

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

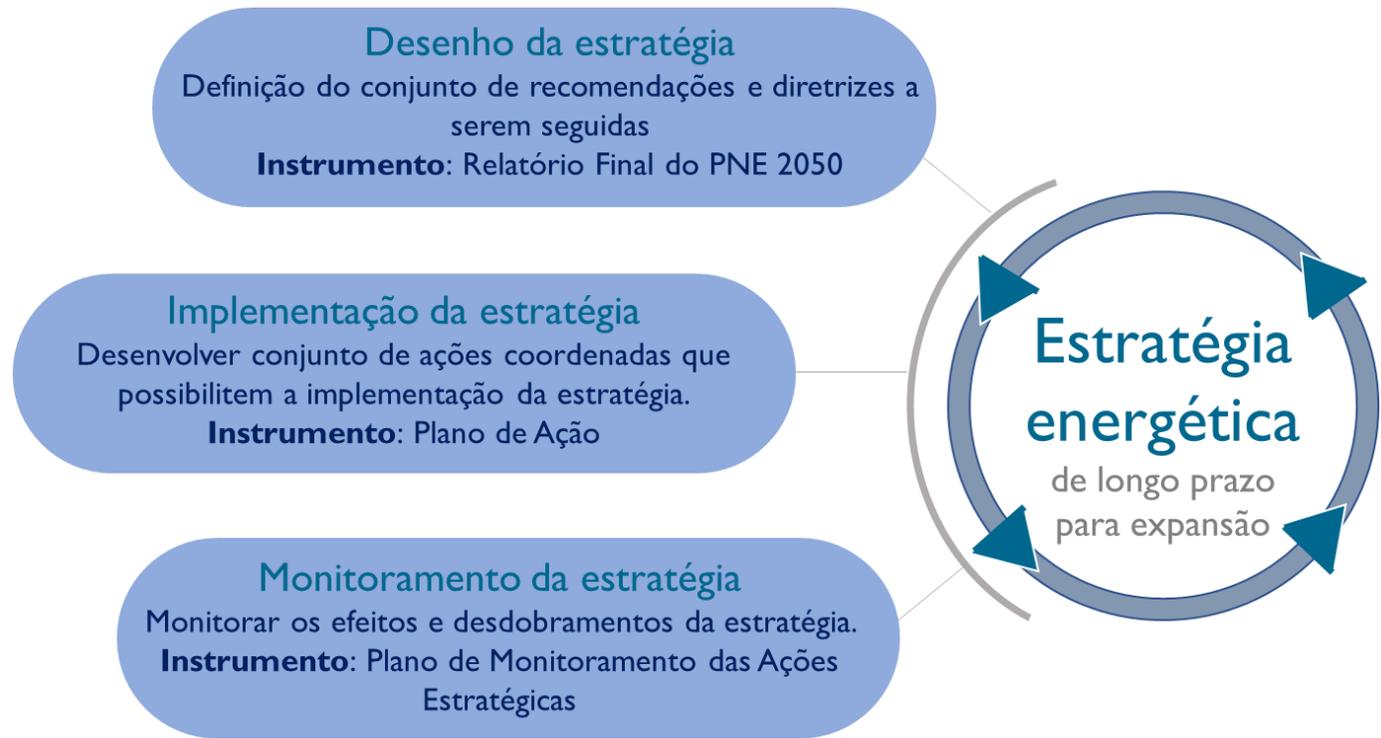


12 de jun de 2020

Versão para
Consulta Pública

PNE2050 como processo

- ❖ Conjunto de estudos que dão suporte ao desenho da estratégia de longo prazo do planejador em relação à expansão do setor de energia.
- ❖ Estratégia de longo prazo do planejador pode ser entendida como processo em 3 etapas:



Desenho [Relatório do PNE 2050]: Definição do conjunto de recomendações e diretrizes a serem seguidas ao longo do horizonte de 2050.

Execução [Plano de Ação]: Promovida por meio de definição das ações e iniciativas a serem implementadas ao longo da vigência do plano.

Controle [Plano de Monitoramento]: Acompanhamento dos efeitos e desdobramentos da estratégia adotada ao longo da vigência do plano.

Estrutura do Relatório

- Prólogo
- Introdução
- Principais considerações e resultados
- Questões Transversais
- Fontes e Tecnologias
- Infraestruturas de Transporte
- Segmentos de Consumo



10
workshops



Demografia
Cadeias produtivas
Mobilidade
Tecnologias
Agroenergia
Logística
Indústria
Outros...

+250 participantes
entre representantes do setor
público e do setor privado

+300 contribuições



Cone de incertezas



Cenário
**Desafio da
Expansão**



- ✓ Crescimento mais expressivo da demanda de energia
- ✓ Ritmo forte de expansão da infraestrutura de energia
- ✓ Energia como suporte para o desenvolvimento social e econômico do Brasil



Cenário
Estagnação

Base para o
PNE2050

2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050

**Delineando a estratégia a partir
do trabalho contido no relatório...**



Objetivos da estratégia

Impactos ambientais

Alinhamento aos esforços de combate às mudanças climáticas e preservação ambiental



Desenvolv. socioeconômico

Energia como fator fundamental para o desenvolvimento socioeconômico e equidade

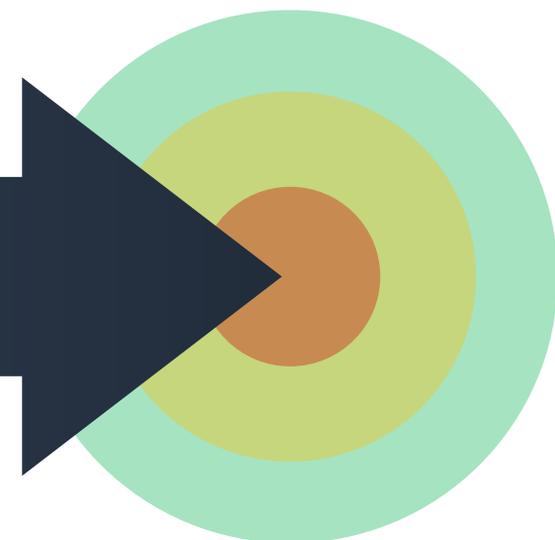


Segurança energética

Brasil deve gerenciar o nível de exposição a riscos de suprimento de energia

Competitividade

O custo da energia é fator de inserção econômica internacional do Brasil



Visão
de futuro

Estratégia
de longo prazo

Condicionantes
internos e externos

Geopolíticos, tecnológicos,
econômicos, sociais, ambientais,
políticos, históricos

Forças e
vulnerabilidades
do Brasil



Como Governo
deve montar
sua estratégia?

Empresas

Governo

Sociedade

Estratégia
de longo prazo

Visão
de futuro

Condicionantes
internos e externos

Geopolíticos, tecnológicos,
econômicos, sociais, ambientais,
políticos, históricos

Forças e
vulnerabilidades
do Brasil



PNE2050

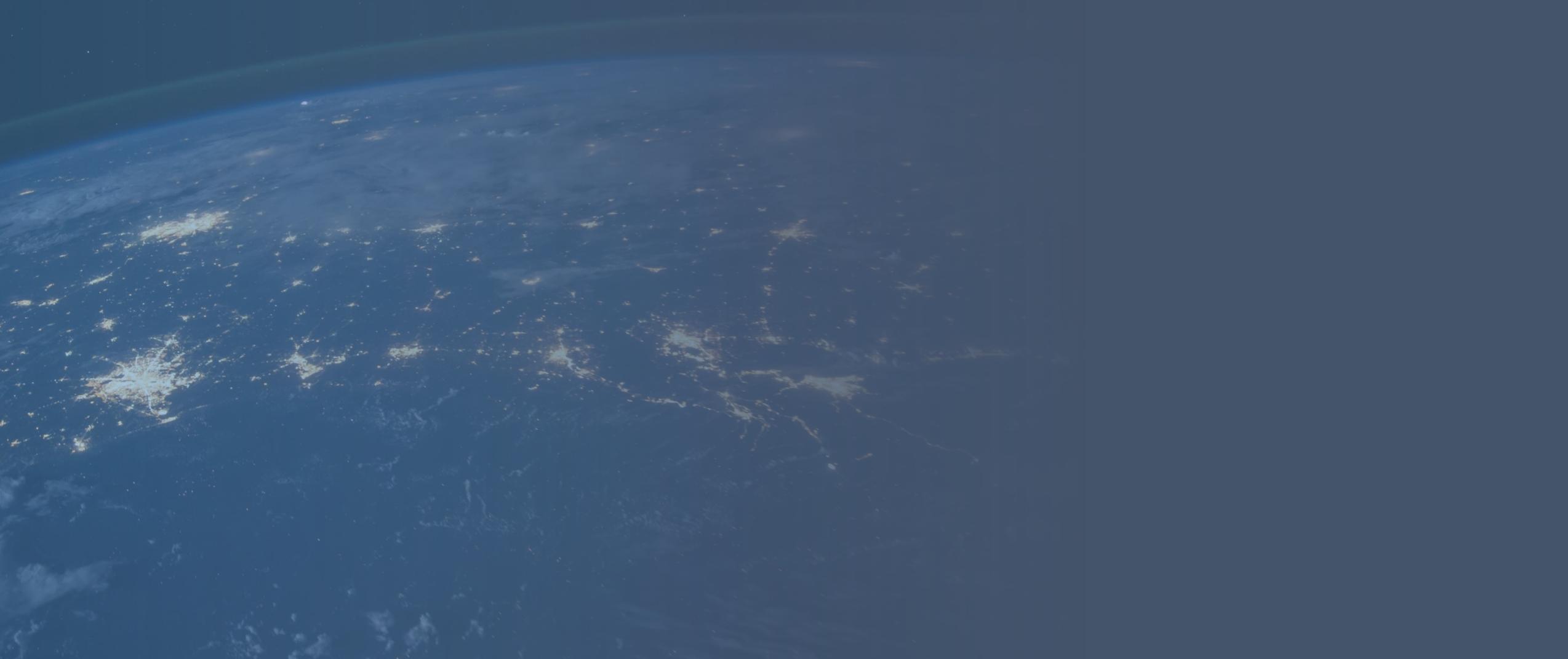
Objetivos

O Plano se propõe a
**construir consensos em torno de
grandes questões e caminhos**
para o setor energético nacional

Que movimentos devemos iniciar agora
para colher frutos daqui a 15, 20, 30 anos
Qual o papel da energia no desenvolvimento
econômico e social que o Brasil almeja



Condicionantes



Condicionantes

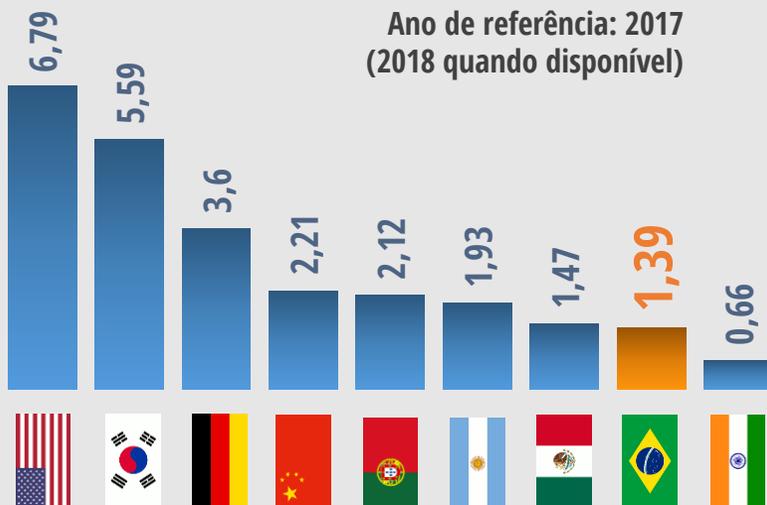
O requisitos de desenvolvimento do país levam ao **aumento da demanda por energia**, mesmo com ganhos de eficiência

