



# Desafios convergentes da Transição Energética: Espanha e Brasil

## Usinas Hidrelétricas Reversíveis: Planejamento, Política e Regulação do Setor Elétrico

---

26 de fevereiro de 2025

**Thiago Guilherme Ferreira Prado**  
Presidente

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



## Ficha técnica

(composição dos cargos em fevereiro de 2025)



Ministro de Estado

**Alexandre Silveira de Oliveira**

Secretário Executivo

**Arthur Cerqueira Valerio**

Secretário de Energia Elétrica

**Gentil Nogueira de Sá Junior**

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

**Vitor Eduardo de Almeida Saback**

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

**Pietro Adamo Sampaio Mendes**

Secretário de Transição Energética e Planejamento

**Thiago Vasconcellos Barral Ferreira**

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



Presidente

**Thiago Guilherme Ferreira Prado**

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

**Thiago Ivanoski Teixeira**

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

**Reinaldo da Cruz Garcia**

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

**Heloisa Borges Bastos Esteves**

Diretora de Gestão Corporativa

**Carlos Eduardo Cabral Carvalho**

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

Rio de Janeiro, 2025

Foto da capa: Pixabay.

Desafios convergentes da Transição Energética: Espanha e Brasil

UHR: Planejamento, Política e Regulação do Setor Elétrico

# Valor público

Este documento apresenta resultados do Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2034, com estudos elaborados em atendimento as diretrizes estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia, assim como elementos relacionados com os desafios e oportunidades para usinas hidrelétricas reversíveis no setor elétrico brasileiro.

O material busca, ainda, dar transparência aos elementos apresentados no plano que se conectam com o processo de transição energética em curso, assim como com uma visão de longo prazo de construção de uma economia de baixo carbono, que envolve aspectos sociais, econômicos, energéticos, ambientais e específicos de cada fonte.

De caráter informativo, os estudos do PDE se destinam a subsidiar o planejamento do setor energético nacional. E, nesse contexto, decisões de encaminhamento, como formulação de políticas públicas, definição de diretrizes estratégicas, decisões de investimento ou de estratégias de negócio, dependem de outras instituições públicas e privadas.



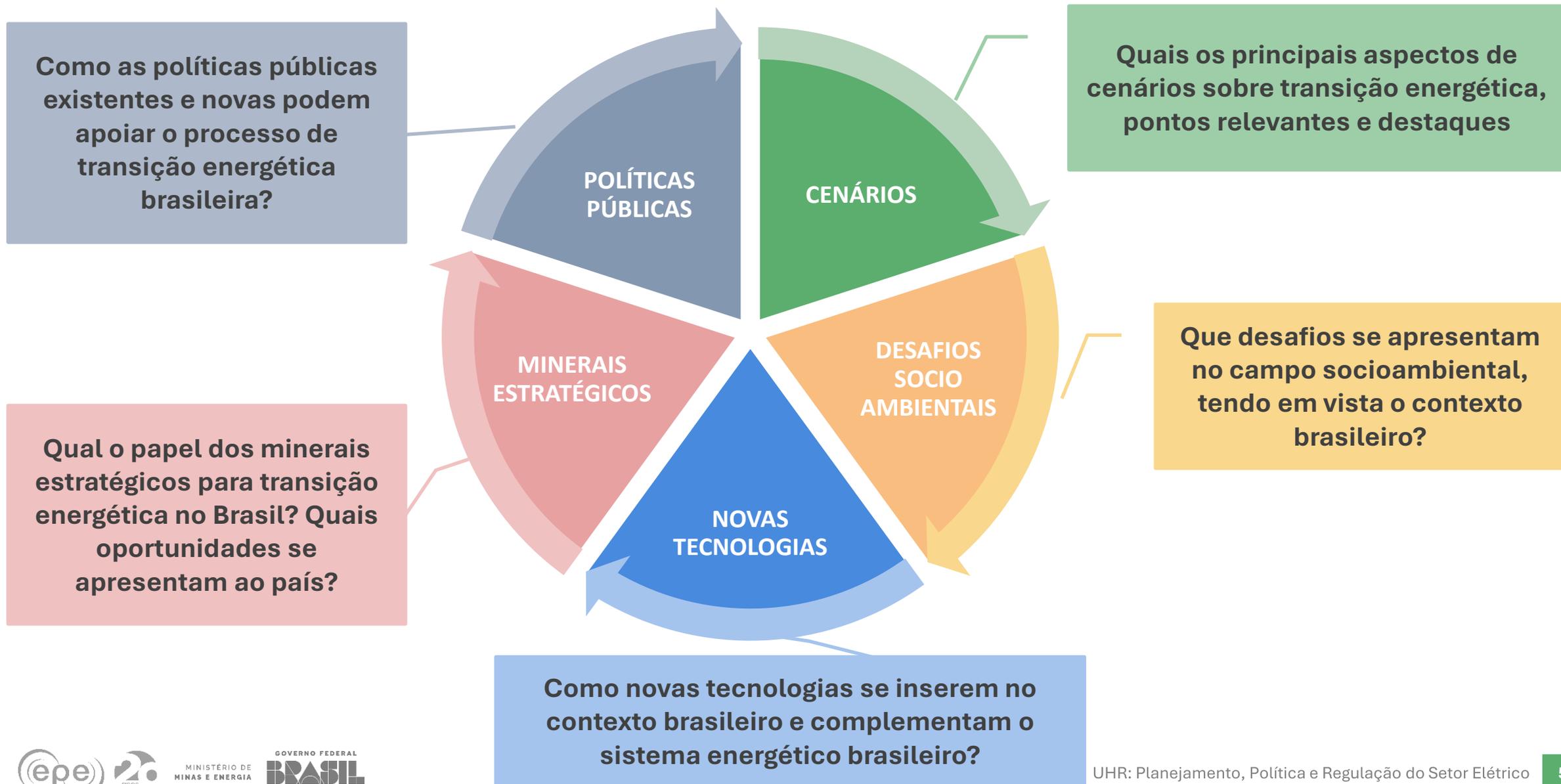
No que se refere a Transição Energética ...



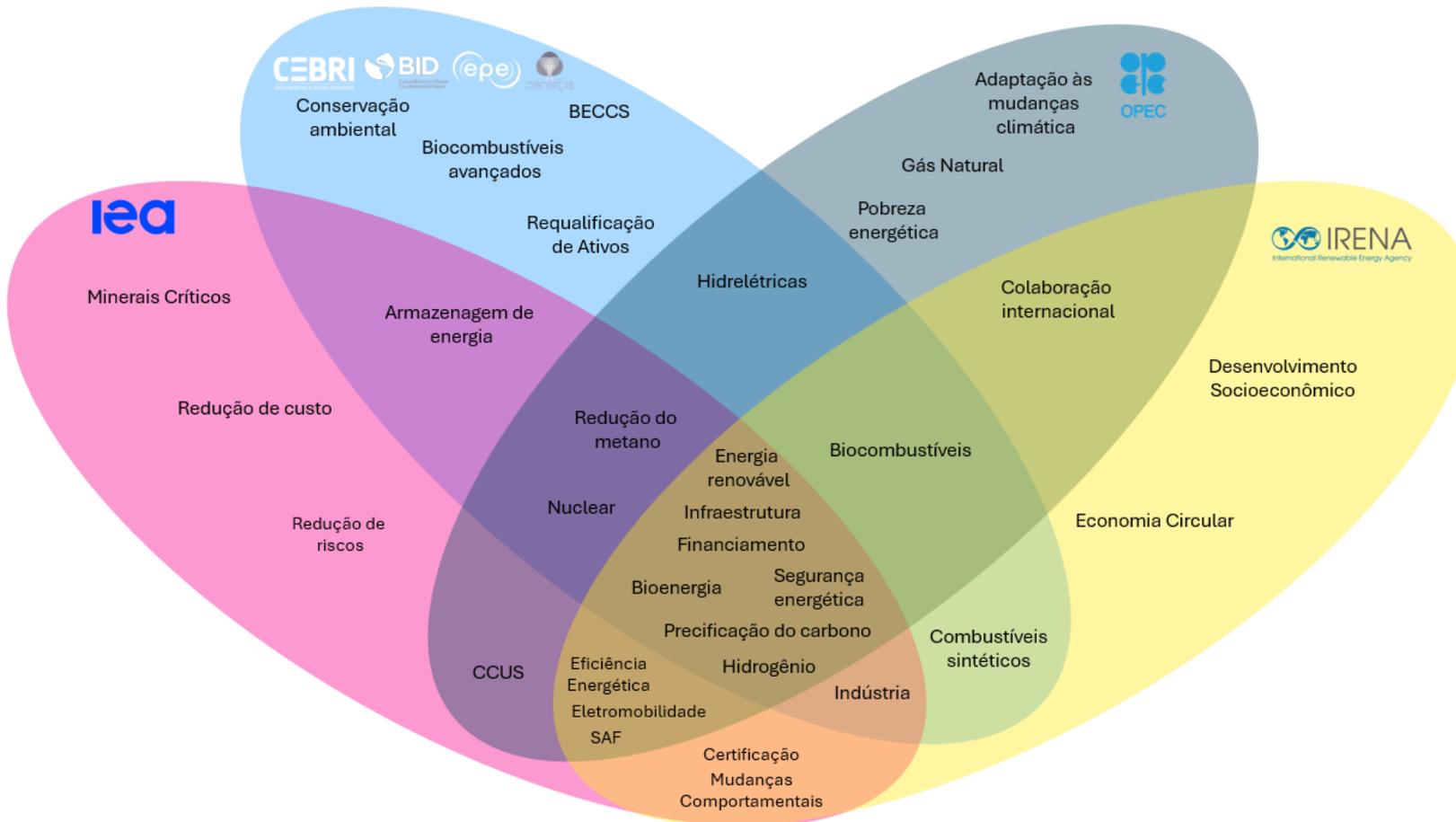
MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

# Transição Energética Brasileira: Desafios e Oportunidades



# Cenários de transição energética



- A realização de uma transição energética justa e inclusiva é uma tarefa complexa e com a interdependência de diversos fatores.
- **Não há uma solução única e definitiva** capaz implementar a transição energética garantindo segurança energética, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento econômico.

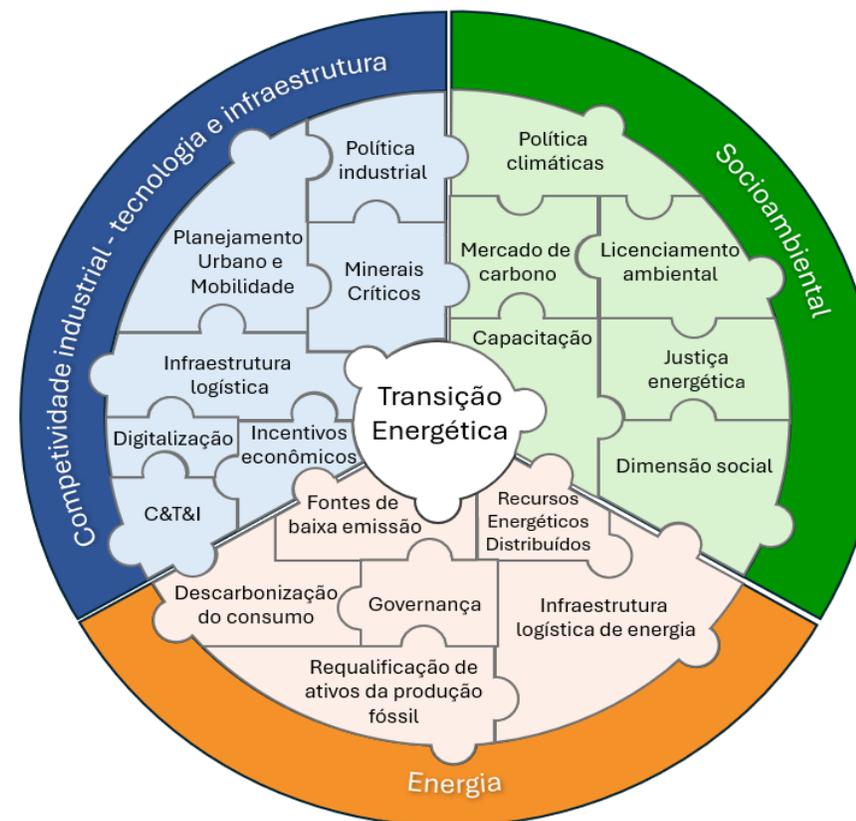
Existem diferentes formas de se elaborar cenários, assim como de se avançar em uma economia de baixo carbono, reforçando a relevância de construção de cenários energéticos de longo prazo aderentes com as especificidades nacionais para norteamto de uma estratégia flexível, rumo a uma transição energética brasileira justa e inclusiva.

