



Empresa de Pesquisa Energética

# Seminário “Transição Energética e Transformação Econômica: Perspectivas do Hidrogênio”

**Thiago Ivanoski Teixeira**

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Rio de Janeiro, 27 de Setembro de 2024



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

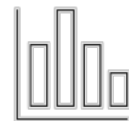




## ► Sobre a EPE



**Empresa pública federal vinculada  
ao Ministério de Minas e Energia**



**Desenvolvemos estudos de planejamento  
e estatísticas energéticas para subsidiar a  
formulação, implementação e avaliação da  
política energética nacional**



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

**Integrante do Conselho Nacional  
de Política Energética (CNPE)**

# Alguns estudos e publicações da EPE



**Visão integrada** do setor energético, incluindo petróleo, gás natural, biocombustíveis, eletricidade, nuclear, eficiência energética, meio ambiente...

# A era da Transição Energética



A “**Transição Energética**” representa o **movimento mundial** de promoção da **substituição** de combustíveis **fósseis** por **fontes** energéticas **menos intensivas em carbono**<sup>1</sup>.



Nesse movimento, o **equilíbrio** entre a garantia de **acesso** à energia de **qualidade**, **segura**, **acessível**, **inclusiva** e **ambientalmente responsável** deve respeitar as **metas climáticas globais** e **contextualizá-las** às **realidades socioeconômicas e ambientais** de cada nação (IEA, 2023)<sup>2</sup>.



Mudanças significativas na forma de ofertar e utilizar energia são vitais para um mundo mais descarbonizado. Entretanto, as mesmas exigem **adaptações** que somente podem ser promovidas por meio de **processos complexos**<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS (CEBRI), BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO (BID) E EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). 2022. Tendências e Incertezas da Transição Energética no caso brasileiro. Disponível em [https://www.cebri.org/media/documentos/arquivos/PTE\\_Whitepaper\\_21dez\\_PT.pdf](https://www.cebri.org/media/documentos/arquivos/PTE_Whitepaper_21dez_PT.pdf). Acesso em 24 nov. 2023.

<sup>2</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). 2023. World Energy Outlook 2023. Disponível em <https://iea.blob.core.windows.net/assets/614bb748-dc5e-440b-966a-adae9ea022fe/WorldEnergyOutlook2023.pdf>. Acesso em 16 nov. 23.

<sup>3</sup> SHAH, S. A. A. et al. 2021. Energy trilemma based prioritization of waste-to-energy technologies: Implications for post-COVID-19 green economic recovery in Pakistan. Journal of Cleaner Production, v. 8, 15 February 2021, p. 124729.

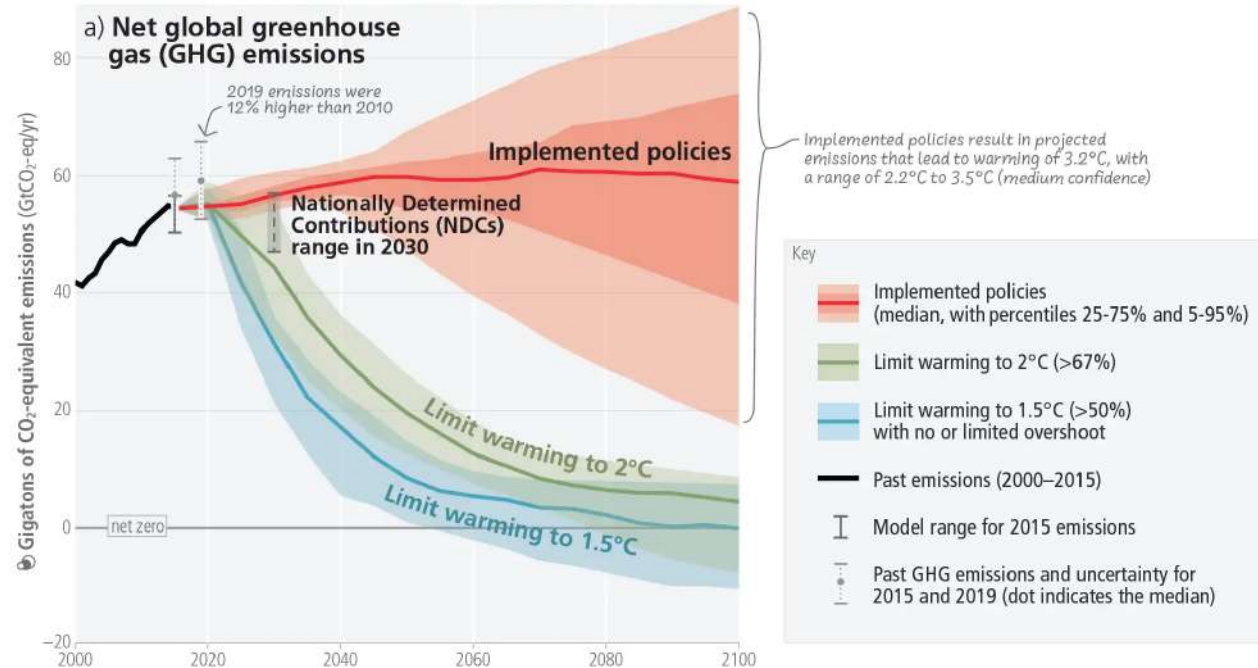
## TRILEMA ENERGÉTICO<sup>3</sup>



# A questão climática é uma questão de desenvolvimento...

## Limiting warming to 1.5°C and 2°C involves rapid, deep and in most cases immediate greenhouse gas emission reductions

Net zero CO<sub>2</sub> and net zero GHG emissions can be achieved through strong reductions across all sectors



A transição energética para uma economia de baixo carbono é parte essencial do combate às mudanças climáticas.

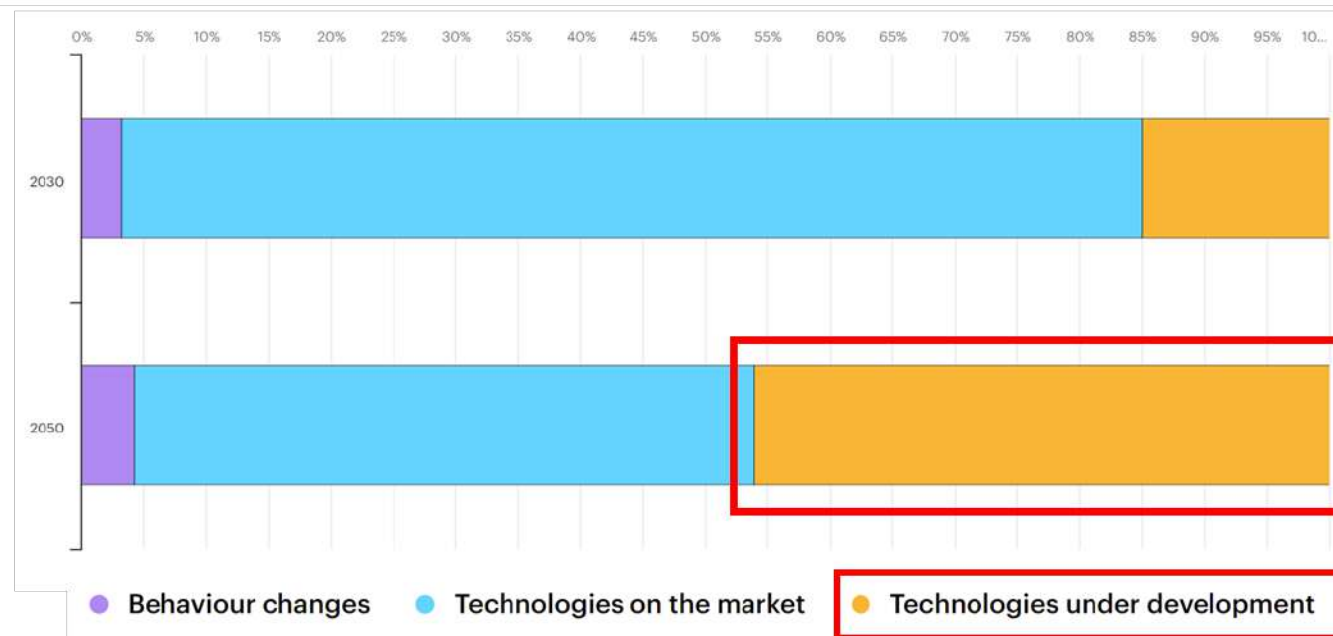
O mundo precisa de políticas públicas, investimentos e inovação.

# Geração elétrica renovável importa, mas não será suficiente



## IEA NZ 2050

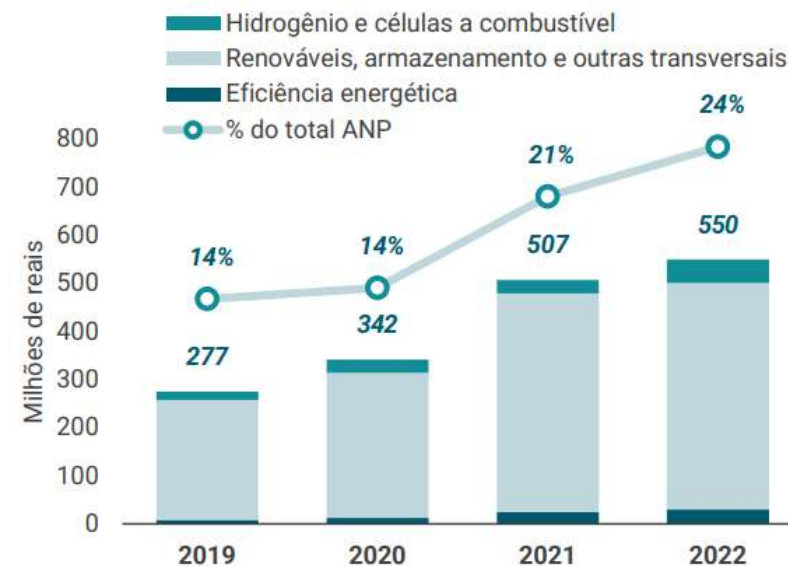
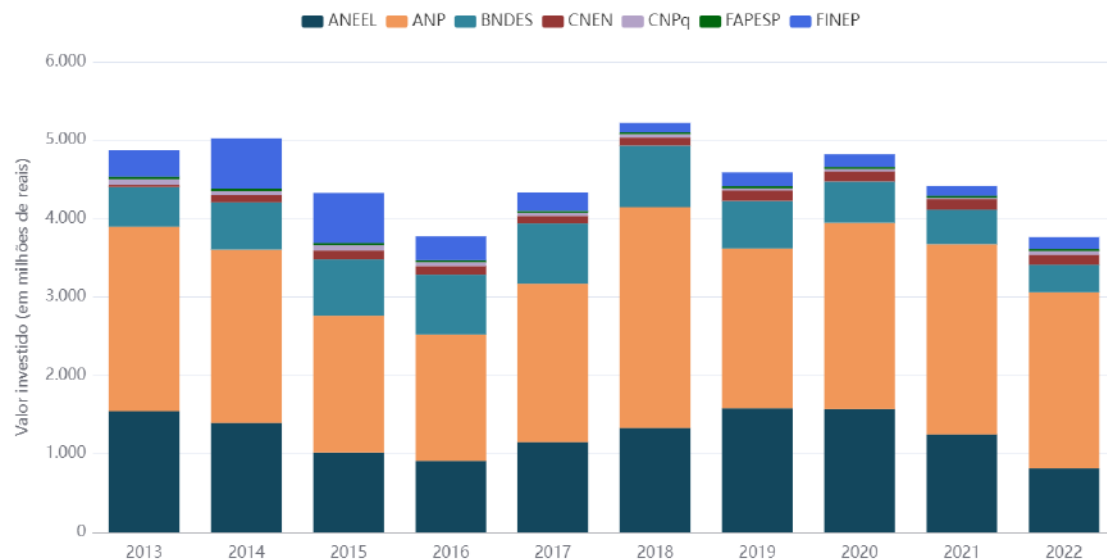
Annual CO2 emissions savings in the net zero pathway, 2030 and 2050, relative to 2020



Os cenários de descarbonização identificam a necessidade de desenvolver biocombustíveis avançados, hidrogênio de baixo carbono, captura de carbono, reatores modulares, digitalização, etc.

# Inova-e: Investimentos de PD&I em energia no Brasil

A Resolução CNPE nº 2/2021 estabelece a priorização da destinação dos recursos de PD&I a temas ligados à transição energética (*hidrogênio, energia nuclear, biocombustíveis, armazenamento de energia, tecnologias para geração de termelétrica sustentável, transformação digital e minerais estratégicos para o setor energético*).



**A Inova-e é uma plataforma de acompanhamento dos investimentos de inovação em energia no Brasil (EPE)**

[dashboard.epe.gov.br/apps/inova-e/](https://dashboard.epe.gov.br/apps/inova-e/)

Fonte: Inova-e e Factsheet Inova 2023 (EPE)

## Linha do tempo do desenvolvimento

### Programas, Planos, Relatórios e Resoluções

MCTI 2002



MME 2005



MCTI 2010



MCTI 2018



MME-EPE  
2020



EPE 2021



CNPE n° 2  
2021



CNPE n° 6  
2021



### Capacitação e Desenvolvimento Tecnológico



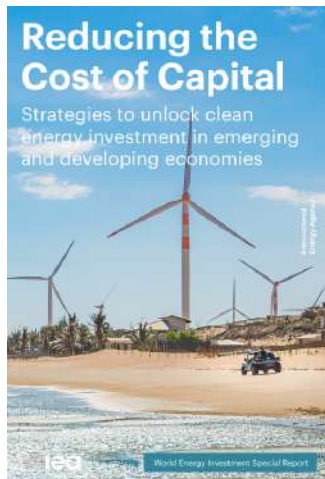
Investimentos públicos e publicamente orientados em P&DI alcançaram R\$ 200 milhões em 1999-2018 (1% do P&DI em Energia em 2018)

Resolução CNPE n° 2, 10/02/2021

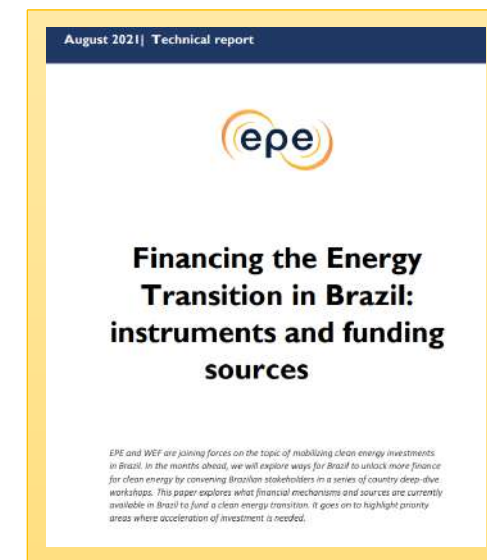
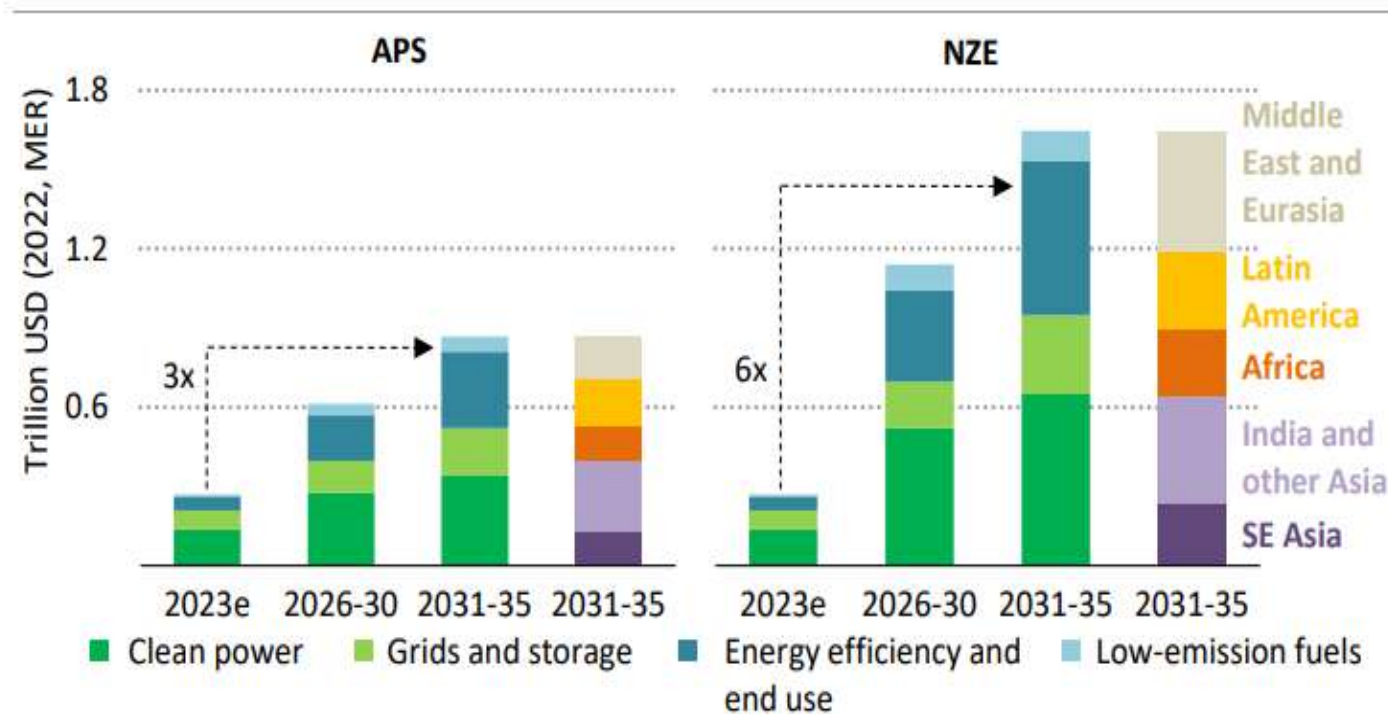
Orientar ANEEL e ANP que, em suas competências, priorizem recursos de P&DI a temas estratégicos, entre os quais hidrogênio.



# Como financiar a transição energética?



**Figure 1.3** ▶ Clean energy investments in EMDE by sector and region in the APS and the NZE Scenario



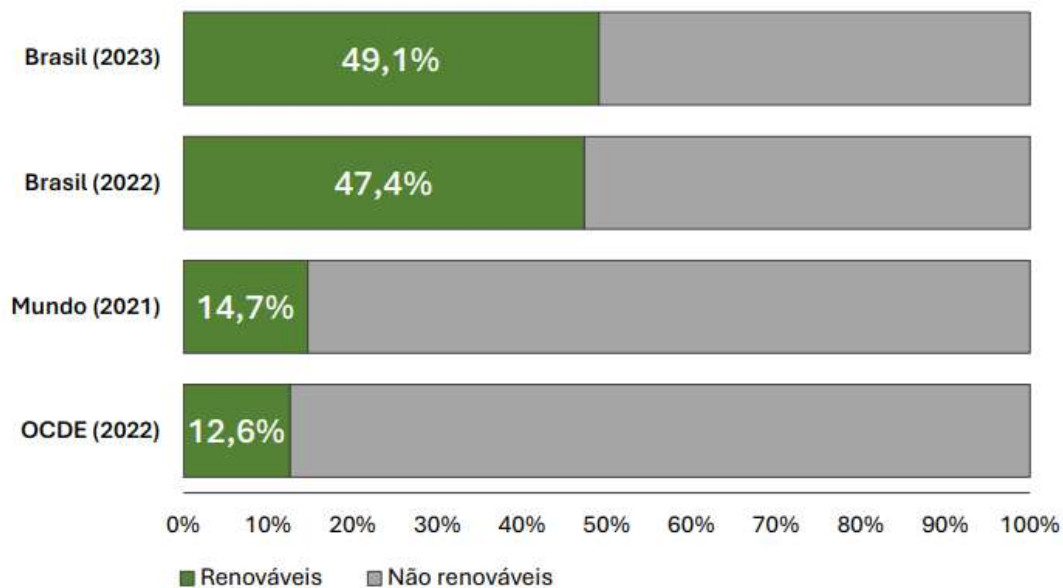
From USD 270 billion today, annual clean energy investments in EMDE (Emerging Market and Developing Economies) need to reach USD 865 billion by the early 2030s in the APS (The Announced Pledges Scenario), **and over USD 1.6 trillion in the NZE (The Net Zero Emissions by 2050) Scenario.**

# Visão geral da matriz energética e elétrica do Brasil



## Participação das renováveis na OIE

Fonte: Agência Internacional de Energia (AIE) e EPE para o Brasil. Elaboração: EPE



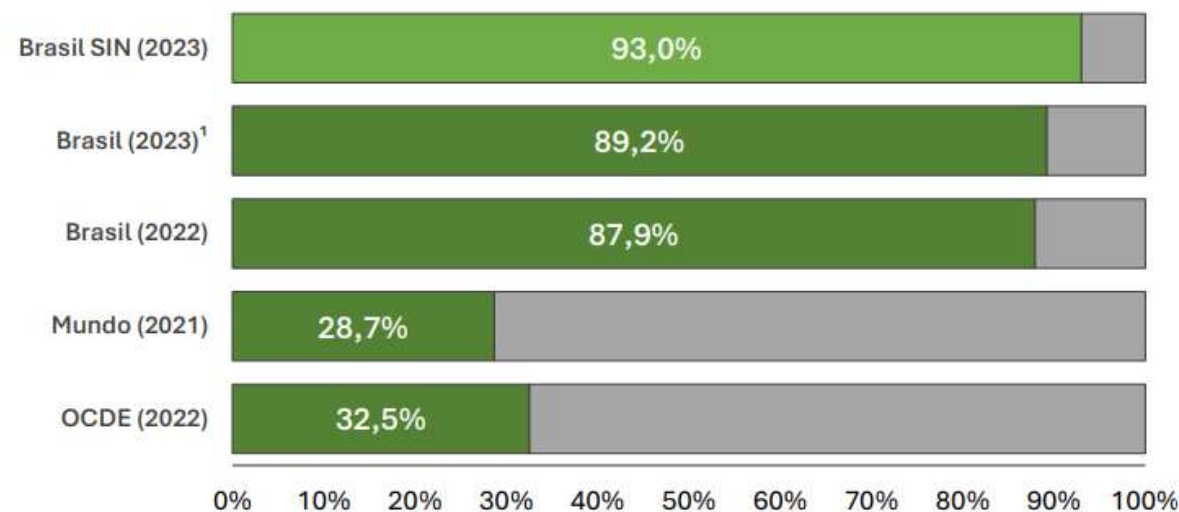
### Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2023



Fonte: EPE – BEN - Relatório Síntese – 2024

<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>

Oferta total de Eletricidade em 2023: **723,2 TWh**

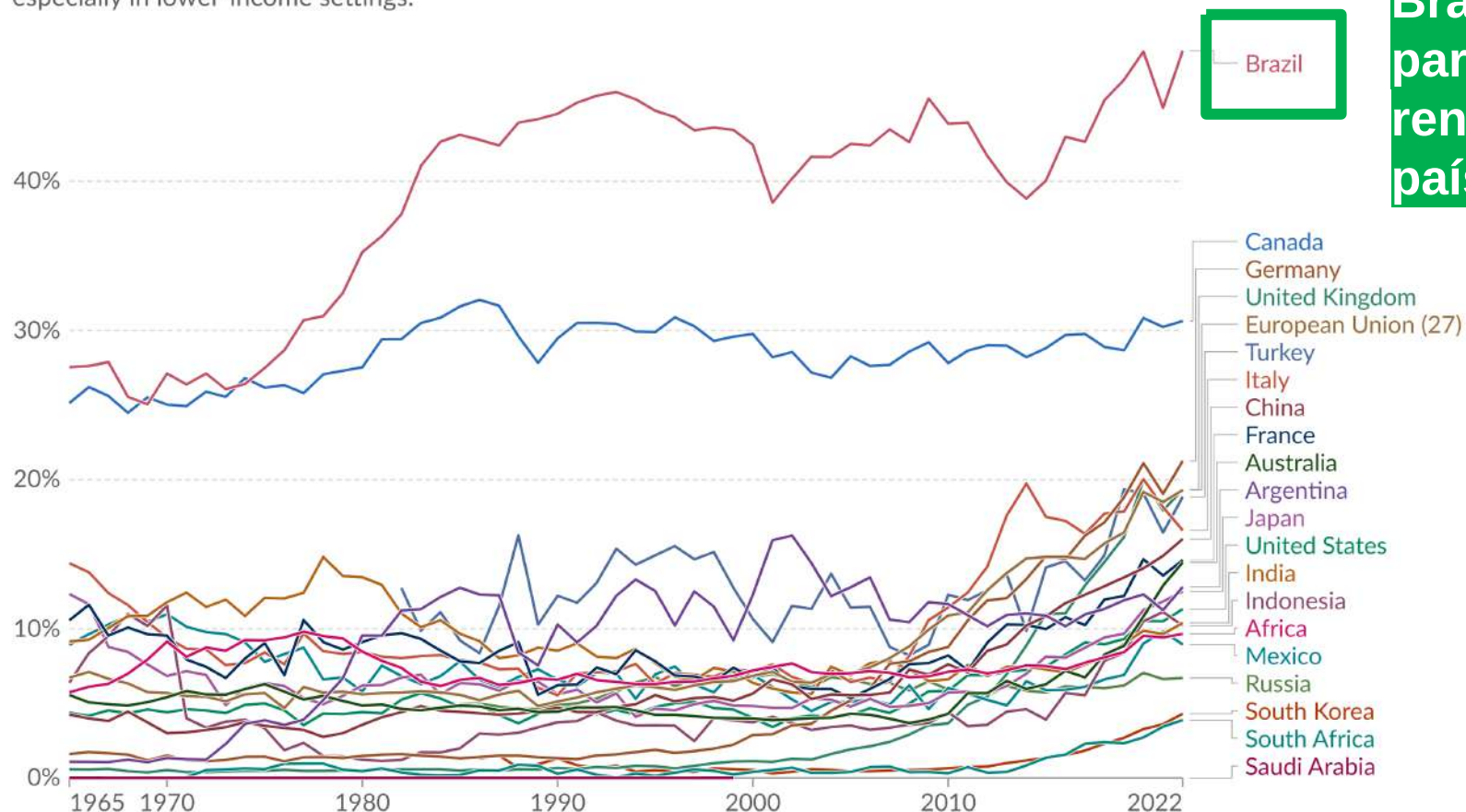


# Visão geral da matriz energética do Brasil

## Share of primary energy consumption from renewable sources

Measured as a percentage of primary energy<sup>1</sup> using the substitution method<sup>2</sup>. Renewables include hydropower, solar, wind, geothermal, bioenergy, wave, and tidal, but not traditional biofuels, which can be a key energy source, especially in lower-income settings.

Our World  
in Data



**Brasil tem a mais alta participação de renováveis entre os países do G20**

# Cenários de caminhos para neutralidade climática do Brasil

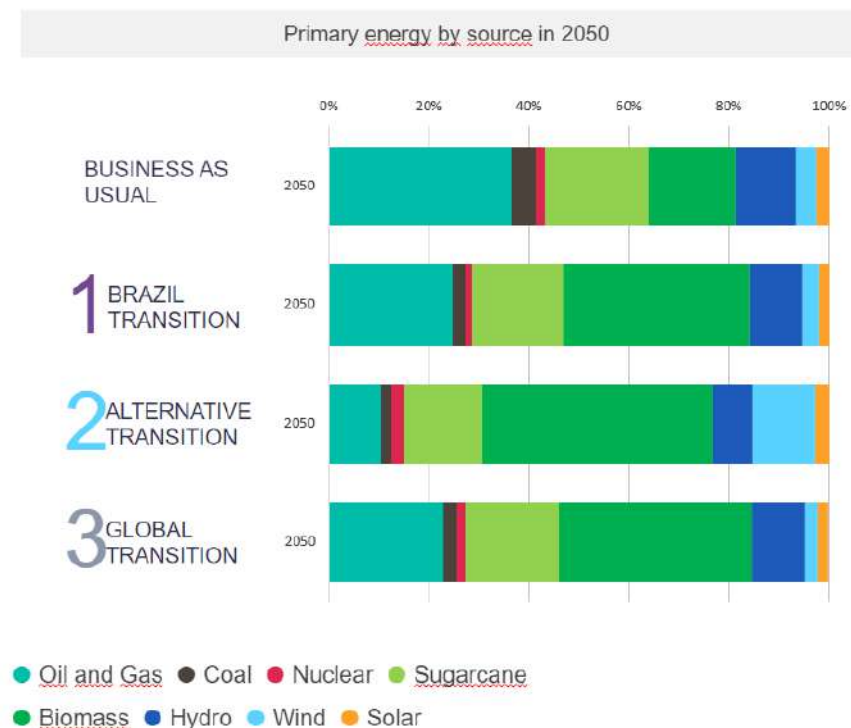


## Programa de Transição Energética BID-CEBRI-EPE-Cenergia/COPPE/UFRJ



- Objetivo Geral: apoiar o desenvolvimento de cenários de longo prazo para a transição energética no Brasil.
- Os objetivos específicos do Projeto são:
  - criar um fórum de partes interessadas para disseminar e discutir cenários de transição energética de longo prazo no Brasil, por meio de: (a) validação de premissas; (b) redução de incertezas; e (c) promoção de consenso sobre macrotendências;
  - desenvolver cenários de energia de longo prazo com base em um fórum independente e neutro de partes interessadas.