2,2 vezes a demanda **energética** de 2015

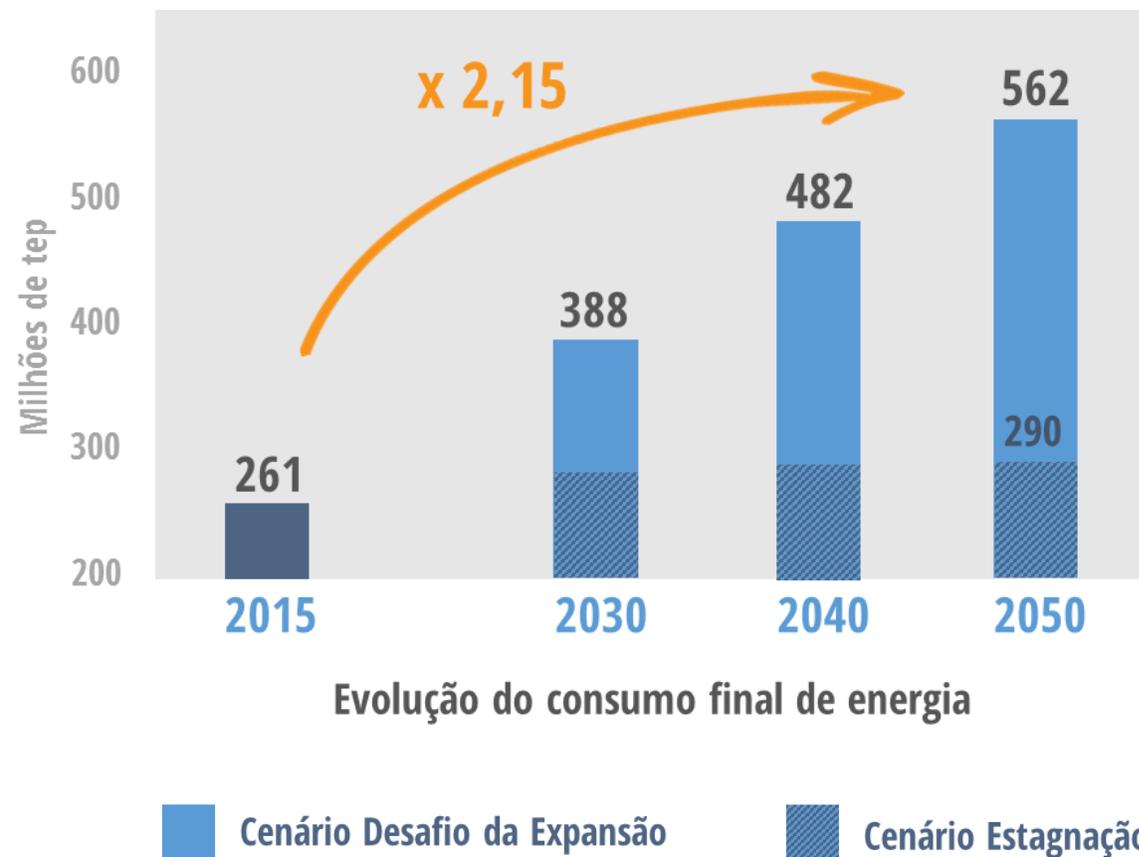
3,3 vezes a demanda **elétrica** de 2015

Oferta de energia per capita

Ano de referência: 2017
(2018 quando disponível)



Fonte: Agência Internacional de Energia

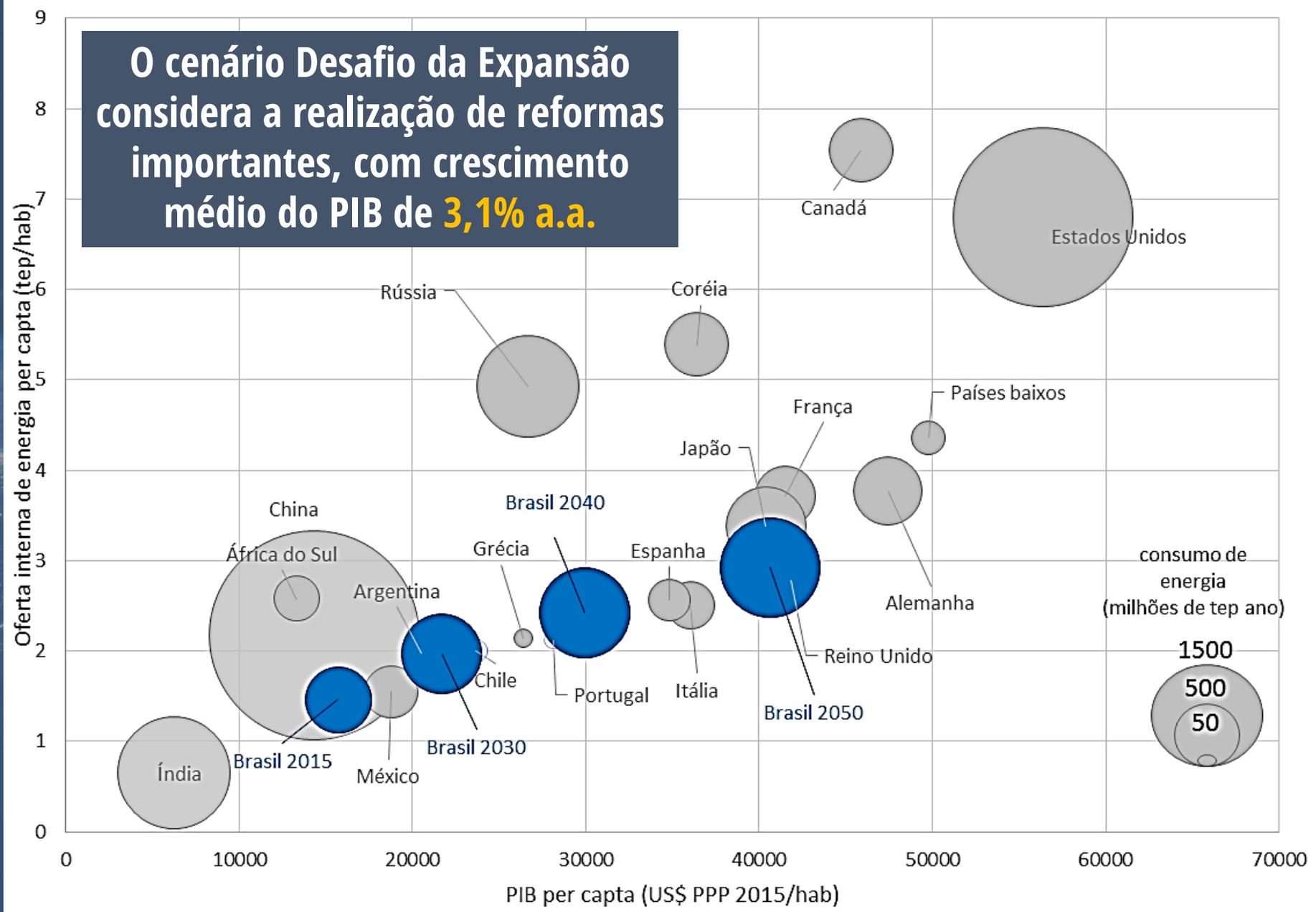


Evolução do consumo final de energia

Cenário Desafio da Expansão

Cenário Estagnação

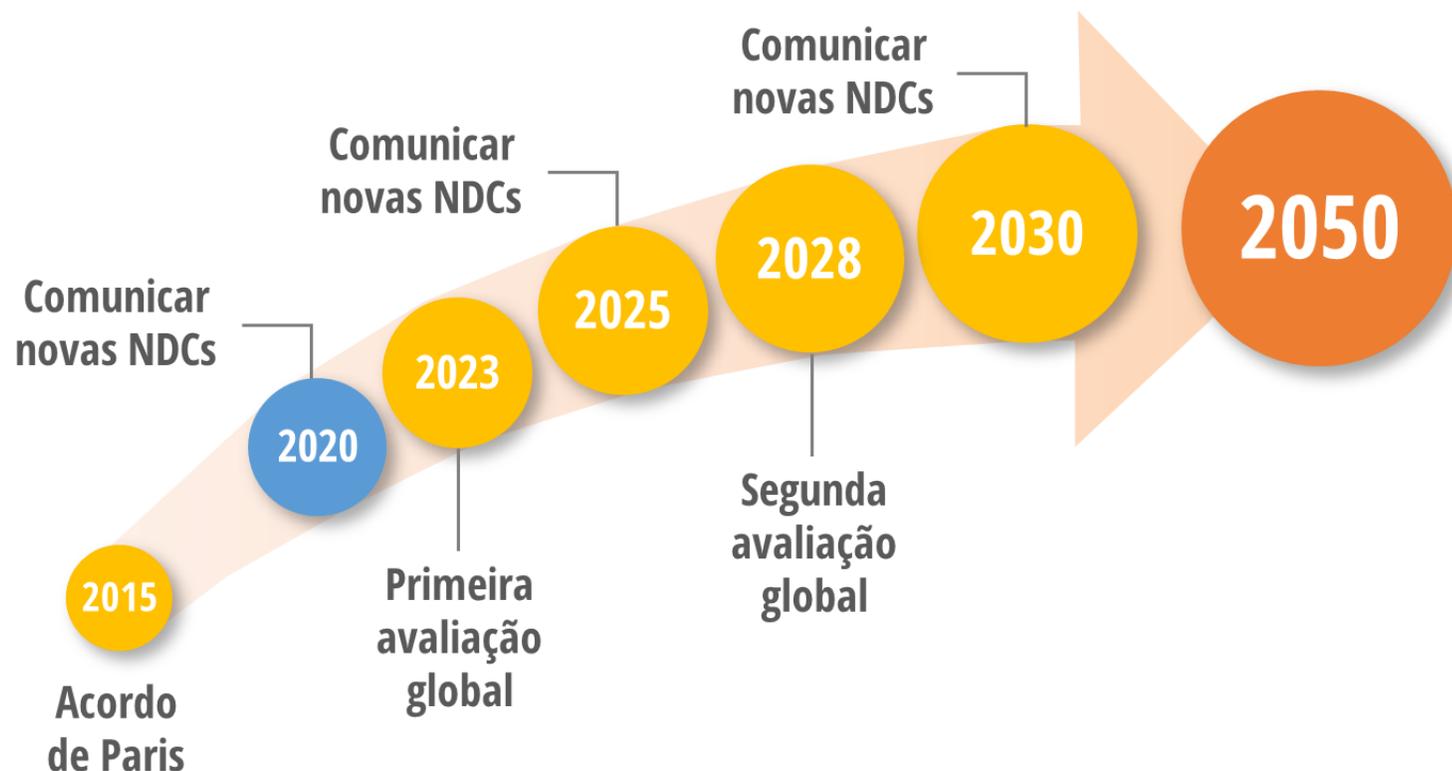
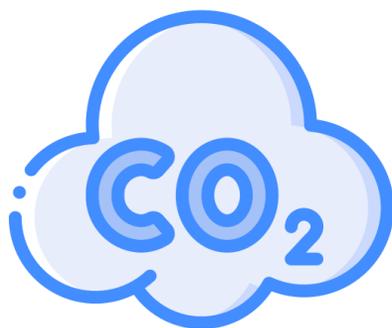
O cenário Desafio da Expansão considera a realização de reformas importantes, com crescimento médio do PIB de **3,1% a.a.**



Condicionantes

Os sistemas energéticos devem seguir um processo de **redução da intensidade de carbono**, numa transição energética marcada pela forte competição.