# Transição Energética: Políticas públicas

As políticas públicas desempenham um papel crucial na transição energética, pois são capazes de impulsionar mudanças estruturais na matriz energética.

A seguir são apresentados os principais pontos relacionados a políticas públicas de cada um dos quatro estudos avaliados:

IEA	IRENA	OPEC	PTE
A IEA destaca a importância de políticas públicas que reduzam os riscos regulatórios, políticos e geopolíticos da transição energética, além de políticas específicas para minerais críticos.	O estudo destaca a necessidade de políticas públicas focadas no mercado de trabalho, capacitação e bem-estar social, além de ressaltar a importância da colaboração internacional como chave para a transição energética e sua inclusão na agenda política.	A OPEP destaca a necessidade de garantir a segurança e acessibilidade, sugere o gás natural como um substituto ao carvão visando reduzir a pobreza energética e ampliar o acesso à energia, além de apontar a necessidade de políticas de adaptação e mitigação climática.	O estudo sugere políticas para aproveitar as vantagens competitivas do Brasil na transição energética, com foco em O&G, biocombustíveis, renováveis e nuclear. Destaca a conservação ambiental e defende a neutralidade tecnológica.



O caminho para a transição energética é resultado da canalização de esforços de um conjunto de políticas públicas alinhadas para dar suporte a esse processo, de forma conjunta, ou seja, caracterizando a existência de relação de sinergia e não de hierarquia entre políticas públicas

# Novas Tecnologias: Desafios para viabilização no horizonte decenal

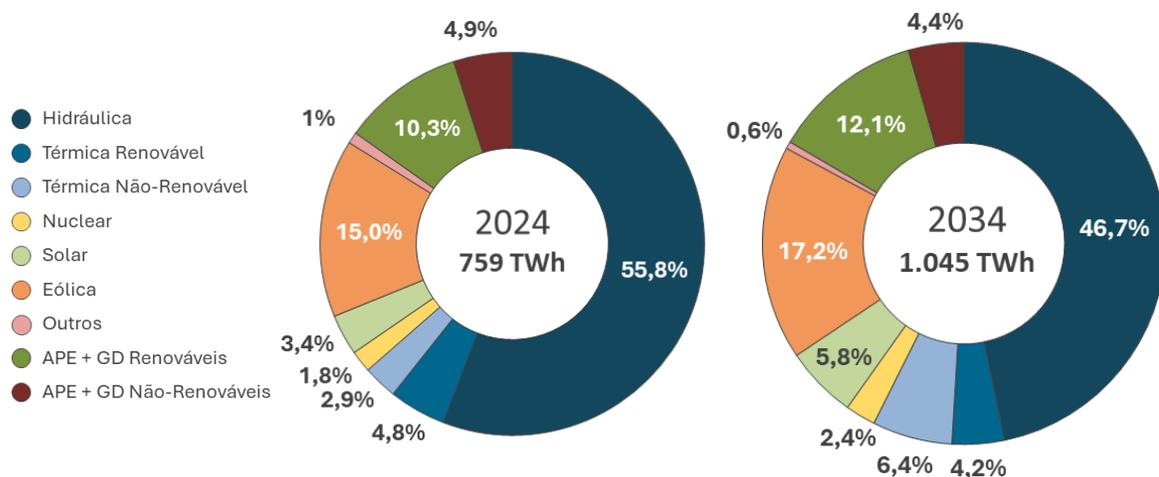
**Critério de seleção de novas tecnologias:** grau de maturidade a nível tecnológico e de mercado compatíveis com o horizonte decenal

- Eólica “*offshore*”
- **Tecnologias de armazenamento (baterias e hidrelétricas reversíveis – UHR)**
- Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS)
- Dispositivos FACTS e VSC
- Transporte marítimo e combustíveis sustentáveis de aviação
- Eletrificação da economia e veículos elétricos
- Pequenos reatores modulares (SMR)
- Hidrogênio

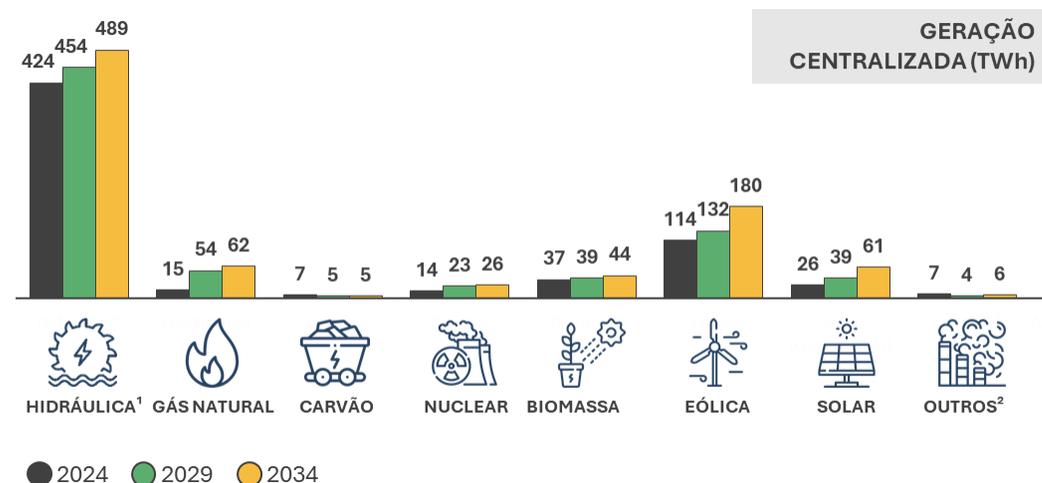
De forma geral, são identificados desafios de diversas naturezas, tanto regulatória e econômica, como sob a ótica operacional. Em alguns casos, a regulamentação do licenciamento ambiental pode ser um desafio. Outras questões relacionadas à disponibilidade de minerais críticos e às infraestruturas necessárias para suportar determinadas mudanças, também são pontuadas. O ponto fundamental é mostrar que, a partir desse diagnóstico, mapeando as barreiras de entrada, é possível buscar soluções robustas que atendem às necessidades do sistema brasileiro, aproveitando o grande potencial de recursos energéticos no país.

# A geração de eletricidade permanece baseada em renováveis no decênio, com ampliação e maior diversificação da matriz elétrica brasileira.

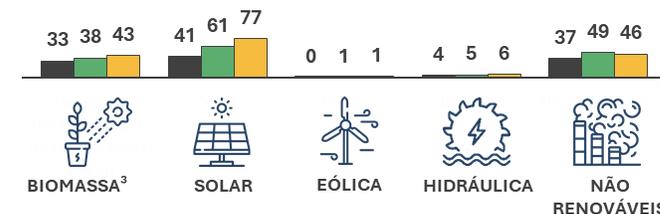
## Evolução da matriz elétrica brasileira