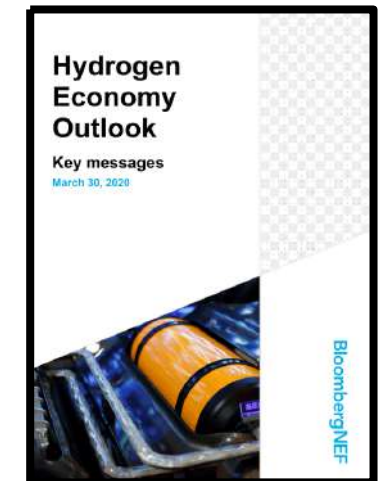
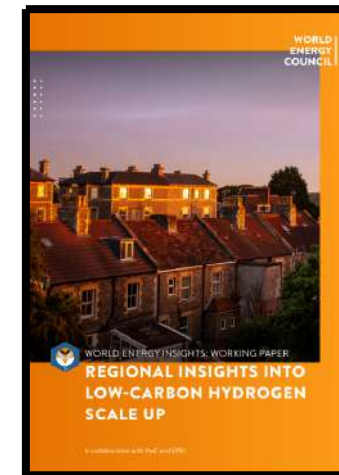
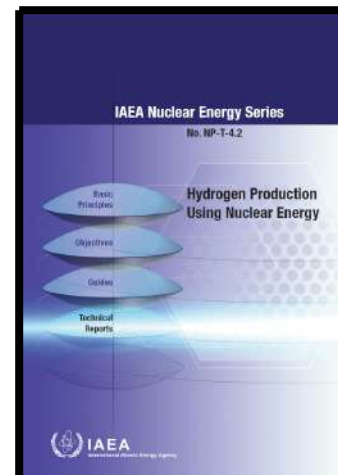
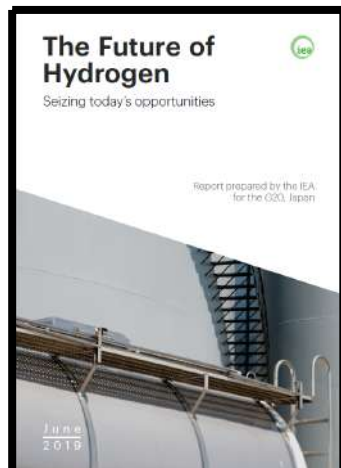
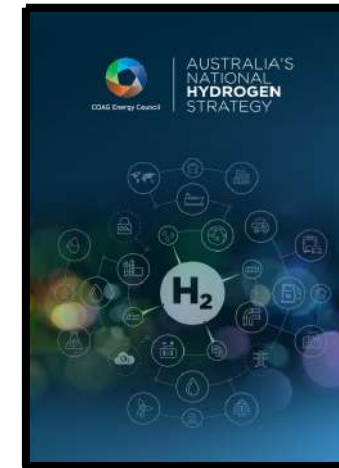
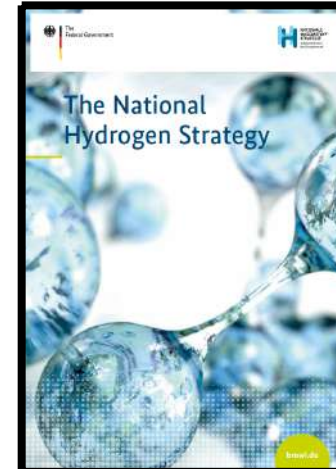
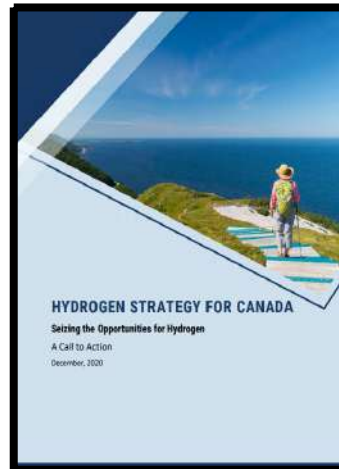
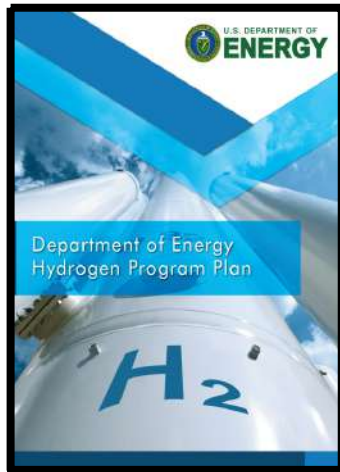
- NDC do Brasil é para o conjunto da economia (*economy-wide*) por caminhos flexíveis
  - Não há metas setoriais
- **Setor de energia tem interrelações com outros setores.**
- Orçamento de carbono para energia pode ser alterado por trajetória em outros setores



# Hidrogênio: exagero ou esperança? [*Hype or Hope?*]



Forte aposta em todo o mundo para setores de difícil abatimento de emissões



## Forte aposta para setores de difícil abatimento de emissões



Fonte: Energy Transition Commission

Exhibit 1 – Role of electrification and electricity-based fuels in the hard-to-abate sectors

Sectors		Direct electrification	Electricity-based fuels	Decarbonization alternatives
Industry	Cement	Electrification of kiln heat (process emissions remain)	Hydrogen fired kilns	CCS Timber substitution
	Iron and steel	Electric Arc Furnace production Direct iron electrolysis (possibly in long term)	Hydrogen as reduction agent and heat source	CCS Biomass as heat source and reduction agent
	Ammonia		Production from hydrogen from electrolysis	CCS Biogas as substitute for methane in SMR
	Ethylene	Electrification of furnace heat	Hydrogen as heat source and feedstock	CCS Biogas as fuel or feedstock Recycling/reuse of plastics
Transport	Trucking	Battery Electric Vehicles Catenary overhead wiring	Hydrogen in ICE or fuel cell	Biodiesel or bio-gasoline as fuel
	Aviation	Battery electric for short distance	Hydrogen fuel cells for short distance Synthetic jetfuel	Bio-jetfuel
	Shipping	Battery electric for short distance Cruise and RoPax ships	Hydrogen fuel cell or ICE Ammonia in ICE	Biodiesel Direct combustion of biomass/waste
Building heating		Through heat pumps or induction	Hydrogen as a substitute for natural gas Ammonia for transportation and seasonal storage	Biogas as substitute for methane Biomass and district heating