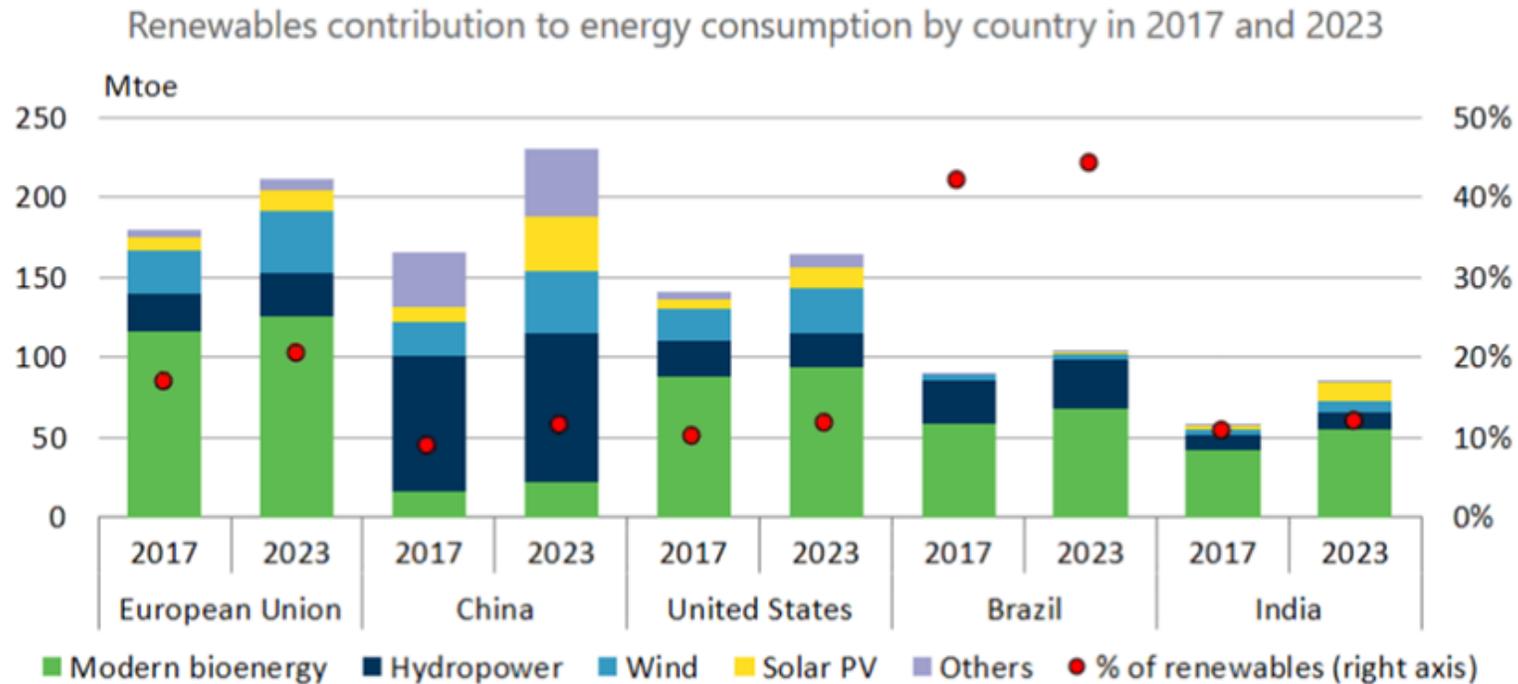
A **agenda climática** deve influenciar cada vez mais o comércio e as relações internacionais.



Condicionantes

O setor energético brasileiro é hoje um dos **mais renováveis** entre as grandes economias.

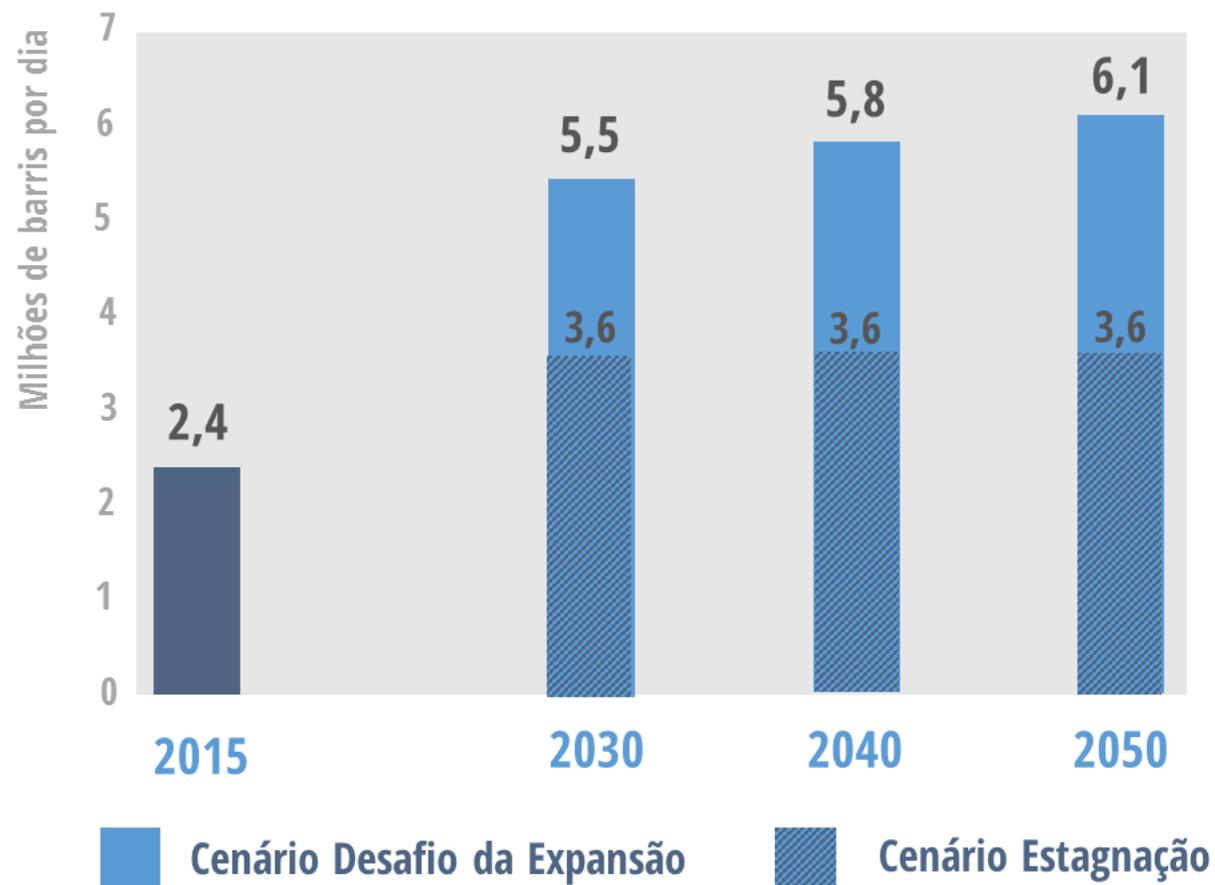
Esse diferencial deve ser mantido como um **ativo geopolítico**, embora não seja garantia de sucesso na transição energética.



Condicionantes

No horizonte 2050, embora o sistema esteja em transformação, o **petróleo** continua ainda sendo fonte indispensável no Brasil e no mundo.

O Brasil aspira se firmar como **relevante exportador**, com contratações ao longo da atual década, embora a evolução da transição energética e disputas geopolíticas possam representar riscos e barreiras para essa trajetória.



Condicionantes

Há um **corrida tecnológica**, com diversas rotas e alternativas em disputa para assumir papel relevante na transição energética, com perspectivas de uma indústria emergente coexistindo e eventualmente substituindo a indústria tradicional de energia.

Destaques para a eletrificação de usos finais (destaque para setor de transportes), baterias e outras formas de armazenamento, soluções à base de hidrogênio e combustíveis sintetizados, biocombustíveis avançados, captura e uso de carbono, novos reatores nucleares, geoengenharia, entre outros.

A aceleração nos ganhos de competitividade em razão da curva de aprendizado, economias de escala e escopo, bem como inovações tecnológicas, assim como políticas de subsídios e precificação de carbono, afetarão as soluções predominantes, **redesenhando as relações internacionais e econômicas.**

Condicionantes

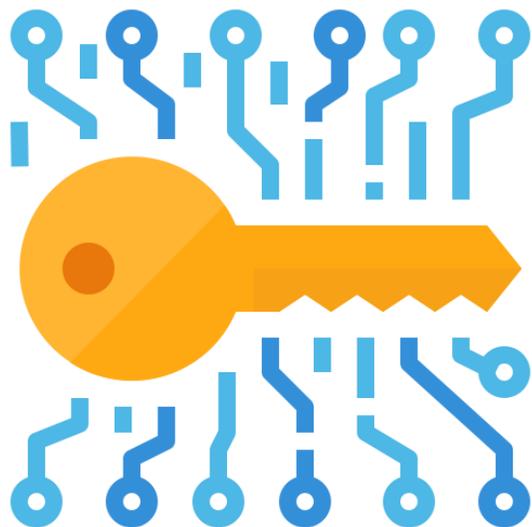
O Brasil está em posição de destaque quanto à **biotecnologia** e **bioenergia**.



Condicionantes

A economia e o setor energético passam por uma **revolução digital**, combinando estratégias estatais e forças de mercado, ampliando a conectividade e introduzindo aplicações de inteligência artificial e outras tecnologias.

O Brasil está atrasado em relação a países desenvolvidos na criação desse mercado, embora haja startups e aplicações pioneiras no país.



A digitalização requer investimentos em infraestrutura e software, com potencial de elevados **ganhos de eficiência e competitividade**, assim como alterando o mercado de trabalho.

A **segurança cibernética** será uma questão cada vez mais relevante.

Digitalização na produção e uso de energia

- ✓ **Redes inteligentes:** melhora na capacidade de observação, controle dos ativos, análise de desempenho e sistemas responsivos a variações de preços.
- ✓ **Segurança da informação** e riscos associados à vulnerabilidade a ataques cibernéticos
- ✓ Incremento na **eficiência** de unidades consumidoras

Comportamento do Consumidor de Energia

- ✓ Aparelhos com sensores e capacidade de comunicação irão revelar as **preferências individuais do consumidor**
- ✓ Apoiado pela tecnologia, o **consumidor será mais responsivo aos sinais de preços**, aumentando a eficiência econômica
- ✓ **Aumento da diversidade de agentes** a partir dos novos modelos de negócio e da adequação dos desenhos de mercado e regulação



Descentralização

- ✓ **Indústria 4.0** com maior utilização de sistemas digitais que possuem autonomia para tomada de decisões.
- ✓ **Blockchain**, utiliza descentralização como medida de segurança e potencializa a realização de transações *peer-to-peer*
 - ✓ Aumento do número de decisões descentralizadas no setor energético, trazendo **mais complexidade e desafios** ao planejamento.

Economia do Compartilhamento

- ✓ Modelo de consumo de bens e serviços baseado no compartilhamento entre indivíduos (*peer-to-peer*), conectados através de uma plataforma online
- ✓ Possibilidade substituição da propriedade e da compra pelo **acesso** ou **aluguel temporário**.
- ✓ Transporte: **mobilidade como serviço** e a **mobilidade compartilhada**.

Pontos fortes



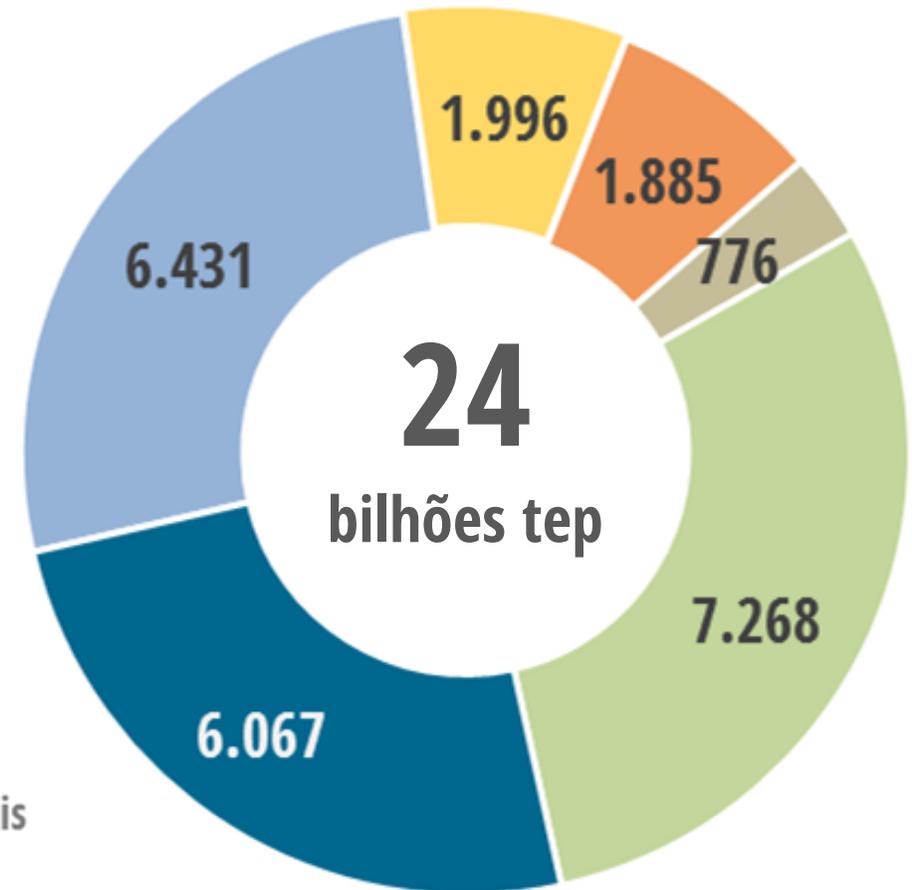
Pontos fortes



Abundância e diversidade de recursos energéticos, tanto fósseis como renováveis. Os recursos superam largamente a demanda interna.

Só a parcela dos recursos mais facilmente acessíveis representa 60% a mais do que toda a demanda do período, de 15 bilhões de tep.

- Petróleo
- Carvão Mineral
- Urânio
- Gás Natural
- Biomassa
- Demais Renováveis



Pontos fortes



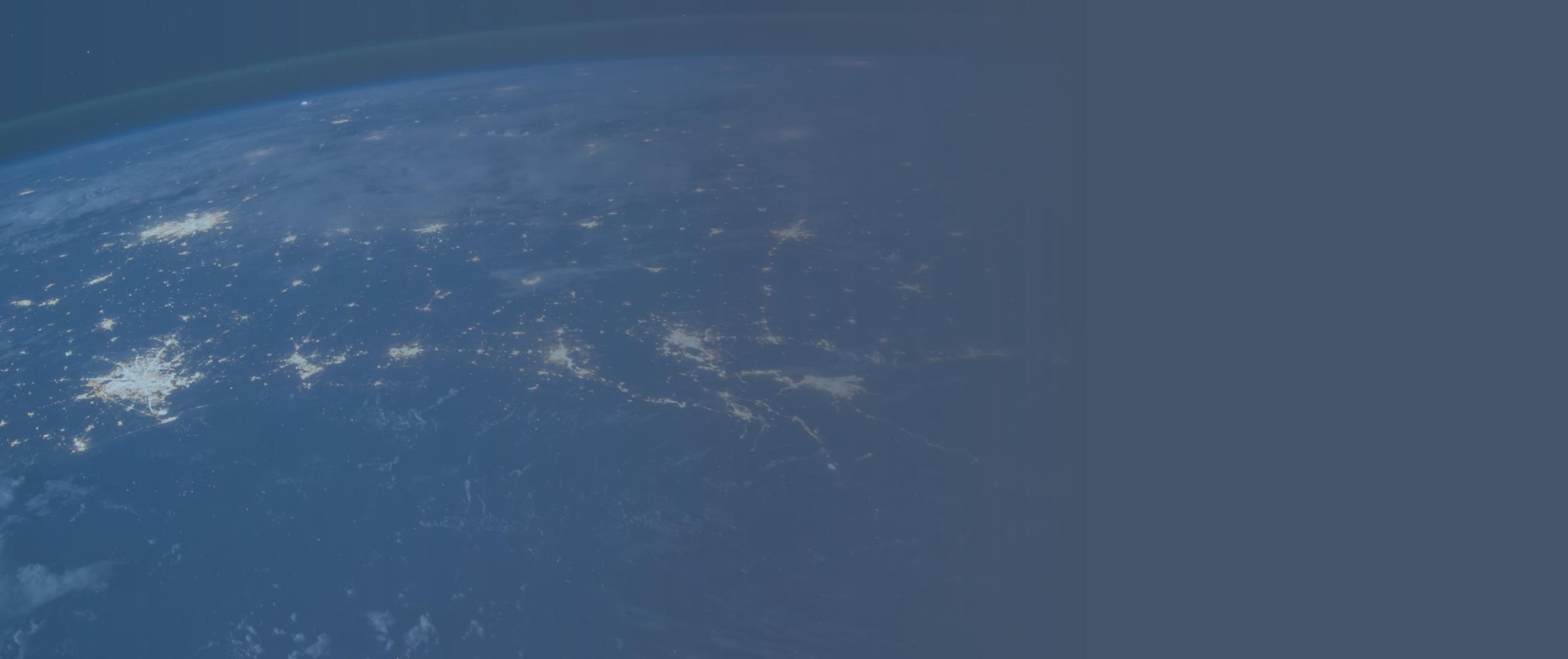
- 7 Há uma indústria de **biocombustíveis** instalada no país, competitiva e que reduz a dependência dos derivados de petróleo, além de contribuir para a descarbonização da economia.
- 7 Enorme parque hidrelétrico com **grandes reservatórios** e um **sistema nacional interligado** são grandes facilitadores da integração das fontes eólica e solar fotovoltaica, reduzindo os custos totais.
- 7 Brasil é um dos poucos países que além de possuir **reservas de urânio**, domina o ciclo do **combustível nuclear**.
- 7 Brasil possui consideráveis recursos de **petróleo e gás natural**, bem como acesso a tecnologias para exploração e produção.

Pontos fortes



- 7 O Brasil é um país que tem **escala de mercado** doméstico, fator de atração de investimentos.
- 7 Constituída **capacidade institucional** de planejamento, formulação de políticas e regulação no setor de energia, embora com limitações e importantes oportunidades de melhoria.
- 7 Brasil tem alternativas energéticas que podem ser compatíveis tanto com a estratégia dos EUA como da China e da Europa, **não precisando o país assumir um alinhamento automático com qualquer desses polos.**
- 7 Experiência em **programas públicos de P&D e Eficiência Energética**, embora com limitações e importantes oportunidades de melhoria.

Vulnerabilidades



Vulnerabilidades



- 7 O Brasil convive com elevada **ineficiência energética sistêmica**, por razões como a predominância do modal rodoviário, a limitada infraestrutura urbana, a elevada ocorrência de perdas comerciais nas redes elétricas, padrão construtivo frequentemente inadequado.
- 7 A **integração energética** do Brasil com seus vizinhos é limitada, embora haja experiências de maior relevância, como Itaipu e gasoduto Brasil-Bolívia.
- 7 Mercado de GNL vem se globalizando e crescendo, sendo que o Brasil participa como **importador para balanço de demanda flexível/interruptível**.
- 7 Brasil é **importador de diesel**, sendo que a elevada participação do modal rodoviário e o parque de refino do país indicam que tal dependência deve se manter.

Vulnerabilidades



- ⌋ **Necessidade de reformas** nos principais mercados de energia visando a dar maior dinamismo e melhorar a alocação de custos, riscos e benefícios.
- ⌋ O país ainda tem **infraestrutura e mercado de gás natural incipientes**.
- ⌋ Hidrelétricas e biomassa, partes relevantes da matriz, são **vulneráveis a fenômenos climáticos severos**, podendo ser cada vez mais amplificados pelas mudanças climáticas.
- ⌋ **Atraso no processo de digitalização** dos sistemas de energia em relação a economias mais desenvolvidas.
- ⌋ **Desafios na ampliação da capacidade nuclear**, bem como na mineração de urânio.

Visão



1

Promover o melhor uso dos recursos energéticos nacionais

2

sob desenhos de mercados competitivos e efetiva governança institucional,

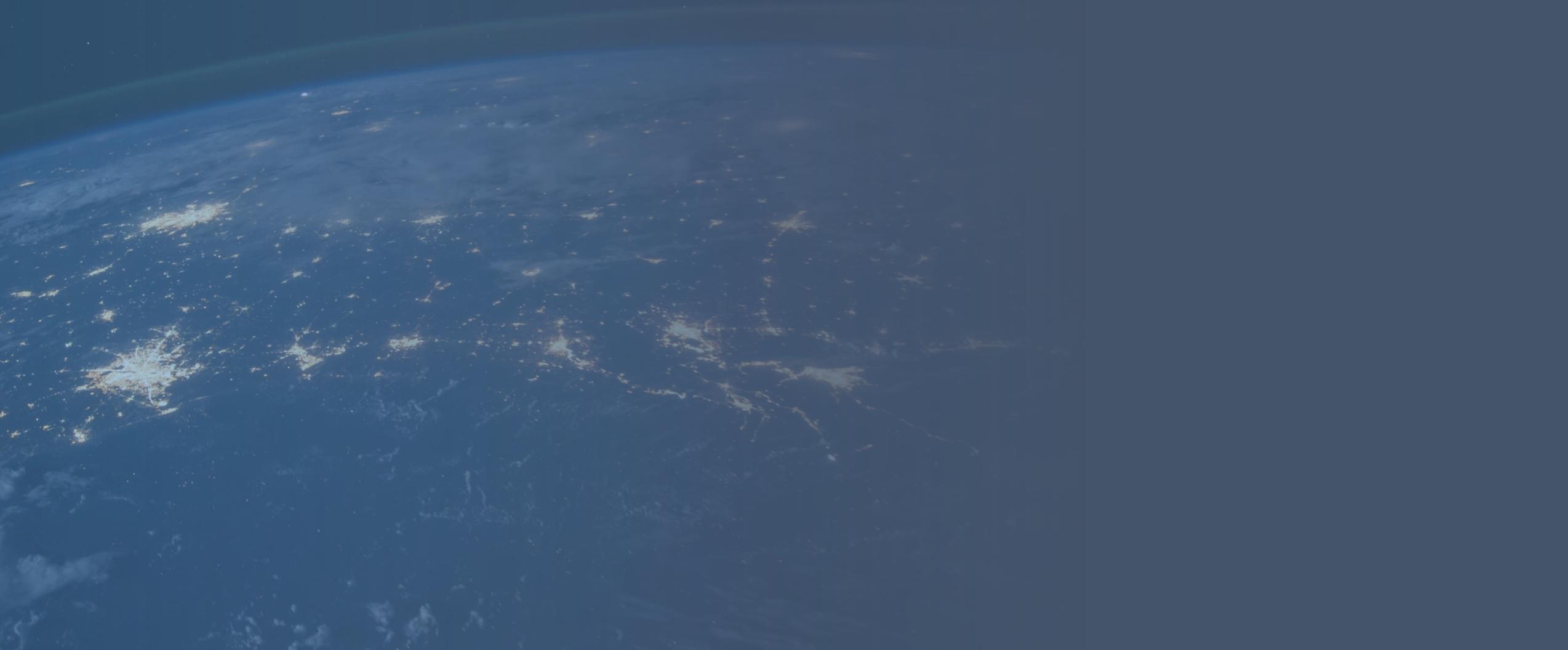
3

que permitam a inserção de inovações e a transição energética,

4

a fim de construir o desenvolvimento sustentável de longo prazo do Brasil.