## Geração total de eletricidade por fonte no horizonte decenal



## AUTOPRODUÇÃO E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (TWh)



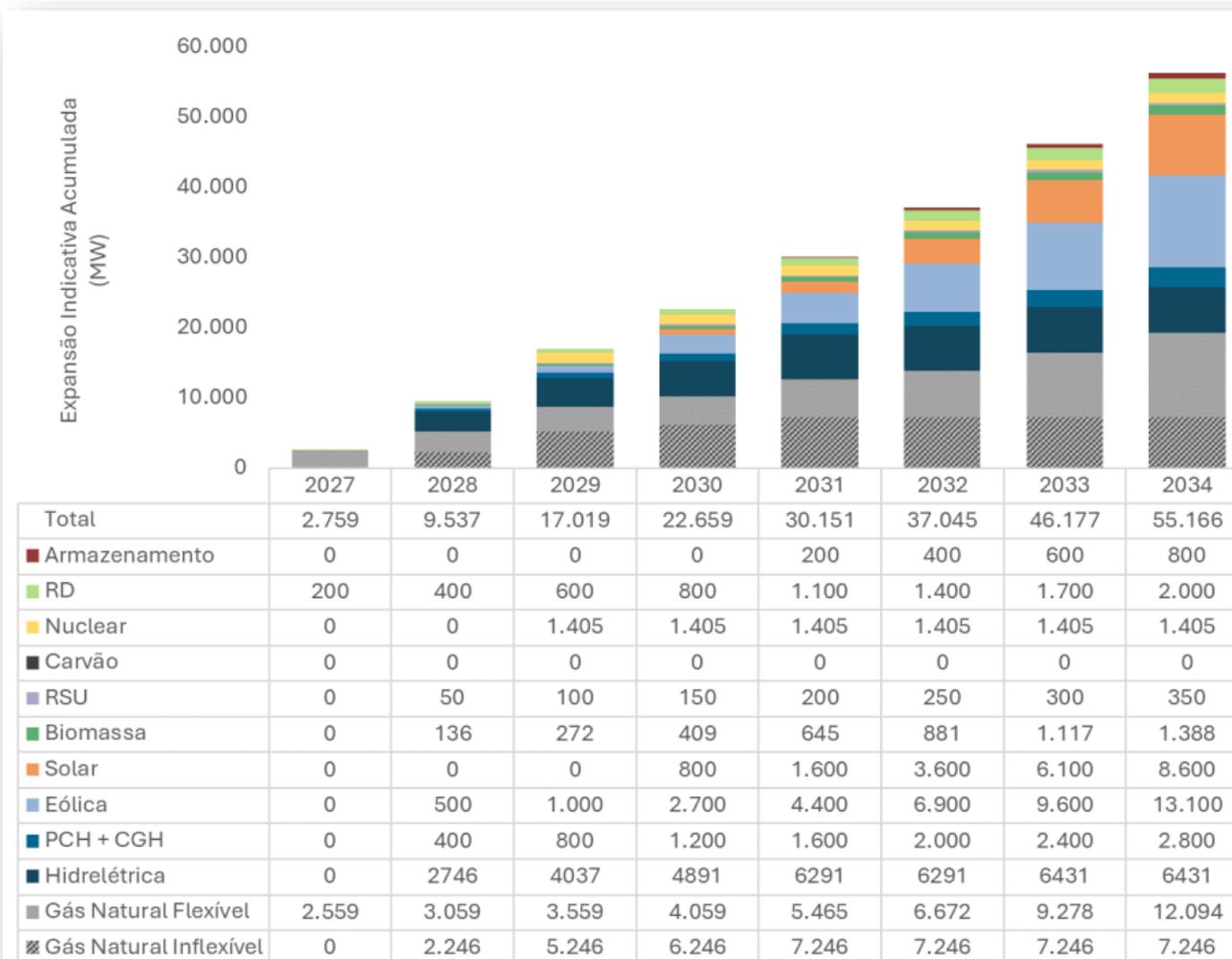
- A redução da participação hidrelétrica tende a ser compensada pelo crescimento das fontes eólica e da solar.
- O crescimento da participação das fontes renováveis em autoprodução e geração distribuída também se destaca, com maiores contribuições do uso da biomassa (biogás, bagaço de cana, lixívia e lenha) e da fonte solar.

# No cenário de referência da expansão de geração centralizada ...

## Expansão Indicativa acumulada para o Cenário de Referência

... pela primeira vez a tecnologia de armazenamento se mostra como competitiva e compõe a expansão indicativa no horizonte decenal.

- No caso deste ciclo a opção escolhida pelo MDI foi de armazenamento em bateria, com a perspectiva de 800 MW instalados, compondo a expansão do Cenário de Referência.
- Durante todos os anos do estudo, a geração de eletricidade é, aproximadamente, 90% realizada a partir de fontes renováveis, considerando a média dos cenários hidrológicos futuros



# Usinas Hidrelétricas Reversíveis



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# Principais atributos das UHR

A **Nota Técnica EPE/DEE/SEG/013/2021** elenca alguns dos principais atributos das UHR:

- Capacidade de **responder pelo atendimento aos horários de ponta** no SIN.
- **Alta flexibilidade para dar suporte à expansão das fontes renováveis.**
- Capacidade de garantir **confiabilidade, estabilidade e segurança energética ao suprimento de energia e potência.**
- Prestar serviços de controle de frequência primária e secundária ao sistema, dentre outros **serviços ancilares.**

Acesse: [Usinas Hidrelétricas Reversíveis \(UHR\): Desafios para inserção em mercados de energia elétrica](#)

Veja também: [Serviços Ancilares sob a ótica de Planejamento da Expansão](#)

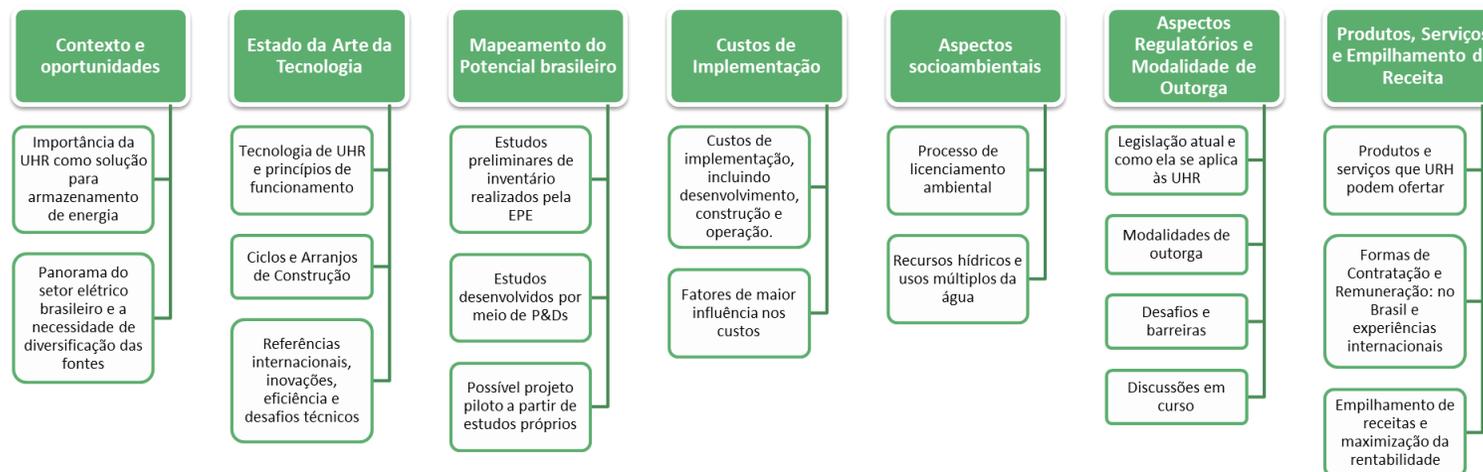


As UHR podem ser uma alternativa atrativa para suprir as crescentes necessidades de capacidade de armazenamento e de flexibilidade do sistema elétrico brasileiro

# UHR: Principais oportunidades e desafios

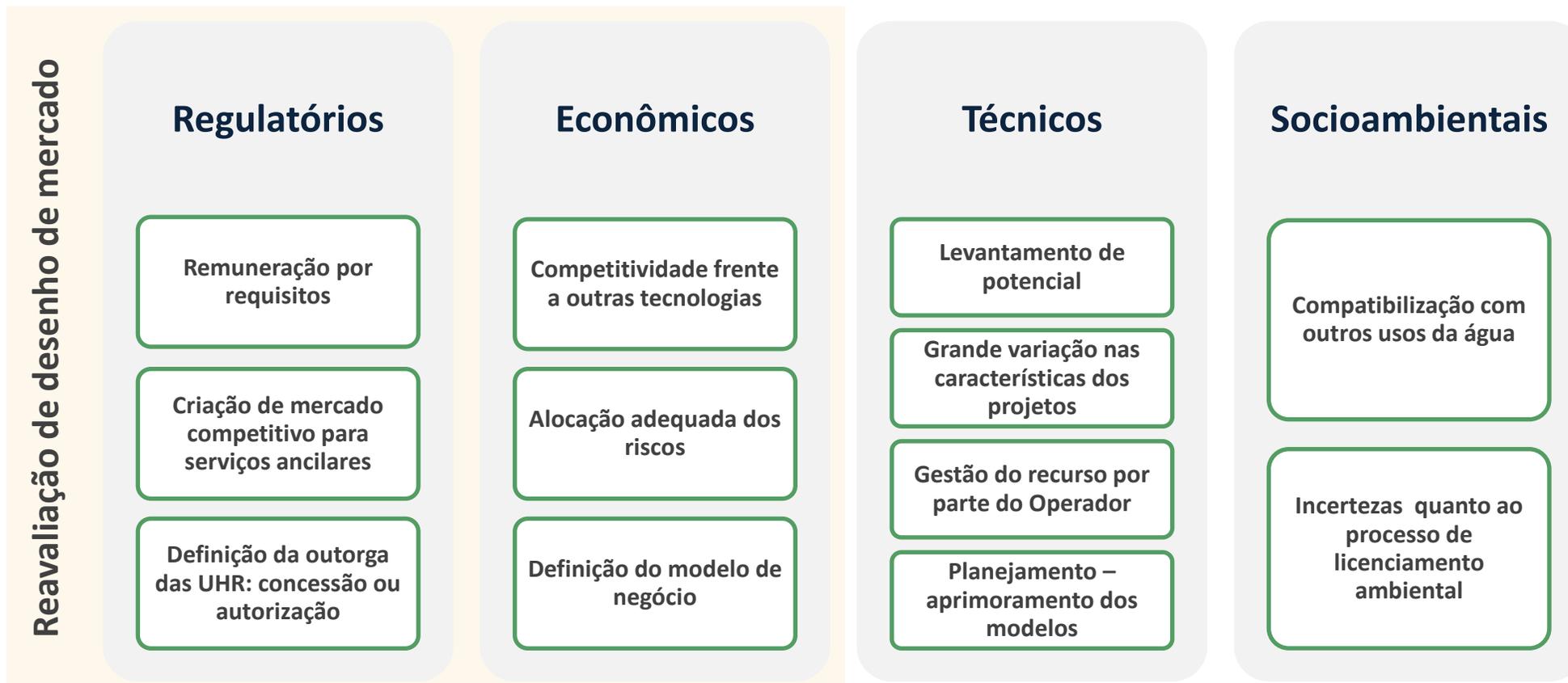
O recém publicado **Roadmap de UHR** apresenta as principais oportunidades e desafios para incorporar a tecnologia na matriz elétrica brasileira e como ela pode se tornar uma fonte estratégica para a transição energética no Brasil.