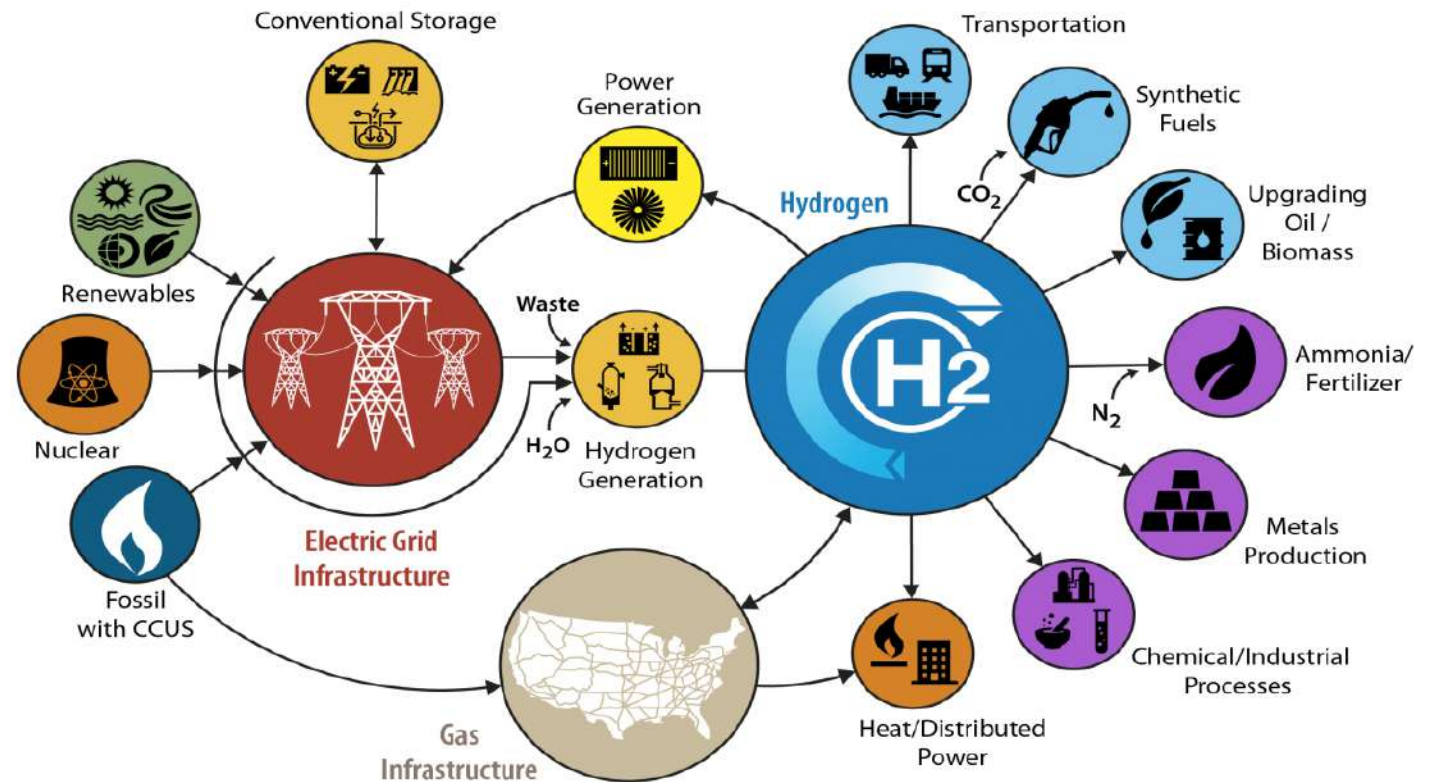
SOURCE: Energy Transitions Commission analysis

### PONTOS DE ATENÇÃO:

- Competição tecnológica: eletrificação direta, combustíveis derivados de eletricidade e biomassa, alternativas de descarbonização
- Dinâmica de inserção: estágio de maturidade, competitividade das alternativas e estratégias locais de descarbonização

# Hidrogênio: acoplamento setorial de diversas cadeias energéticas

## PNH<sub>2</sub> : foco em baixo carbono com neutralidade tecnológica



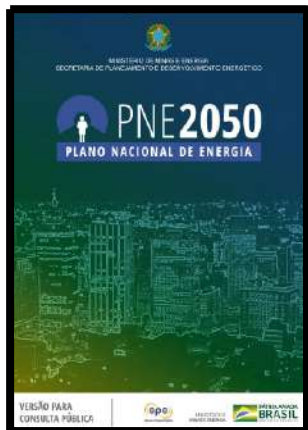
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/h2scale>

Visão é similar à de outros países: EUA, Canadá, Reino Unido, Noruega, Japão etc.

# Inserção do hidrogênio no planejamento energético



## Hidrogênio no PNE 2050 e no PDE 2031



### PNE 2050

Tecnologias Disruptivas - Hidrogênio

#### Principais desafios:

Elaboração de normatização para uso, transporte e armazenamento do hidrogênio

#### Recomendações:

- Desenhar aprimoramentos regulatórios relacionados à qualidade, segurança, infraestrutura de transporte, armazenamento e abastecimento
- Articular com outras instituições internacionais que tenham iniciativas na área de hidrogênio



### PDE 2031

Capítulo 12 – Hidrogênio

#### Contexto:

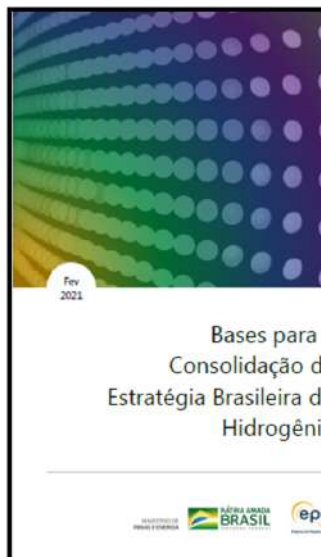
Papel do hidrogênio na transição energética e na descarbonização (setores de difícil abatimento e armazenamento de energia)

#### Ações do Brasil:

P&DI, Programas, Documentos Governamentais, Resoluções CNPE, etc.

#### Destaques:

Potencial Técnico de Produção; Projetos Anunciados etc.



<https://gisepeprd2.epe.gov.br/arcgisportal/app/s/storymaps/stories/68332aaa3fc64524a656583e1367daa3>

Representação institucional em eventos, reuniões, suporte ao MME, CNPE e MRE. Membro de Câmaras Técnicas e do Comitê Gestor do PNH2, Conselho do Hidrogênio (ABH2) e H2 Brasil (Cooperação Brasil-Alemanha)



# Plano Decenal de Expansão de Energia 2034



**Publicações**

- Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis
- Anuário Estatístico de Energia Elétrica
- Atlas da Eficiência Energética Brasil
- Balanco Energético Nacional
- Caderno de Estudos
- Consumo de Energia Elétrica
- Plano Decenal de Expansão de Energia
- Plano Indicativo de Gasodutos de Transporte (PIG)
- Plano Indicativo de Processamento e escoamento de Gás Natural (PIPE)
- Plano Nacional de Energia
- Programa de Expansão da Transmissão / Plano de Expansão de Longo Prazo (PET/PELP)
- Revisões Quadrimestrais da Carga
- Sistemas Isolados
- WEBMAP EPE
- Zonamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás
- Resenha e Boletim do Mercado de Energia Elétrica

### Plano Decenal de Expansão de Energia 2034

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) é um dos mais importantes produtos elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), contando com o apoio das equipes do Ministério de Minas e Energia (MME) e em alinhamento às diretrizes adotadas por este órgão. O PDE 2034 apresenta as perspectivas de expansão do setor de energia para os próximos 10 anos, considerando o período de 2025 e 2034, mantendo uma visão integrada para os diversos energéticos.

Os múltiplos estudos presentes neste plano subsidiam decisões de política energética, integrando-as às demais políticas adotadas no país, em especial as ligadas às mudanças climáticas e de transição energética. Com um caráter inovador, os estudos deste plano serão, inicialmente, publicados em forma de cadernos, abordando as diversas temáticas presentes no PDE 2034. O conjunto de cadernos temáticos, apresentados ao longo do ano de 2024, irão compor o Plano Decenal de Expansão de Energia 2034.

#### Cadernos de Estudo do PDE 2034

Arquivos		
Tipo	Documento	Tamanho do arquivo
	Caderno de Abastecimento	3111 KB
	Caderno de Oferta de Biocombustíveis	2691 KB
	Custos Geração e Transmissão	1780 KB
	Demanda Energética do Setor de Transportes	6720 KB
	Eletromobilidade: Transporte Rodoviário	2689 KB
	Caderno de Demanda de Eletricidade	1583 KB
	Caderno de Preços Internacionais do Petróleo e seus Derivados	2151 KB
	Caderno de Previsão da Produção de Petróleo e Gás Natural	3247 KB
	Caderno de Requisitos de Geração para Atendimento aos Critérios de Suprimento	2320 KB
	Caderno de MMDG - Baterias - PDE2034	3353 KB
	Caderno de Premissas Econômicas e Demográficas - PDE2034	497 KB



<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2034>

## PDE 2034

Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034

### Micro e Minigeração Distribuída & Baterias Atrás do Medidor

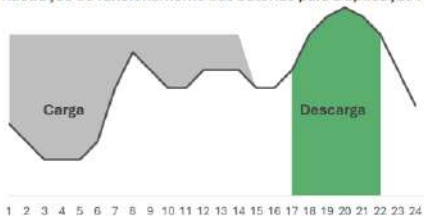
Junho 2024



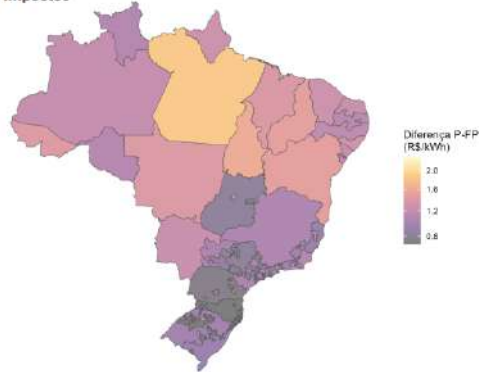
### PDE 2034 | Aplicação I: Gestão do consumo com Tarifa Branca

- Desde 2018, consumidores atendidos em baixa tensão podem optar pela Tarifa Branca, com tarifas diferenciadas ao longo do dia;
- As baterias podem ser utilizadas para deslocar o consumo da ponta para fora da ponta. Quanto maior a diferença entre as tarifas, maior a atratividade;
- Diferença entre Tarifa de Ponta e Forá Ponta na Tarifa Branca é menor do que a diferença nas Tarifas do Grupo A.

Ilustração do funcionamento das baterias para a aplicação I

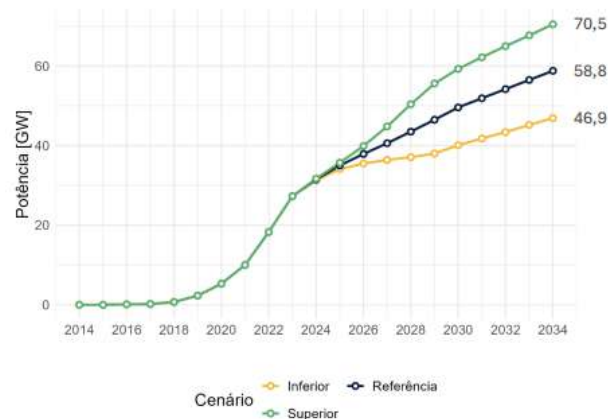


Diferença entre Tarifa Ponta menos Tarifa Fora Ponta, com impostos



## PDE 2034 | Resultados dos Cenários

Projeção da capacidade instalada de MMGD (GW)  
Por Cenário



Nota: Data base da projeção: outubro de 2023



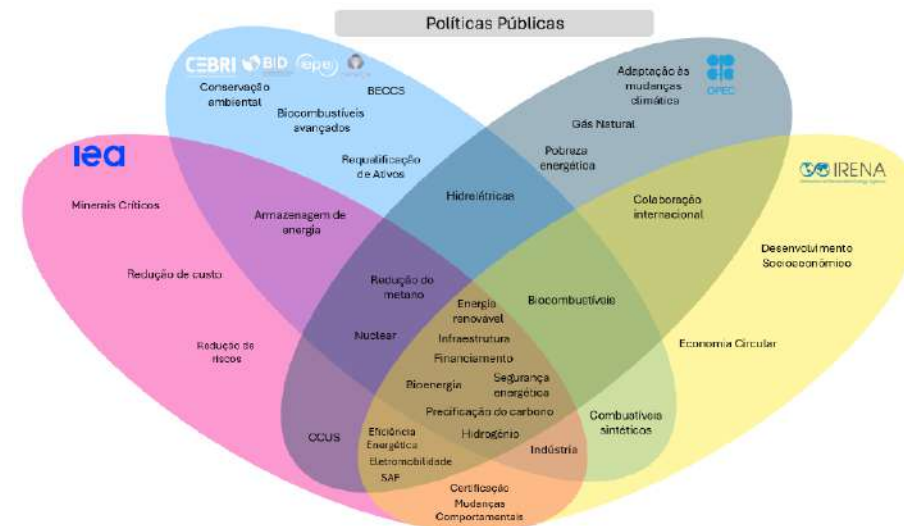
Resumo dos Resultados  
Por Cenário

Cenário	Adotantes Acumulados (2034) Milhões	Potência Acumulada (2034) GW	Geração (2034) GWméd	Investimentos (2024 a 2034) R\$ bilhões
Superior	8,6	70,5	11,3	162,0
Referência	7,2	58,8	9,3	116,6
Inferior	5,9	46,9	7,2	70,4

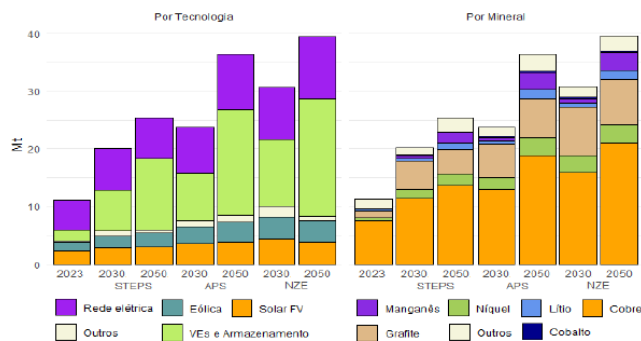
Conheça mais sobre a [metodologia](#) e acesse o [modelo](#) utilizado nas projeções

# Plano Decenal de Expansão de Energia 2034

- **Capítulo Transição Energética: Cenários, Desafios (tecnológicos, socioambientais, minerais estratégicos, políticas públicas...)**
- **Transição Energética -> mitigar os efeitos das mudanças climáticas e promover um desenvolvimento econômico mais sustentável.**
- **Integração entre diferentes setores, além de inclusão e justiça social.**



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



Fonte: AIE (2024)



(\*) Valores obtidos desconsiderando restrições preexistentes.

# Política Nacional de Transição Energética - PNTE



► **Plano de ações**, com horizonte de longo prazo, compatível com cenários de transição energética, de requisitos do desenvolvimento econômico e social e de neutralidade das emissões líquidas de gases de efeito estufa no Brasil.

- Elaboração coordenada pelo Ministério de Minas e Energia
- Com apoio da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, e
- Participação dos Ministérios
- Parceria com BNDES, FGV Clima e Agência Internacional de Energia para elaboração de versão do PLANTE para consulta pública

## Governo aprova política nacional de transição energética

*Instrumento prevê elaboração de plano com ações para estimular a economia verde e a criação de fórum de debate entre governo, sociedade e setores*



*O ministro Alexandre Silveira (esq.) cumprimenta o presidente Luiz Inácio Lula da Silva (dir.) durante o lançamento do programa nesta 2ª feira (26.ago)*

## Ferramentas de mapeamento e auxílio para questões-chave do relacionadas ao hidrogênio

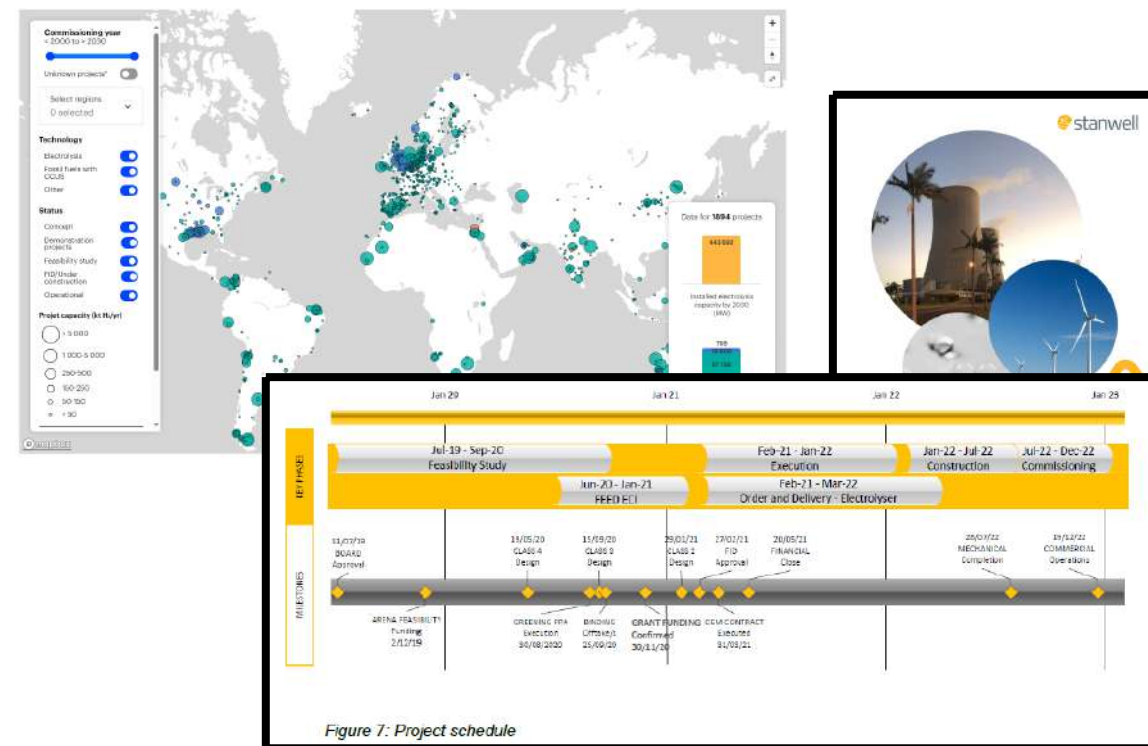
O **Painel de Dados sobre Hidrogênio no Brasil**, permite visualizar geograficamente o potencial de produção de H2 pelas possíveis rotas tecnológicas, bem como a localizar os projetos e a infraestrutura existentes para a seu armazenamento e/ou escoamento

<https://gisepeprd2.epe.gov.br/arcgisportal/apps/storymaps/stories/68332aaa3fc64524a656583e1367daa3>



## Outras ferramentas

[Hydrogen production projects interactive map - Data Tools - IEA](#)



Stanwell Hydrogen Project - Feasibility Project - FOR PUBLIC RELEASE

Para o horizonte decenal, a EPE considera uma abordagem *bottom-up*, baseada em um cronograma típico de implantação para estimar data de início de operação. Para o longo prazo, a EPE busca elaborar uma modelagem financeira da avaliar a expansão de cada setor e segmento de mercado.

## EPE adere ao Programa de Colaboração Tecnológica em Hidrogênio da Agência Internacional de Energia

Em setembro de 2024, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) formalizou sua adesão ao Programa de Colaboração Tecnológica em Hidrogênio (Hydrogen TCP) da Agência Internacional de Energia (AIE), tornando-se representante oficial do Brasil no projeto. A participação também inclui o Ministério de Minas e Energia (MME), em uma designação oficial do Governo Brasileiro, feita por meio do Ministério das Relações Exteriores (MRE).

O Hydrogen TCP é uma iniciativa global organizada pela AIE, que reúne instituições e especialistas independentes de diversos países com o objetivo de promover o desenvolvimento da indústria de hidrogênio. A rede apoia projetos e programas que buscam fortalecer o papel do hidrogênio na matriz energética mundial.

Com a participação no programa, a EPE garante ao Brasil acesso a discussões internacionais de ponta sobre a cadeia energética do hidrogênio, abordando temas como rotas de produção, aplicações, regulamentação, aspectos socioambientais, entre outros. Essa adesão fortalece o papel institucional da EPE no suporte à formulação de políticas públicas e ao desenvolvimento do mercado energético brasileiro, em alinhamento com o MME.

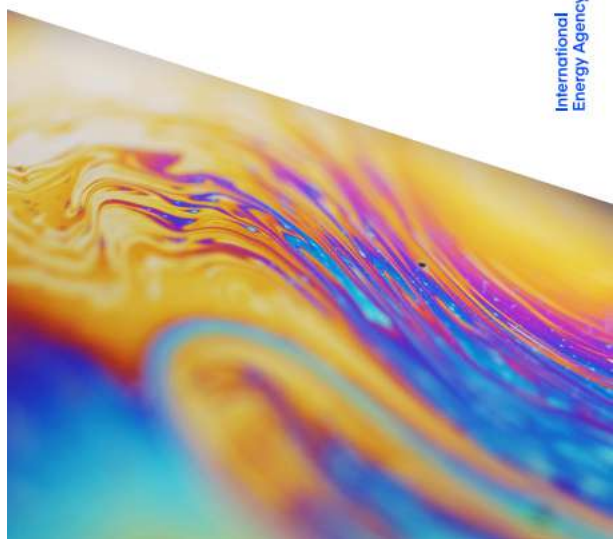
Além disso, a iniciativa representa uma oportunidade de projetar a visão brasileira em fóruns internacionais, contribuindo para o desenvolvimento de uma indústria de hidrogênio mais robusta no Brasil.

[Notícias EPE adere ao Programa de Colaboração Tecnológica em Hidrogênio da Agência Internacional de Energia](#)

iea



## Towards Common Criteria for Sustainable Fuels



International  
Energy Agency

<https://www.iea.org/reports/towards-common-criteria-for-sustainable-fuels>

### About this report

Sustainable fuels play a crucial role in clean energy transitions. They complement direct electrification and energy efficiency measures in decarbonising sectors for which emissions are hard to abate, while contributing to energy diversification and security. Under the IEA's Net Zero Emissions by 2050 (NZE) Scenario, the demand for low-emission fuels such as liquid biofuels, biogases, hydrogen and hydrogen-based fuels would need to double from current levels by 2030 and double again by 2050. Despite their importance, none of the main sustainable fuel options are on track for a net zero pathway.

Accelerated deployment of sustainable fuels depends in part on achieving a common understanding of what makes a fuel "sustainable". Numerous frameworks and certification schemes for sustainable fuels have been established worldwide. Terms such as "green," "blue," or "advanced" are frequently used to describe the sustainability features of fuels and to differentiate them from their unabated fossil counterparts. However, there is no international consensus on the meaning of these terms. Their definitions are inconsistent and, critically, they do not usually provide quantitative information about greenhouse gas emissions.

This report – produced in support of Brazil's G20 Presidency – explores the feasibility and implications of setting up common criteria to enable fair comparisons of sustainable fuels. It maps commonalities and differences among the standards, regulations and certifications used for sustainable fuels across different regions and markets. It reviews typical carbon intensities and the improvement potential of various fuel production pathways and sets out policy considerations for governments that wish to work toward common criteria for sustainable fuels.

- ✓ **Transição energética não é uma virada de chave, é processo!**
- ✓ **Desafios e oportunidades já presentes serão potencializados com a aceleração da transição energética.**
- ✓ **Mudanças à vista (ainda neste decênio):**
  - ✓ **Desenhos e redesenhos de mercados, bem como novos modelos de negócios (inclusive Hidrogênio!)**
  - ✓ **Desenvolvimentos e transformações de segmentos do setor energético, necessidade de inovações tecnológicas.**
  - ✓ **Segurança energética, confiabilidade do sistema, descarbonização e transbordamento tecnológico**
- ✓ **Planejamento Energético: constante adaptação e aprimoramento dos estudos, com segurança energética.**





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

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



Obrigado!