Diretrizes estratégicas



Diretrizes estratégicas

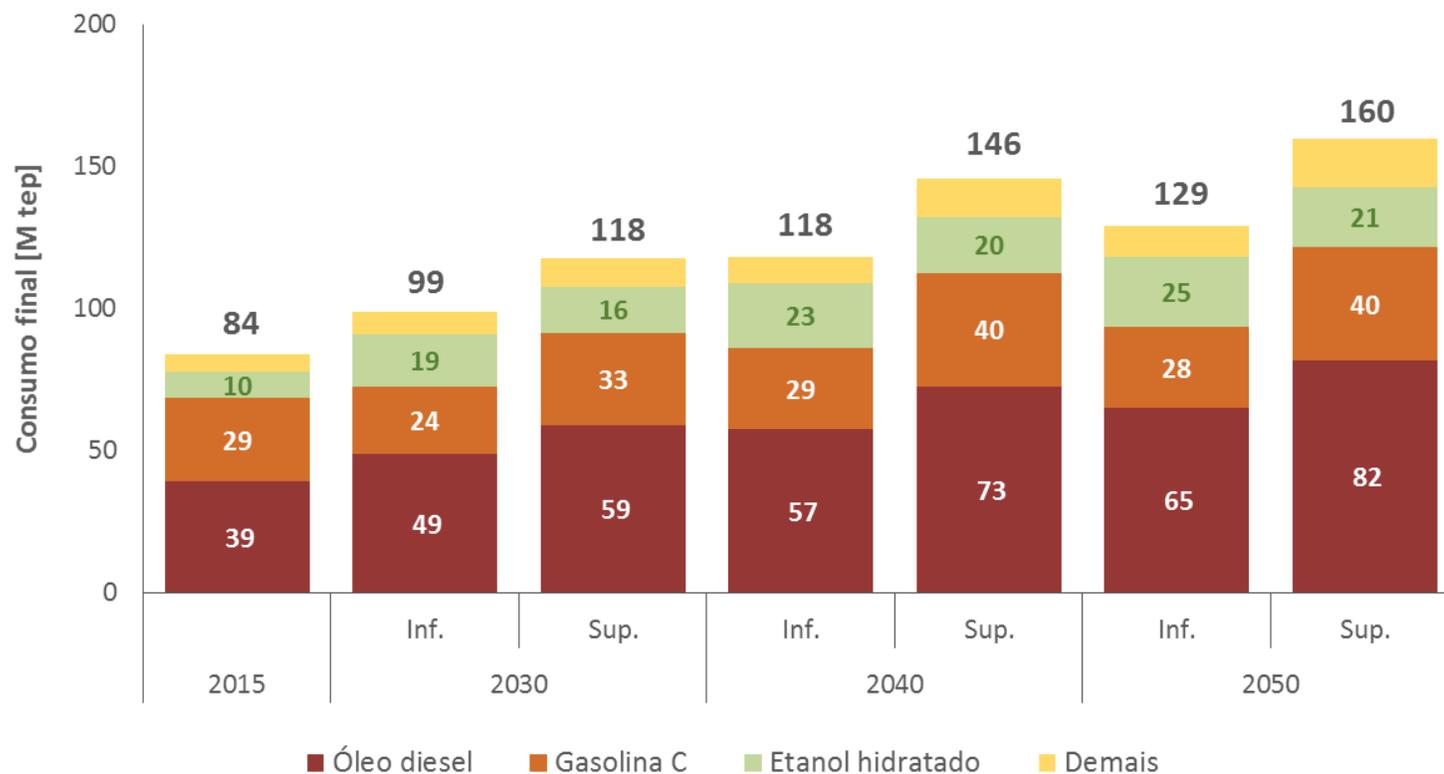


- Manter foco no **aproveitamento dos recursos de petróleo**, ampliando a exportação, mas se preparando para eventuais instabilidades no mercado e guerras de preços.
- Pelo lado da demanda, a **substituição gradual de derivados de petróleo** por outros combustíveis, somada a mudanças no uso de energia, deve desacelerar o crescimento dessa indústria. Embora o ritmo seja incerto, deve perdurar por algumas décadas, em razão de toda a infraestrutura envolvida.
- Atentar para oportunidades de investimento no país que a indústria do petróleo possa fazer visando a **compensar suas emissões** e desenvolver novas soluções de baixo carbono para a transição energética.

Diretrizes estratégicas



Evolução da participação dos principais derivados no consumo final no setor de transportes



A demanda por **gasolina** perde importância, de 35% da demanda em 2015 para 25% no cenário Desafio da Expansão (22% no cenário de Estagnação).

O **etanol** e a **eletricidade** aumentam sua participação, apesar de a eletricidade continuar pouco expressiva em 2050 (1,4% da demanda em ambos os cenários).

O óleo **diesel** utilizado no transporte rodoviário de cargas aumenta sua já elevada representatividade, de 47% em 2015 para 51% em 2050 em ambos os cenários.

→ Oportunidade para **biodiesel**, **HVO (diesel verde)** e **gás**



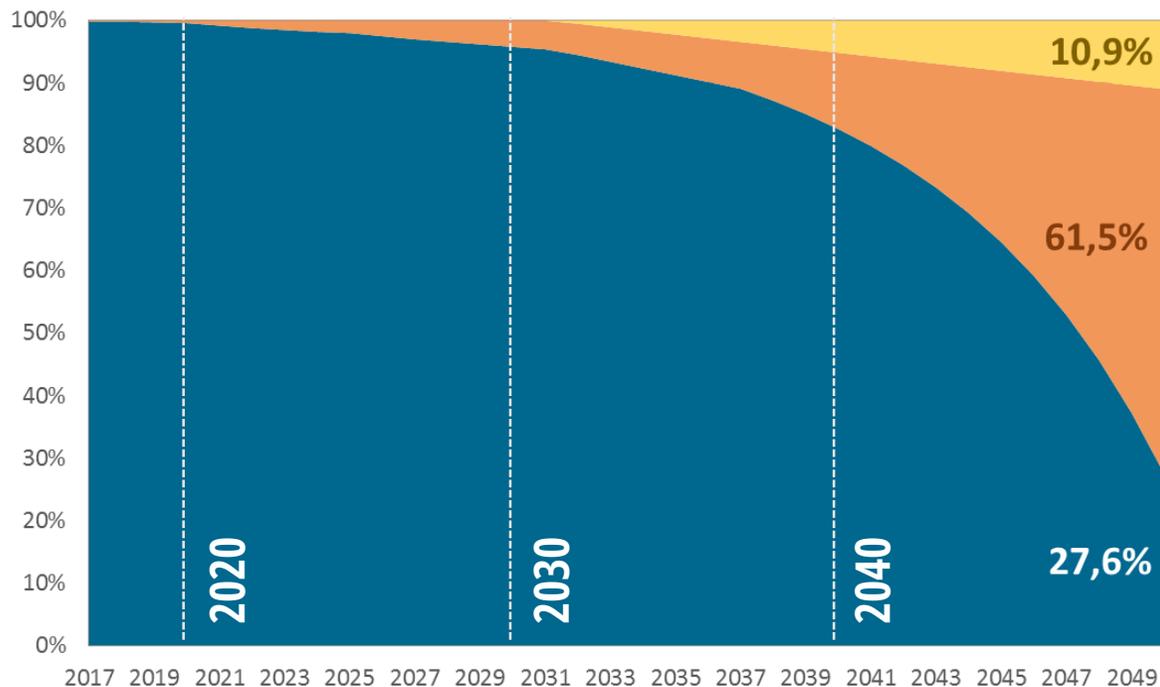
- 7 Preservar e fortalecer o papel da **bioenergia** e a proeminência do Brasil em **biotecnologia** aplicada ao setor energético, trabalhando para evitar trancamentos tecnológicos que inviabilizem o desenvolvimento e aproveitamento desse potencial no país e em outros mercados, com benefícios na descarbonização da matriz.
- 7 **Eletrificação no setor de transportes a partir de nichos**, como ônibus urbanos e frotas cativas, com maiores externalidades positivas e evitando custos de subsídios.
- 7 Aproveitamento energético competitivo de **resíduos da agropecuária** com produção descentralizada de biogás/biometano e bioeletricidade

Diretrizes estratégicas

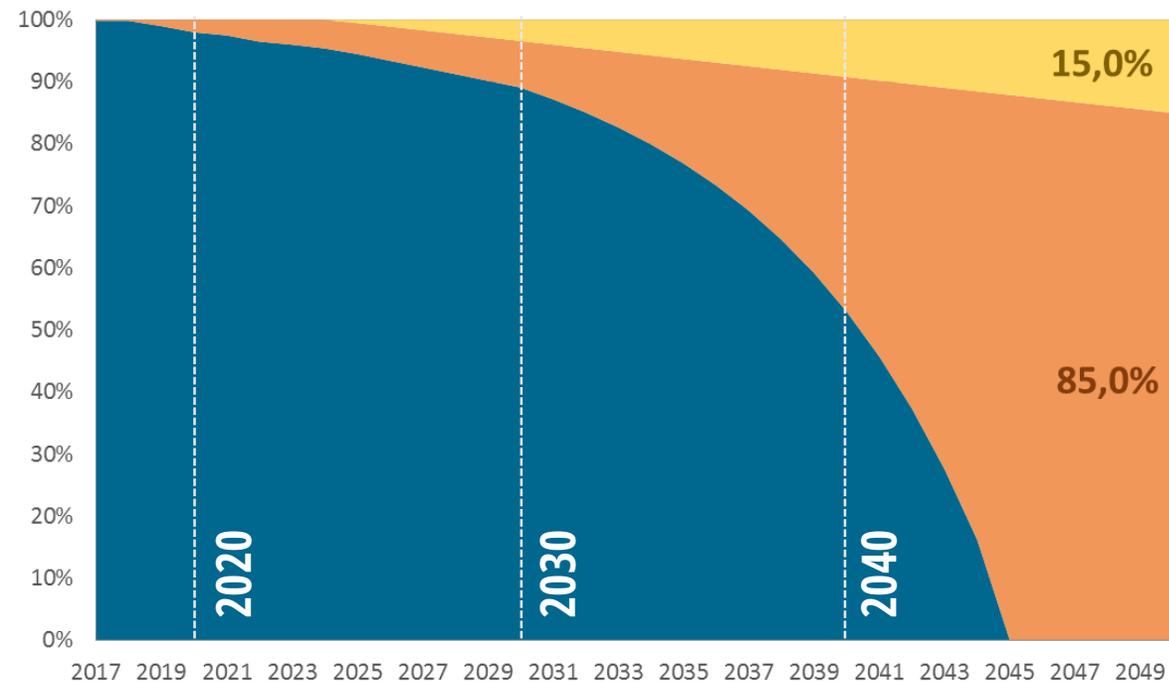


Curva de penetração de tecnologias na frota

Hibridização Progressiva



Maior Eletromobilidade

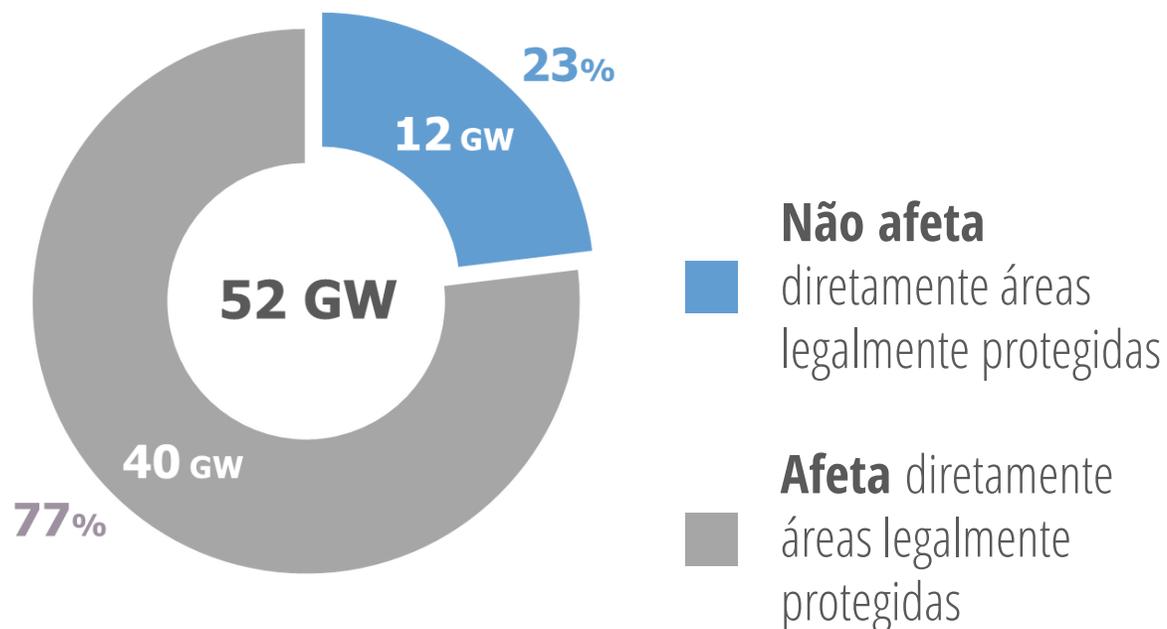


■ Combustão Interna ■ Híbridos ■ Veículos Elétricos

Diretrizes estratégicas



- 7 Cuidar da **modernização do parque hidrelétrico existente** e a gestão das restrições operativas e ambientais.
- 7 Maior expansão requer dispor de áreas legalmente protegidas e ampliação de instrumentos de negociação para aumentar aceitabilidade social.



55 GW

de parque existente com +25 anos desde a construção
(idade média de 53 anos)



Repotenciação:
redução do custo final

Diretrizes estratégicas



- 7 Envidar esforços na **expansão e modernização de ativos de transmissão**, de forma a aumentar a resiliência do sistema elétrico e tirar o melhor proveito dos recursos energéticos do país.
- 7 Manter matriz elétrica de baixo carbono, garantindo as condições para **substancial a integração das fontes eólica e solar fotovoltaica** no sistema elétrico, bem como dos **recursos energéticos distribuídos**, atentando para os requisitos de flexibilidade e zelando para que os investimentos estejam orientados ao “ótimo” sistêmico.
- 7 Promover condições para **substituição de geração a diesel nos sistemas isolados**, buscando o aproveitamento de recursos locais

Diretrizes estratégicas



- 7 Promover o desenvolvimento eficiente do **mercado e infraestrutura de gás natural**, identificando futuras sinergias possíveis com soluções emergentes, tais como o hidrogênio e setores industriais estratégicos (ex.: fertilizantes, relacionado a segurança alimentar)

**Novo
Mercado
de Gás**

→ **Implementa
agora** ----->

- ✓ Melhores possibilidades de aproveitamento do gás nacional
- ✓ Reduz riscos na integração de renováveis
- ✓ Investimentos significativos em infraestrutura

→ **Não
Implementa
agora** ----->

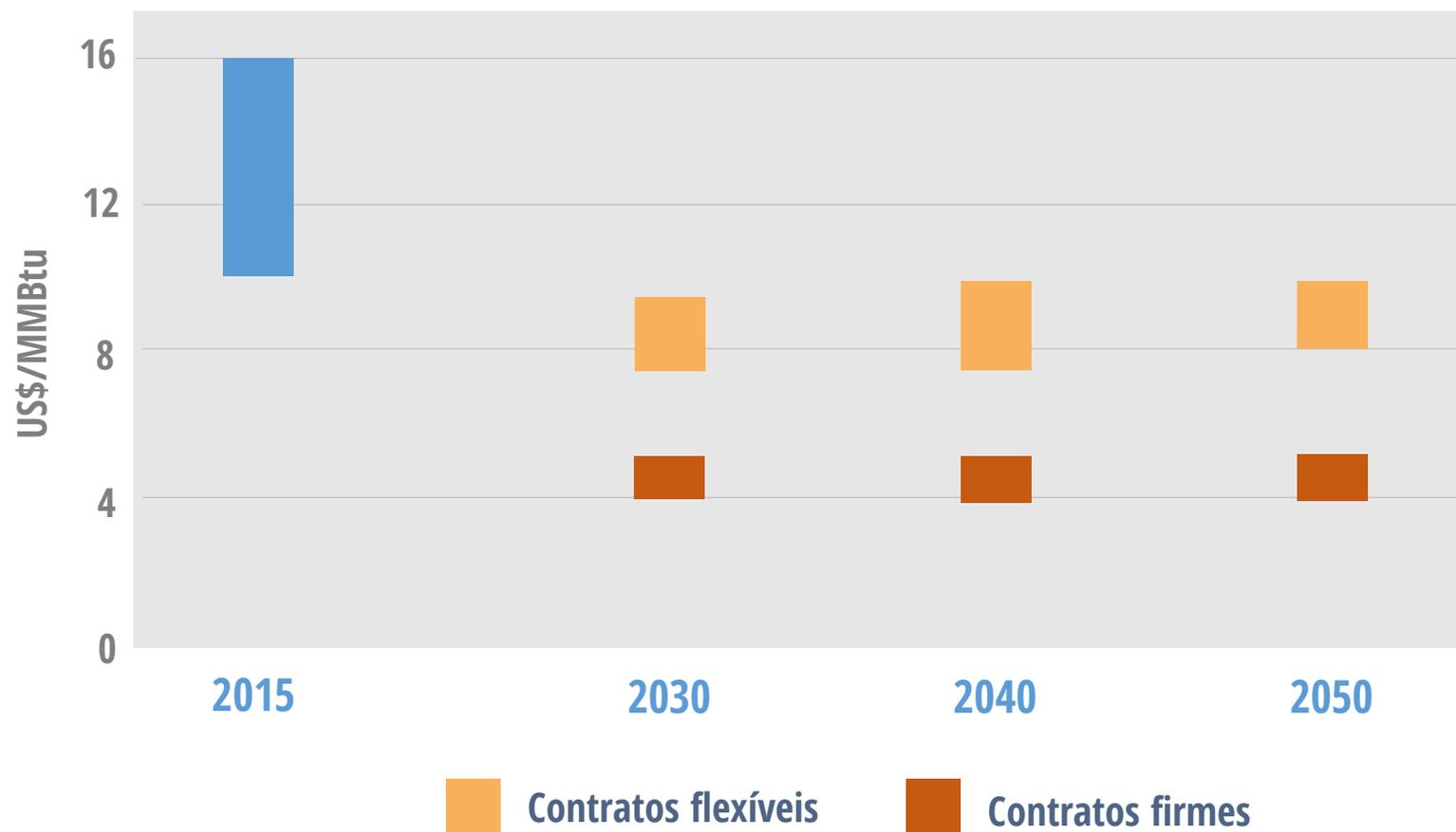
- ✓ Brasil mais dependente de tecnologias incipientes e mais caras
- ✓ Foco em tecnologias emergentes, aliando-se a países que trabalham para acelerar o desenvolvimento de substitutos renováveis

Diretrizes estratégicas



Faixa de preço do gás natural para diversos tipos de clientes

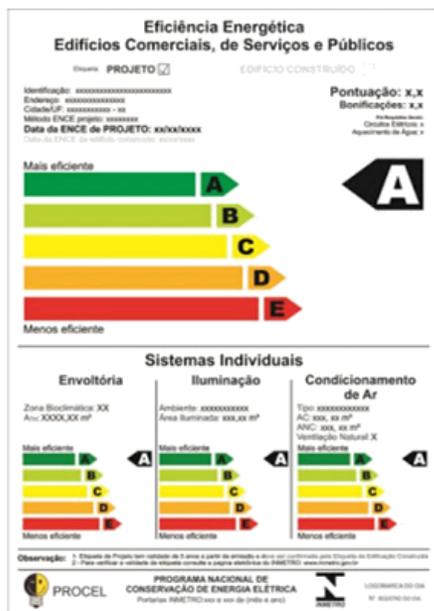
Como resultado do **Novo Mercado de Gás**, estima-se que os preços finais do gás natural estejam na faixa de US\$ 4 a 5/MMBtu para os contratos firmes e de US\$ 8 a 10/MMBtu para os contratos flexíveis em 2050



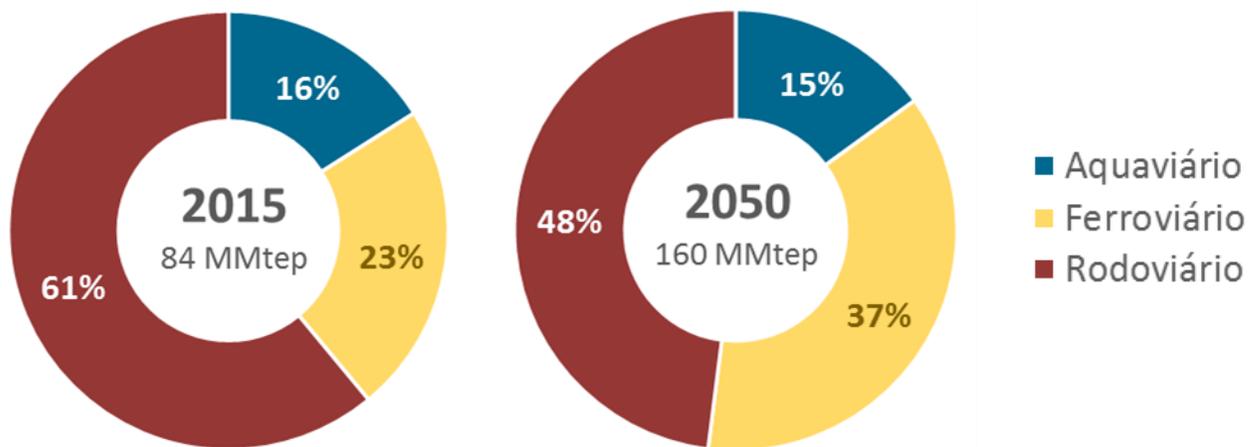
Diretrizes estratégicas



Investir em **eficiência energética sistêmica** e **ganhos incrementais** na indústria, edificações, transportes e saneamento → aperfeiçoando governança institucional, aumentando cooperação das esferas federal, estadual e municipal, novos instrumentos de mercado e regulação, avanço nos padrões mínimos e digitalização.



Composição do consumo final por modo no transporte de cargas





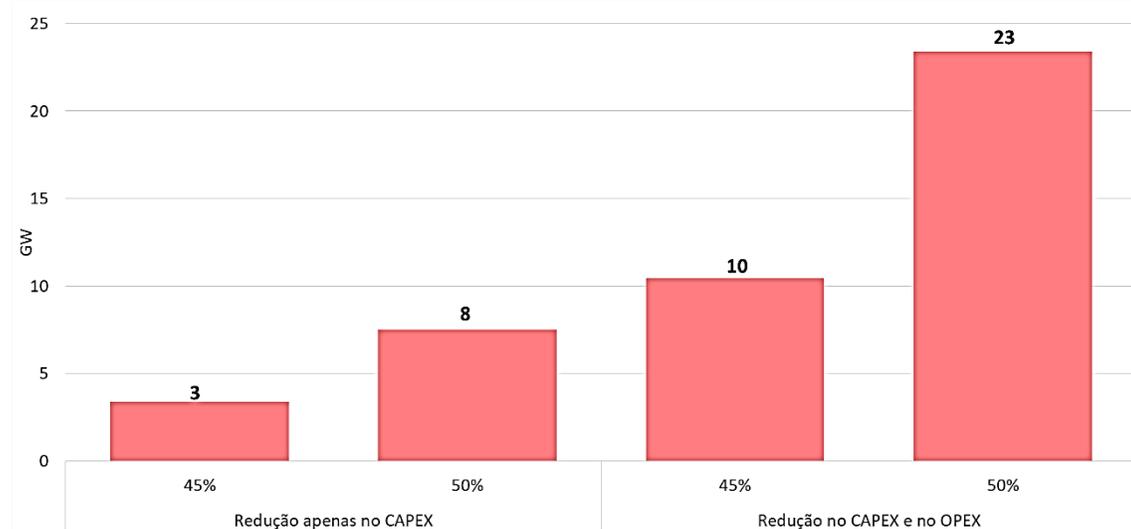
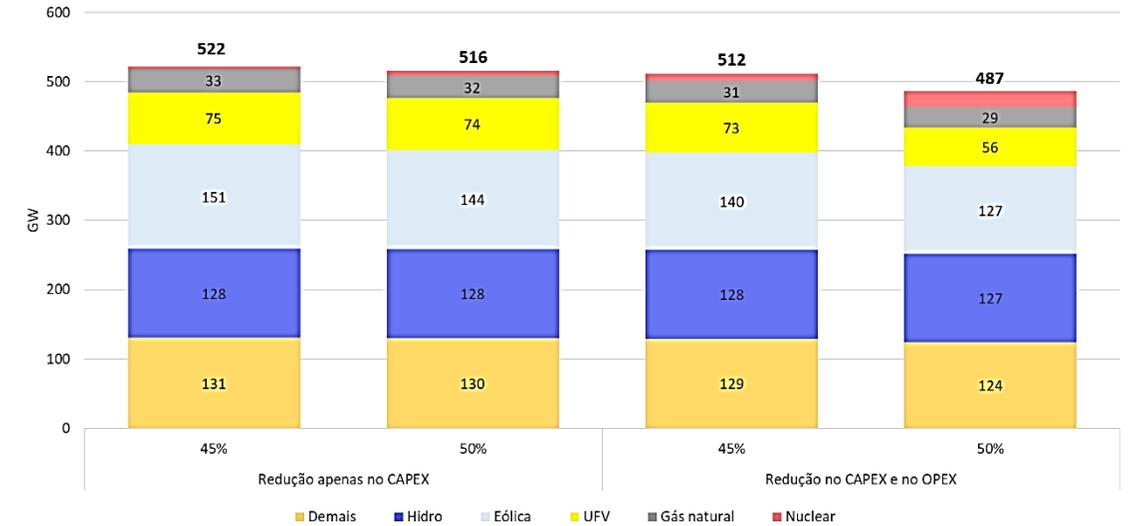
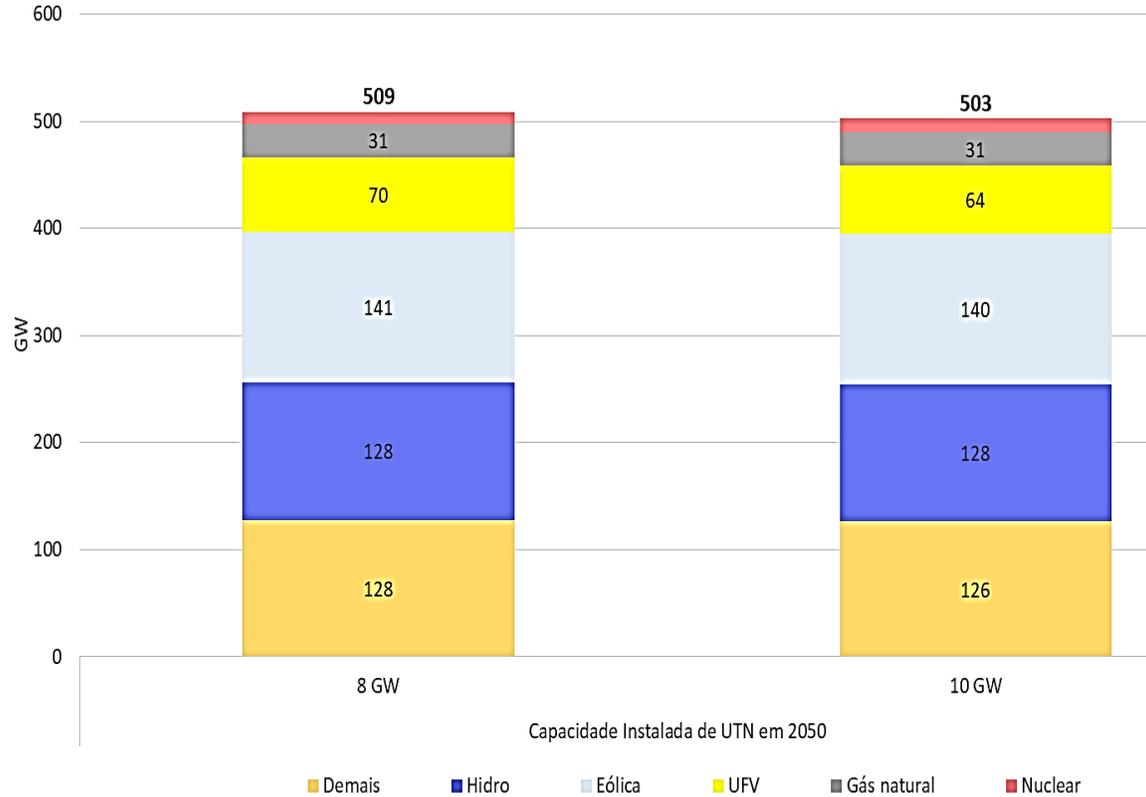
- 7 Orientar esforços na viabilização de **novas usinas nucleares**, buscando sinergias e externalidades em outros usos da tecnologia nuclear, bem como avaliando o compartilhamento de custos e benefícios e atentando para o processo de comunicação com a sociedade.

*“É preciso avaliar a expansão da geração nuclear considerando-se igualmente aspectos relacionados a uma política energética vinculada à **Política Nuclear Brasileira**. Esta política energética, por sua vez, deve estar baseada em uma análise de custo-benefício mais geral não restrita apenas a seus serviços no setor elétrico (incluindo-se possíveis ganhos de escala), mas também às **economias de escopo** em atividades como defesa (submarino de propulsão nuclear), medicina nuclear (equipamentos de diagnósticos, radiofármacos, etc.), agricultura (controle de pragas, irradiação de alimentos, etc.), entre outros. Em outras palavras, é preciso estimar os efeitos de **transbordamentos econômicos e tecnológicos** (spillovers) e de compartilhamento de custos do complexo nuclear, os quais poderiam justificar decisões de políticas públicas para catalisar a expansão da geração nuclear e outras atividades do complexo nuclear. Tratar-se-ia, nesse sentido, de uma lógica de minimizar o máximo arrependimento (um valor de opção, como um seguro), **assegurando expertise e posicionamento estratégico** nesse mercado de alto conteúdo tecnológico. Alguns países (EUA, Reino Unido e França, por exemplo) têm adotado essa estratégia, reconhecendo a relevância que a nuclear pode ter em um mundo com restrição de carbono.”*

Diretrizes estratégicas



Expansão da geração nuclear via Política Nuclear Brasileira (8-10 GW)



Diretrizes estratégicas



- 7 Emissões do parque termelétrico a carvão limitadas ao patamar atual (histórico), mas buscando articulação com políticas voltadas ao fomento de alternativas socioeconômicas para as regiões onde haja elevada dependência da mineração e indústria do carvão.
- 7 Articulação com o setor de saneamento para promoção da recuperação energética de resíduos sólidos urbanos, observando o contexto local e o adequado compartilhamento de custos e benefícios.
- 7 Manter esforços na identificação de oportunidades de integração energética regional visando aumento da resiliência, segurança energética nacional e competitividade.

Diretrizes estratégicas



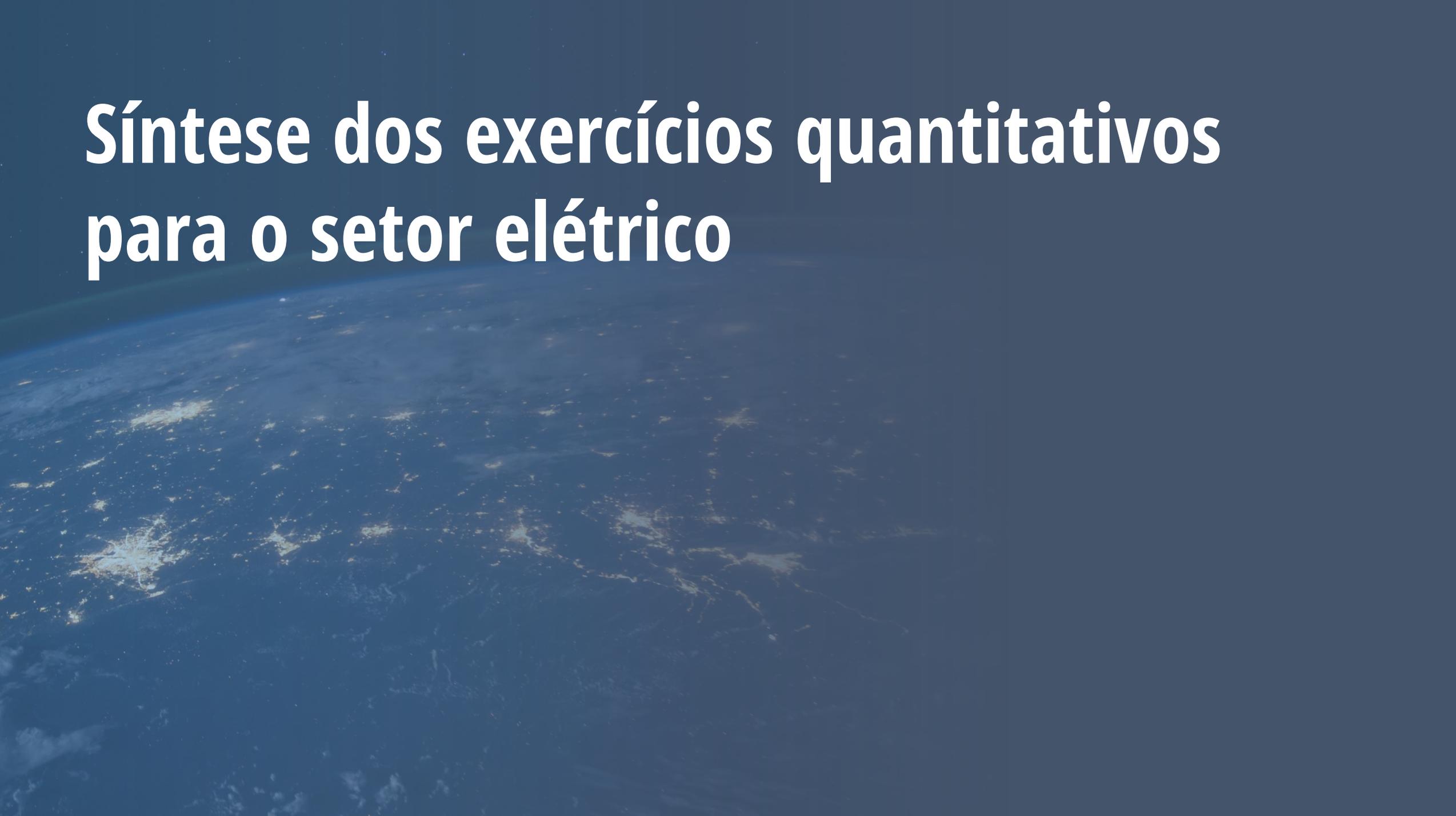
- 7 Envidar esforços para avanço da **digitalização das redes de distribuição**, cuidando para que as políticas e a regulação garantam que os benefícios possam ser efetivamente percebidos, os ganhos de eficiência possam também ser revertidos ao consumidor e que haja ambiente em que novos modelos de negócios possam prosperar.
- 7 Buscar o desenvolvimento de mercado para **aplicações de hidrogênio**, ampliando as perspectivas para novas soluções de descarbonização do sistema energético de uma forma ampla.
- 7 **Articulação com a política de educação** técnica profissionalizante, ensino superior e formação científica

Diretrizes estratégicas

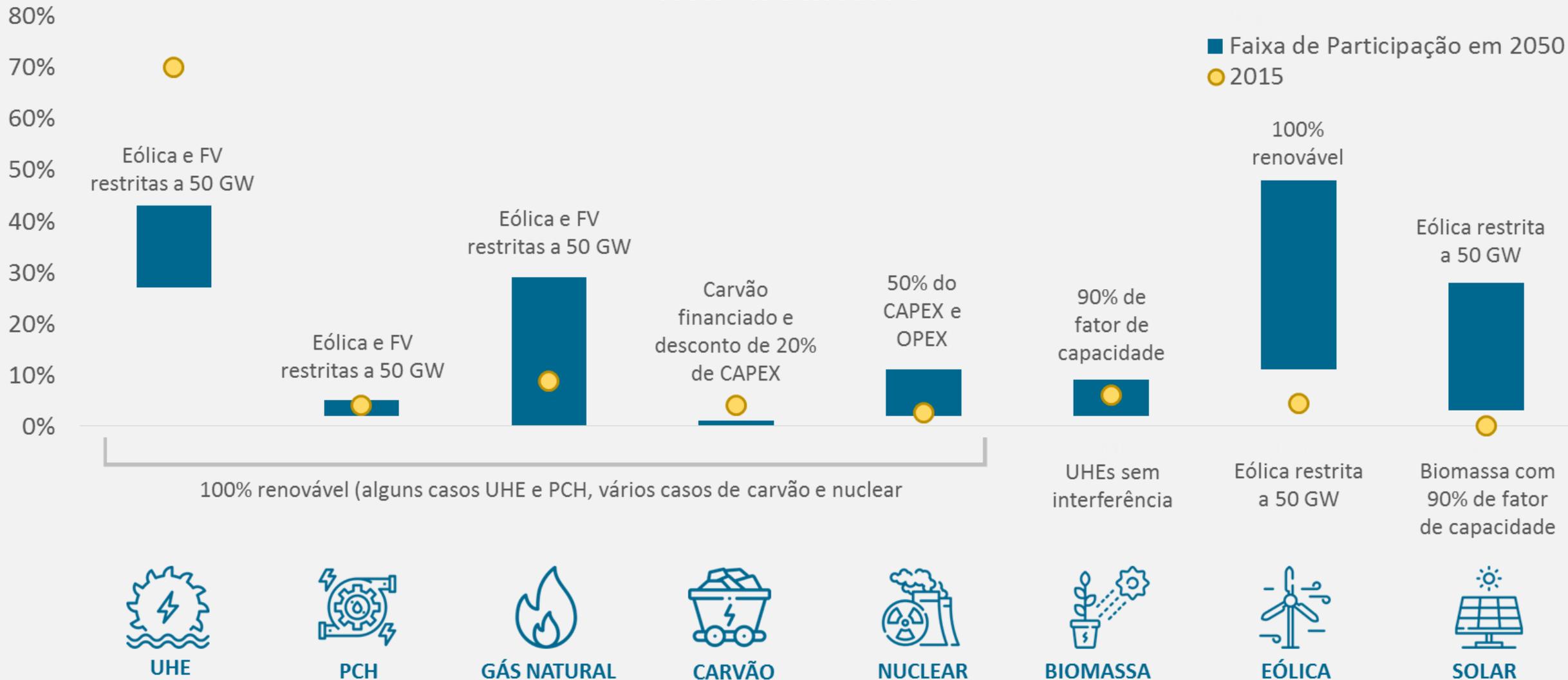


- 7 Implementar reformas para maior abertura e competição no setor energético, viabilizando os investimentos em expansão da infraestrutura, com destaque para o setor elétrico, de gás natural e de abastecimento de combustíveis.
- 7 Investir na **capacidade institucional** de planejamento e regulação no setor energético, como fatores facilitadores da transparência e envolvimento dos stakeholders (empresas, cidadãos, sociedade civil organizada, academia, etc.) e redução de assimetrias de informação nos mercados de energia (disponibilidade de informações confiáveis, abertas e acessíveis).
- 7 Investir na **governança de ciência, tecnologia e inovação em energia**, com monitoramento e transparência nos investimentos e indicadores de desempenho.

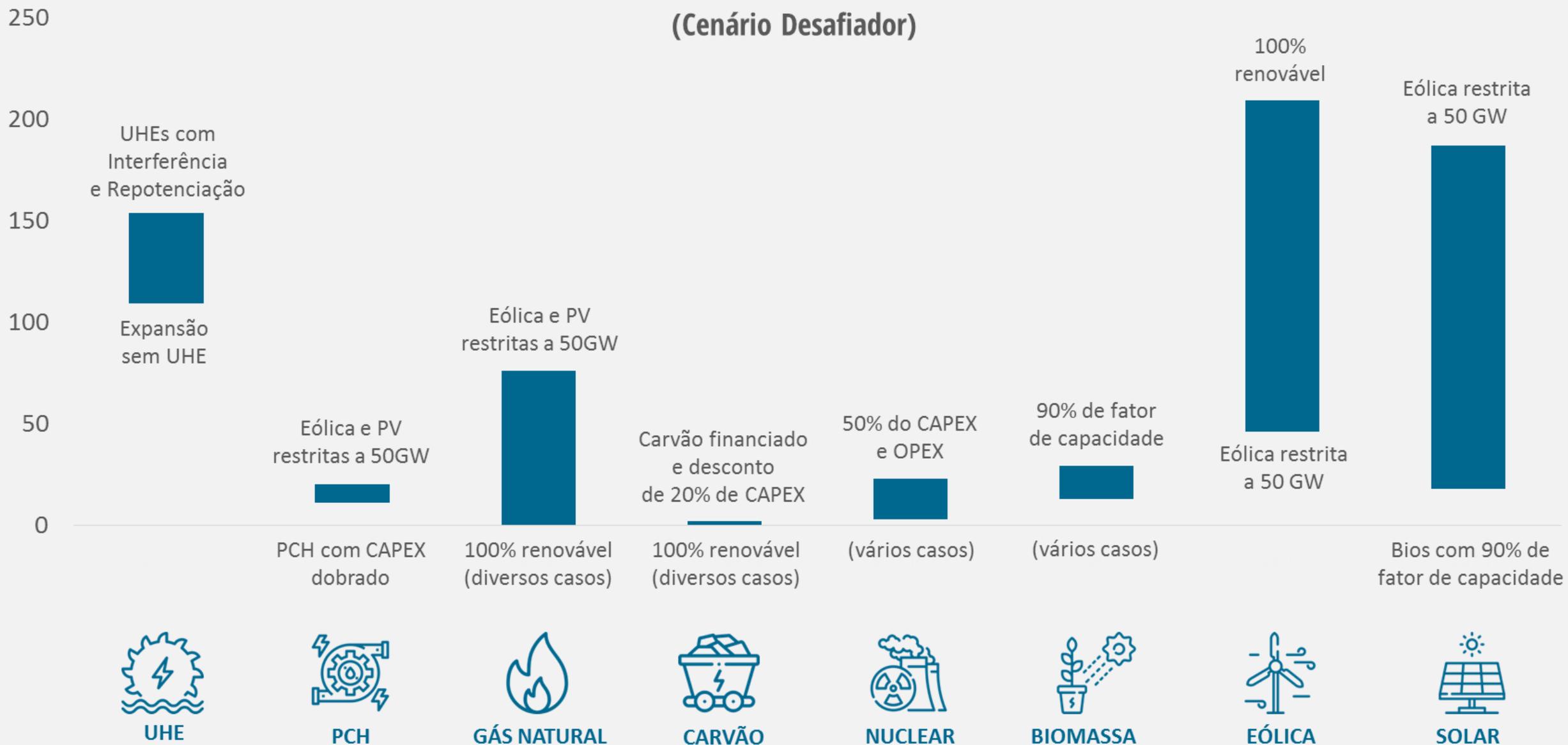
Síntese dos exercícios quantitativos para o setor elétrico

A satellite view of Earth from space, showing the curvature of the planet and city lights at night. The image is dark blue with a thin white line representing the horizon. The text is overlaid on the top left.

Comparação da participação das fontes na geração elétrica em 2015 com suas respectivas faixas de variação em 2050 (%) (Cenários Desafiador)



Faixa de variação da Capacidade Instalada (GW) das fontes em 2050 (Cenário Desafiador)



Faixa de variação da geração de energia (GWmed) das fontes em 2050 (Cenário Desafiador)

120

100

80

60

40

20

0

UHEs com Interferência e Repotenciação



100% renovável

Eólica e PV restritas a 50 GW



Mudanças climáticas sem emissões



UHE



PCH

Eólica e PV restritas a 50 GW



100% renovável (diversos casos)



GÁS NATURAL

Carvão financiado e desconto de 20% de CAPEX



100% renovável (diversos casos)



CARVÃO

50% do CAPEX e OPEX



100% renovável (diversos casos)



NUCLEAR

90% de fator de capacidade



UHEs sem interferência



BIOMASSA

100% renovável



Eólica restrita a 50 GW



EÓLICA

Eólica restrita a 50 GW



Bios com 90% de fator de capacidade



SOLAR

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Obrigado



PNE2050

Plano Nacional de Energia