O objetivo é apresentar um panorama para a inserção da tecnologia de usinas reversíveis no Brasil, abordando aspectos técnicos, econômicos, regulatórios e socioambientais para superar as barreiras existentes.



# Desafios para inserção de usinas hidrelétricas reversíveis

## DESAFIOS



Uma UHR pode ser solução de mais fácil implementação quando comparada a uma UHE convencional, pois, em princípio, possui maior alternativa locacional, evitando assim áreas ambientalmente sensíveis.

# Próximos passos da EPE



Como a EPE está apoiando o desenvolvimento e inserção das UHR no Brasil?



Caracterização e detalhamento dos **requisitos sistêmicos**



Aprimoramento da ferramenta **GeoUHR** para evidenciar locais potenciais (ciclo fechado e semiaberto)



Apoio na elaboração de metodologias para estruturar os estudos de **inventário de UHRs**



Apoio na viabilização e desenvolvimento de um **projeto piloto de UHR** por parte de agentes interessados

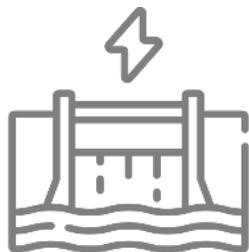


Aprimoramento e otimização de simulações de UHR nos modelos de planejamento e operação



Aprimoramento na **valoração dos serviços** prestados pelas UHR para atendimento as **necessidades sistêmicas**

# Considerações Finais



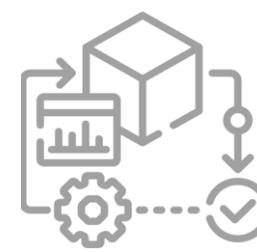
Grandes oportunidades para **inserção das UHRs** no SIN, em função dos crescentes requisitos de capacidade e flexibilidade. A elaboração e construção de um **projeto piloto** pode ser um primeiro passo para sua viabilização.



O estabelecimento da **modalidade de outorga**, discutido atualmente pela regulação, é um passo fundamental para viabilização desses empreendimentos, assim como adaptações no **processo de licenciamento ambiental**.



Para um **aproveitamento dos diversos atributos** e remuneração pelos serviços fornecidos é necessário uma **reavaliação do desenho de mercado**, abrangendo tanto os aspectos regulatórios quanto a caracterização detalhada dos requisitos sistêmicos.



O aprimoramento da **modelagem das UHR nas ferramentas computacionais** utilizadas na operação e planejamento são fundamentais para permitir a **valoração adequada dos atributos** desta tecnologia e a melhor **gestão do recurso**.



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

**EPE - Empresa de Pesquisa Energética**

Praça Pio X, n. 54

20091-040

Centro - Rio de Janeiro

Siga a EPE nas redes sociais e mídias digitais:



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO