fortalecer o planejamento energético de longo prazo

Diante das transformações recentes na conjuntura internacional, a **EPE identificou a necessidade de atualizar o conjunto de cenários energéticos de longo prazo do PNE 2055**. A elaboração dos cinco cenários originais refletiu um momento em que predominavam sinais de aceleração da transição energética global, ancorados em políticas transformacionais e em um ambiente mais favorável à cooperação multilateral e à agenda climática. No entanto, movimentos recentes – como o fortalecimento de agendas protecionistas, a intensificação de disputas geopolíticas e a revisão de compromissos ambientais – trouxeram novos elementos de incerteza ao exercício de cenarização.

Nesse contexto, **a EPE incorporou um sexto cenário ao PNE 2055 – denominado Transição Alongada**. O novo exercício parte da hipótese de um mundo em processo de fragmentação, em que a coordenação internacional perde força e a transição energética se desenvolve no curto e no médio prazo de forma mais lenta, desigual e descoordenada entre países e regiões. A lógica do cenário não é a de ruptura ou retrocesso absoluto, mas sim de um processo marcado por avanços assimétricos, com maior risco de atrasos no alcance das metas globais de clima e de ampliação das desigualdades entre nações.

**Ao incluir o cenário Transição Alongada, a EPE busca oferecer ao planejamento energético de longo prazo um leque mais abrangente de futuros possíveis.** Dessa forma, o novo cenário reforça a utilidade dos estudos prospectivos como ferramenta para apoiar decisões estratégicas em um ambiente internacional cada vez mais complexo e incerto.

Conjunto de cenários energéticos de longo prazo do PNE 2055



# Matriz morfológica

➡ Transição pra Quê  
 ➡ Transição Continuada  
 ➡ Transição Bloqueada  
 ➡ Transição Alongada  
 ➡ Transição pra Quem  
 ➡ Transição Net Zero 2050

VARIÁVEIS	Mundo fragmentado		Ambiente de cooperação internacional	
CONTEXTO INTERNACIONAL				
GOVERNANÇA PARA UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ALINHADO À AGENDA CLIMÁTICA	Limitada e fraca	Avança e se limita a alguns setores	Abrangente e forte	
COORDENAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS, FINANCIAMENTO E GOVERNANÇA PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	Descoordenado e pouco integrado	Avança e se limita a alguns setores	Coordenado e integrado	
CONSENSO SOCIOPOLÍTICO E GOVERNABILIDADE PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	Fraco, com alta influência de lobbies e desinteresse da sociedade	Moderado, com avanço em alguns setores	Forte, com clareza dos benefícios da transição energética pela sociedade	
FINANCIAMENTO PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL	Insuficiente e inadequado. Pouca diversificação das fontes		Suficiente e adequado com custo de capital no padrão atual. Fontes de financiamento diversificadas. <sup>1</sup>	Suficiente e adequado com menor custo de capital. Fontes diversificadas.
REGULAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO	Regulação limita o mercado	Regulação corre atrás do mercado	Regulação fomenta o mercado	
MODELO DE DESENVOLVIMENTO BRASILEIRO	Manutenção do modelo primário exportador	Há avanços, mas ainda é mantido o modelo primário-exportador	Diversificação da economia com maior agregação de valor e protagonismo da transição energética e ODS	
EXTERNALIDADES POSITIVAS DA INOVAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	Fraca e pouco perceptível pela sociedade	Médio, com foco em emissões	Forte/ampla com valorização por parte da sociedade	
EVOLUÇÃO DOS CUSTOS DE TECNOLOGIAS DE BAIXO CARBONO	Aumento ou manutenção dos custos <sup>2</sup>	Redução dos custos conforme expectativas atuais	Redução dos custos mais acelerada que expectativas atuais	
TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA E INCLUSIVA COMO VETOR DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL	Não acontece transição energética justa e inclusiva	Avança de forma insuficiente	Acontece plenamente	
CAPACIDADE PRODUTIVA E TECNOLÓGICA DO BRASIL NAS CADEIAS PRODUTIVAS GLOBAIS RELEVANTES PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	Baixa capacidade produtiva e tecnológica nas cadeias relevantes para a TE	Avanços setoriais com desenvolvimento produtivo em algumas cadeias relevantes para a TE e manutenção de dependência tecnológica	Sucesso de políticas de neoindustrialização. Desenvolvimento amplo de capacidade produtiva e tecnológica nas cadeias relevantes para a TE	
TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO SISTEMA ENERGÉTICO		Lenta	Acelerada	
DESENVOLVIMENTO DA INFRAESTRUTURA E DE REDES ELÉTRICAS RESILIENTES E FLEXÍVEIS PARA O SISTEMA ELÉTRICO DO FUTURO	Manutenção das práticas atuais de resiliência e flexibilidade	Aprimoramento restrito a algumas práticas relevantes e áreas chaves	Aprimoramento segundo o estado da arte das boas práticas, investimento proativo	
RESILIÊNCIA E FLEXIBILIDADE DO SISTEMA ENERGÉTICO PARA LIDAR COM EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS	Manutenção das práticas atuais de resiliência e flexibilidade		Aprimoramento significativo de práticas e investimento proativo	
APROVEITAMENTO DE SINERGIAS RELACIONADAS À INTEGRAÇÃO ELETROENERGÉTICA REGIONAL	Manutenção do status atual com foco em atendimento de demandas específicas		Melhor aproveitamento de sinergias relacionadas à integração regional	
ACESSO UNIVERSAL, CONFIÁVEL, MODERNO E A PREÇOS ACESSÍVEIS DE ENERGIA	Não acontece	Acontece parcialmente	Acontece rapidamente	
POBREZA ENERGÉTICA E DESIGUALDADE NO CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL		Não reduz	Reduz	
VELOCIDADE E INTENSIDADE DA DESCARBONIZAÇÃO NOS TRANSPORTES	Manutenção dos níveis atuais	Descarbonização conforme políticas atuais	Descarbonização mais rápida que políticas atuais	Descarbonização mais rápida que políticas atuais e com ganhos sistêmicos <sup>3</sup>
VELOCIDADE E INTENSIDADE DA DESCARBONIZAÇÃO NA INDÚSTRIA		Descarbonização lenta	Descarbonização rápida em nichos específicos	Descarbonização ampla e rápida <sup>4</sup>
FLEXIBILIDADE DO SISTEMA ELÉTRICO PARA LIDAR COM ELEVADA PARTICIPAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS VARIÁVEIS		Predominância de tecnologias convencionais <sup>5</sup>	Predominância de novas tecnologias inovadoras no Brasil <sup>6</sup>	
IMPACTOS DAS MUDANÇAS COMPORTAMENTAIS NO CONSUMO FINAL DE ENERGIA	Baixa racionalização e responsividade da demanda	Racionalização e responsividade da demanda avançam parcialmente	Ampla racionalização e responsividade da demanda	
RITMO E INTENSIDADE DA INSERÇÃO DE RED E SEUS IMPACTOS NO SISTEMA ENERGÉTICO	Atenuação. Estagnação do modelo atual	Manutenção do ritmo atual (acelerado) com foco em GD	Maior descentralização com desenvolvimento de outros RED	
EXPLORAÇÃO DE NOVAS FRONTEIRAS DE O&G NO BRASIL	Em aceleração	Acelerado no curto e médio prazo e desaceleração no longo prazo	Em desaceleração	
ALCANCE ATÉ 2050 DE EMISSÕES LÍQUIDAS ZERO DE GEE PARA A ECONOMIA COMO UM TODO NO BRASIL	Longe de alcançar o net zero até 2050	Brasil avança, mas não alcança o net zero até 2050	Net zero é alcançado até 2050	

Notas: (1) Fontes de financiamento diversificadas (privado, público, internacional, mercado de carbono etc.); (2) Seja por conta de escassez de recursos, externalidades negativas, geopolítica etc.; (3) Mudanças de modos de transporte, transporte público, ações pelo lado da demanda etc.; (4) Hidrogênio, eletrificação, biomassa, eficiência energética, CCUS etc.; (5) Hidrelétricas, térmicas a gás, transmissão etc.; (6) Digitalização, inteligência artificial, baterias, reversíveis, transmissão etc.

## C6 – Transição Alongada

### Imagine um futuro em que ...

O ambiente internacional se tornou mais fragmentado, marcado por tensões geopolíticas, políticas comerciais protecionistas e pela insuficiência dos mecanismos multilaterais de cooperação. Nesse contexto, os esforços no curto e médio prazo não foram compatíveis com a limitação do aquecimento global a 1,5 °C. O resultado foi um *overshoot* da temperatura média global, com **impactos climáticos mais profundos e frequentes ao longo das décadas de 2020 e 2030, exigindo ainda mais investimentos em adaptação**, sobretudo em países mais vulneráveis.

Apesar de movimentos em prol da descarbonização, só foram observados resultados efetivos após a década de 2040. Nessa conjuntura, **a transição energética global foi mais lenta**, consolidando um quadro de avanços assimétricos entre países e setores.

No Brasil, houve redução de emissões no setor energético compatível com a limitação do aquecimento global a menos de 2 °C. Embora apoiado em um modelo primário-exportador, o País registrou crescimento econômico relevante e as lacunas sociais brasileiras foram reduzidas. Porém, **o aumento da frequência de eventos climáticos extremos e a persistência das desigualdades continuaram a impor desafios importantes**.

A transição, portanto, ocorreu de forma mais alongada, mas com avanços em justiça social, em especial no que se refere ao acesso a uma energia confiável, moderna e acessível. A intensificação de políticas de subsídios a tecnologias de baixo carbono, embora bem-intencionada, por vezes gerou distorções que afetaram o consumidor final.

Nesse contexto, o Brasil avançou pouco em sua capacidade de desenvolvimento produtivo, que permaneceu restrita a algumas cadeias relevantes para a transição energética.



## C6 – Transição Alongada

No curto e médio prazo, a **moderação do ritmo global da transição energética permitiu maior resiliência da demanda mundial por combustíveis fósseis**, especialmente nos setores de difícil abatimento. Por sua vez, tecnologias como captura e armazenamento de carbono e soluções avançadas de hidrogênio tiveram seu desenvolvimento postergado.

A partir da década de 2040, a pressão por acelerar a transição, sobretudo diante da urgência de conter impactos climáticos cada vez mais severos, levou o Brasil a ampliar a adoção de tecnologias de baixo carbono. Essas escolhas, entretanto, resultaram em alguma dependência tecnológica externa. Nesse ambiente – e considerando que parte significativa dos recursos nas décadas anteriores foi direcionada para esforços de adaptação – o desenvolvimento de novas tecnologias foi impulsionado mais pela urgência climática, aproveitando apenas parcialmente os vastos recursos energéticos nacionais.

No longo prazo, portanto, **o Brasil conseguiu avançar na mitigação de emissões do setor energético**, na busca de cumprir seus compromissos climáticos, porém, este esforço pode não ser suficiente para alcançar emissões líquidas zero de GEE até 2050.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA GOV (2024). **Plano unifica ações de Estado para política energética mais verde e inclusiva**. 26 ago. 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202408/plano-unifica-acoes-de-estado-para-politica-energetica-mais-verde-e-inclusiva>. Acesso em: dezembro 2024.
- ANBIMA - Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais (2025). **Boletim de debêntures incentivadas e de infraestrutura**. 29 dez. 2025. Disponível em: <https://data.anbima.com.br/publicacoes/boletim-de-debentures-incentivadas-e-de-infraestrutura/volume-captado-em-debentures-incentivadas-ate-novembro-de-2025-ja-supera-o-valor-total-de-2024>. Acesso em: janeiro 2026.
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2021). **Por um Futuro Sustentável: BNDES + Energias Renováveis**. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/23285>. Acesso em: novembro 2024.
- \_\_\_\_ (2023). **BNDES, Finep e MCTI lançam maior programa de inovação do país com apoio de R\$ 60 bi e novas taxas**. 31 ago. 2023. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-finep-e-mcti-lancam-maior-programa-de-inovacao-do-pais-com-apoio-de-60-bi-e-novas-taxas>. Acesso em: dezembro 2024.
- \_\_\_\_ (2024). **Novo Fundo Clima cresce e tem R\$ 10,4 bilhões com novas condições para projetos verdes**. 2 abr. 2024. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/novo-fundo-clima-cresce-e-tem-10,4-bilhoes-de-reais-com-novas-condicoes-para-projetos-verdes>. Acesso em: dezembro 2024.
- BLOOMBERGNEF (2024). **Energy Transition Investment Trends 2024: Tracking global investment in the low-carbon transition**. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends-2024.pdf>. Acesso em: novembro 2024.
- BP (2023). **BP Energy Outlook 2023 edition**. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2023.pdf>. Acesso em: novembro 2024.
- BRASIL (2023a). **Governo Federal retoma Luz para Todos e irá levar energia para mais de 500 mil famílias brasileiras**. 4 ago. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/governo-federal-retoma-luz-para-todos-e-ira-levar-energia-para-mais-de-500-mil-familias-brasileiras>. Acesso em: dezembro 2024.
- \_\_\_\_ (2023b). **Transmissão de energia terá R\$ 89 bilhões em investimentos no novo PAC**. 23 ago. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/transmissao-de-energia-tera-r-89-bilhoes-em-investimentos-no-novo-pac>. Acesso em: dezembro 2024.



\_\_\_\_\_ (2024a). **Presidente Lula sanciona Lei do Combustível do Futuro para promover a mobilidade sustentável.** 8 out. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2024/10/presidente-lula-sanciona-lei-do-combustivel-do-futuro-para-promover-a-mobilidade-sustentavel>. Acesso em: dezembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2024b). **Brasil entrega à ONU nova NDC alinhada ao Acordo de Paris.** 13 nov. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/brasil-entrega-a-onu-nova-ndc-alinhada-ao-acordo-de-paris>. Acesso em: dezembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2024c). **Presidente Lula sanciona lei que cria mercado regulado de carbono no Brasil.** 12 dez. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2024/12/presidente-lula-sanciona-lei-que-cria-mercado-regulado-de-carbono-no-brasil>. Acesso em: dezembro 2024.

CEBDS e PSR (2023). **Roadmap: Os Caminhos do Setor Empresarial Brasileiro na Transição Energética Nacional.** Disponível em: [https://cebds.org/wp-content/uploads/2023/06/CTClima\\_TransicaoEnergetica-2023\\_CEBDS.pdf](https://cebds.org/wp-content/uploads/2023/06/CTClima_TransicaoEnergetica-2023_CEBDS.pdf). Acesso em: novembro 2024.

CEBRI, BID, EPE e CENERGIA (2023). **Neutralidade de carbono até 2050: Cenários para uma transição eficiente no Brasil.** Disponível em: [https://www.cebri.org/media/documentos/arquivos/PTE\\_RelatorioFinal\\_PT\\_Digital\\_.pdf](https://www.cebri.org/media/documentos/arquivos/PTE_RelatorioFinal_PT_Digital_.pdf). Acesso em: novembro 2024.

CLIMATE ACTION TRACKER (2025). **CAT net zero target evaluations.** Disponível em: <https://climateactiontracker.org/global/cat-net-zero-target-evaluations/>. Acesso em: janeiro 2026.

DELOITTE (2020). **The future of energy: A novel approach to creating advantage in the face of systemic uncertainty, via scenario planning.** Disponível em: <https://www.deloitte.com/content/dam/assets-shared/legacy/docs/perspectives/2022/gx-eri-future-of-energy.pdf>. Acesso em: novembro 2024.

EIA – U.S. Energy Information Administration (2023). **Annual Energy Outlook 2023.** Disponível em: [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2023\\_Narrative.pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2023_Narrative.pdf). Acesso em: novembro 2024.

ENERGY INSTITUTE (2025). **Statistical Review of World Energy.** Disponível em: <https://www.energyinst.org/statistical-review/>. Acesso em: janeiro 2026.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2007). **Plano Nacional de Energia 2030.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/Relat%c3%b3rio%20final%20PNE%202030.pdf>. Acesso em: novembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2020). **Plano Nacional de Energia 2050.** Relatório Final. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em: novembro 2024.



\_\_\_\_\_ (2023). **Atlas de Eficiência Energética Brasil 2023**. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-788/Atlas\\_Brasil\\_2023](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-788/Atlas_Brasil_2023). Acesso em: novembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2025a). **Balço Energético Nacional – BEN 2025: Relatório Síntese Ano base 2024**. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2025\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_S%C3%ADntese_2025_PT.pdf). Acesso em: janeiro 2026.

\_\_\_\_\_ (2025b). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2035: Caderno de Abastecimento de Derivados de Petróleo**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2035>. Acesso em: janeiro 2026.

\_\_\_\_\_ (2025c). **Inova-e: Painel de indicadores de investimentos em inovação em energia no Brasil**. Disponível em: <https://dashboard.epe.gov.br/apps/inova-e/index.html>. Acesso em: janeiro 2026.

EPRI e GTI ENERGY (2023). **LCRI Net-Zero 2050: U.S. Economy-Wide Deep Decarbonization Scenario Analysis**. Disponível em: <https://lcri-netzero.epri.com/>. Acesso em: novembro 2024.

FGV – Fundação Getúlio Vargas (2024). **Indicadores anuais de produtividade**. Observatório da Produtividade Regis Bonelli. Disponível em: <https://ibre.fgv.br/observatorio-produtividade/temas/categorias/ptf-anual>. Acesso em: novembro 2024.


IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2024). **Contas Nacionais Trimestrais – 4º trimestre de 2023**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html>. Acesso em: dezembro 2024.

IEA – International Energy Agency (2021). **Empowering Cities for a Net Zero Future: Unlocking resilient, smart, sustainable urban energy systems**. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4d5c939d-9c37-490b-bb53-2c0d23f2cf3d/G20EmpoweringCitiesforaNetZeroFuture.pdf>. Acesso em: novembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2022). **World Energy Outlook 2022**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>. Acesso em: novembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2023). **Net Zero Roadmap A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach**. Disponível em: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap\\_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf). Acesso em: novembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2024a). **Energy Technology Perspectives 2024**. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffbd8bf6-32d1-4099-ae38-ee1123e2072/EnergyTechnologyPerspectives2024.pdf>. Acesso em: novembro 2024.



\_\_\_\_\_ (2024b). **Brazil's opportunity to lead the global dialogue on energy and climate**. 18 jul. 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/commentaries/brazil-s-opportunity-to-lead-the-global-dialogue-on-energy-and-climate>. Acesso em: dezembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2024c). **World Energy Investment 2024**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024/>. Acesso em: dezembro 2024.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report**. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_FullReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf). Acesso em: novembro 2024.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2024). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS**. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/ods/ods7\\_card.html](https://www.ipea.gov.br/ods/ods7_card.html). Acesso em: novembro 2024.

IRENA – International Renewable Energy Agency (2022). **Scenarios for the Energy Transition: Experience and good practices in Latin America and the Caribbean**. Disponível em: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA\\_Long\\_term\\_scenarios\\_LAC\\_EN\\_2022.pdf?rev=03e2f1c0b9fe443585d0b917713ee5fc](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Long_term_scenarios_LAC_EN_2022.pdf?rev=03e2f1c0b9fe443585d0b917713ee5fc). Acesso em: novembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2023a). **World Energy Transitions Outlook 2023**. Disponível em: [https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA\\_World\\_energy\\_transitions\\_outlook\\_2023.pdf](https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2023.pdf). Acesso em: novembro 2024.


\_\_\_\_\_ (2023b). **Long-Term Energy Scenarios and Low-Emission Development Strategies: Stocktaking and alignment**. Disponível em: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jan/IRENA\\_LTES\\_LE-LTDS\\_stocktake\\_2023.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jan/IRENA_LTES_LE-LTDS_stocktake_2023.pdf). Acesso em: novembro 2024.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2024). **Serviço de Registro Nacional de Emissões (SIRENE)**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene>. Acesso em: novembro 2024.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (2024). **Nova Indústria Brasil: Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao.pdf>. Acesso em: dezembro 2024.

MINISTÉRIO DA FAZENDA (2023). **Taxonomia Sustentável Brasileira: Plano de Ação**. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira/arquivos-taxonomia/taxonomia-sustentavel-brasileira-dezembro-v2.pdf>. Acesso em: dezembro 2024.

\_\_\_\_\_ (2024). **Novo Brasil: Plano de Transformação Ecológica**. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica>. Acesso em: dezembro 2024.



NREL – National Renewable Energy Laboratory (2022). **Examining Supply-Side Options to Achieve 100% Clean Electricity by 2035**. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/81644.pdf>. Acesso em: novembro 2024.

ONU – Organização das Nações Unidas (2024). **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: novembro 2024.

OUR WORLD IN DATA (2025). **Primary energy consumption per capita**. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-energy-use>. Acesso em: janeiro 2026.

SGB – Serviço Geológico do Brasil (2024). **Brasil tem potencial para ter uma das cinco maiores reservas de urânio do mundo**. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/w/brasil-tem-potencial-para-ter-uma-das-cinco-maiores-reservas-de-uranio-do-mundo>. Acesso em: novembro 2024.

SHELL (2023). **The Energy Security Scenarios – Full report**. Disponível em: [https://www.shell.com/news-and-insights/scenarios/the-energy-security-scenarios/\\_jcr\\_content/root/main/section\\_926760145/promo/links/item0.stream/1679344984968/5bc8327925d66e1402040d0e79fed7291bf9b7e9/energy-security-scenarios-full-report.pdf](https://www.shell.com/news-and-insights/scenarios/the-energy-security-scenarios/_jcr_content/root/main/section_926760145/promo/links/item0.stream/1679344984968/5bc8327925d66e1402040d0e79fed7291bf9b7e9/energy-security-scenarios-full-report.pdf). Acesso em: novembro 2024.

SMIL, Vaclav (2017). **Energy Transitions: Global and National Perspectives**, 2ª edição. Santa Barbara, California: Praeger, 2017

STATKRAFT (2022). **Low Emissions Scenario 2022**. Disponível em: <https://www.statkraft.com.br/sustentabilidade/low-emissions-scenario/>. Acesso em: novembro 2024.

TALEB, Nassim N. (2018). **A lógica do cisne negro: o impacto do altamente improvável**. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: BestSeller, 2018.

UK MET OFFICE (2024). **How is climate linked to extreme weather?**. Disponível em: <https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate/climate-and-extreme-weather>. Acesso em: dezembro 2024.

USGS – U.S. Geological Survey (2024). **Mineral Commodity Summaries 2024**. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024>. Acesso em: novembro 2024.

VALOR ECONÔMICO (2023). **BNDES busca projetos para financiar transição**. 11 out. 2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2023/10/11/bndes-busca-projetos-para-financiar-transicao-energetica.ghtml>. Acesso em: novembro 2024.

# AGRADECIMENTOS

O GT Cenários expressa seu profundo agradecimento:

- Às lideranças da EPE ao longo do processo de elaboração do Plano, cuja participação nas entrevistas sobre incertezas do sistema energético, bem como orientação e validação dos desenvolvimentos do GT, foram fundamentais: **Angela Livino, Carlos Eduardo Cabral, Giovani Machado, Gustavo Ataíde, Heloísa Borges, Reinaldo Garcia, Thiago Barral, Thiago Ivanoski e Thiago Prado.**
- Aos especialistas externos que enriqueceram as oficinas temáticas com suas valiosas contribuições e debates produtivos: **Alexandre Szklo** (UFRJ), **André Osório** (Eletronuclear), **Bernardo Sicsú** (Abraceel), **Christiano Vieira** (ONS), **Darlan Santos** (ANAC), **Décio Oddone** (Brava Energia), **Fernando Costa** (Marinha do Brasil), **Fernando Salina** (CSN), **Gonzalo Visedo** (SNIC), **Jerson Kelman** (UFRJ), **Joísa Dutra** (FGV), **Paulo Pedrosa** (Abrace), **Sinval Gama** (Eletronuclear), **Túlio Andrade** (Itamaraty) e **Viviana Coelho** (Petrobras).
- Aos membros do **Conselho Consultivo da EPE (Concepe)**, cuja participação ativa na dinâmica sobre incertezas do sistema energético foi essencial para o sucesso das atividades do GT Cenários.
- Aos integrantes do **GT Modelos**, pelas interações e contribuições valiosas ao longo do processo.
- Às dezenas de **colaboradores da EPE e do MME** que contribuíram por meio de formulários e questionários individuais, agregando diversidade às análises.
- À **Assessoria de Comunicação (Ascom)** da EPE, pelo apoio na elaboração de materiais e na divulgação das atividades e eventos internos do GT.
- À **Cíntia Senra, Gustavo Magalhães e Maria das Graças Gomes** pelo suporte dedicado e eficaz na organização das reuniões e oficinas do GT.

As imagens utilizadas neste relatório foram obtidas nas plataformas Canva, Flaticon e Freepik. Os ícones foram obtidos em Flaticon/Freepik e Flaticon/Becris.



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# Cenários Energéticos

## Plano Nacional de Energia 2055

Siga a EPE nas redes sociais e mídias digitais:

