

IV WORKSHOP
ABRAGE CBDB

Flexibilidade Operativa no Planejamento da Expansão: Desafios, Oportunidades e o Papel das Hidrelétricas

Caio Monteiro Leocádio

Superintendente Adjunto de Geração de Energia

Setembro de 2026



Sobre a EPE



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



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



www.epe.gov.br

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

O planejamento energético: quais as nossas bússolas?

Plano Nacional de Energia

Instrumento estratégico de longo prazo



- **Horizonte:** 30 anos (revisado a cada 5 anos)
- Orienta políticas, programas e iniciativas
- **Foco:** sustentabilidade, segurança, modicidade
- Base para a estratégia nacional energética

Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE)

Planejamento técnico de médio prazo



- **Horizonte:** 10 anos (revisado anualmente)
- Detalha a expansão da oferta e da infraestrutura
- Reflete políticas vigentes, sinais de mercado e viabilidade técnica
- Base para decisões de investimento e regulação

Evolução da Curva de Carga

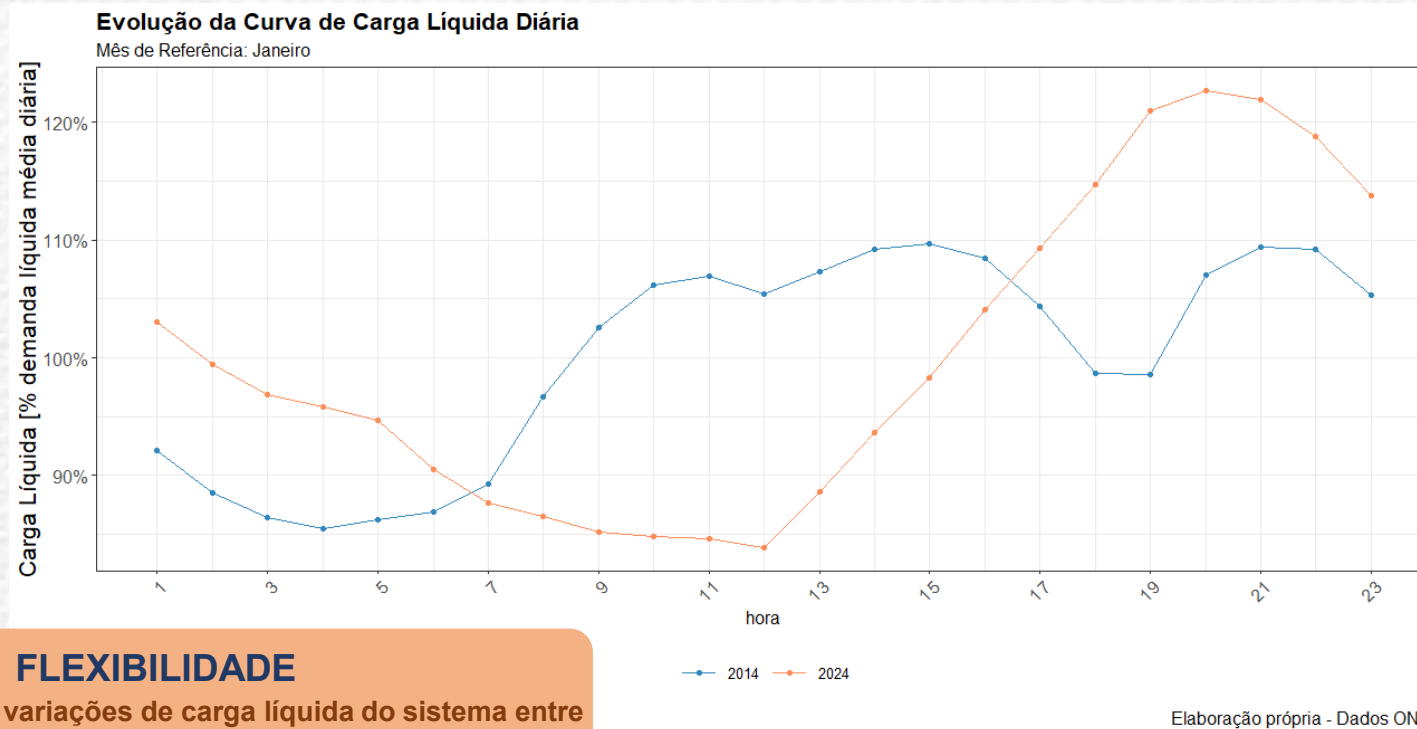
- Com a grande penetração das VRE na matriz elétrica, o perfil diário de da curva de carga líquida, i.e. carga a ser atendida pelas fontes despacháveis, mudou drasticamente.



2014



2024

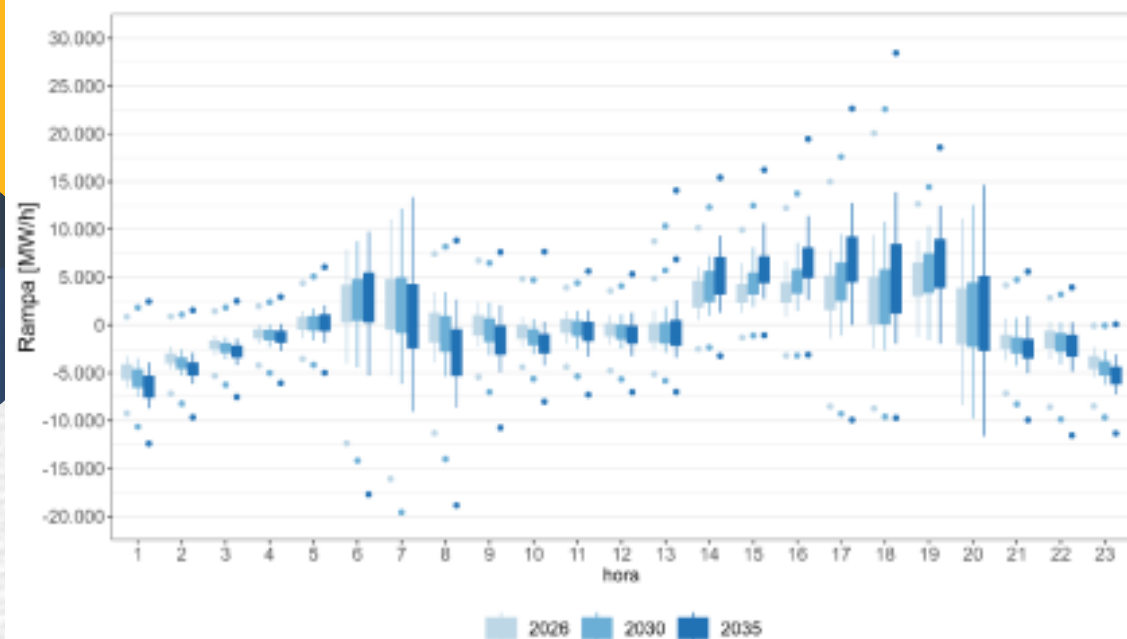


FLEXIBILIDADE

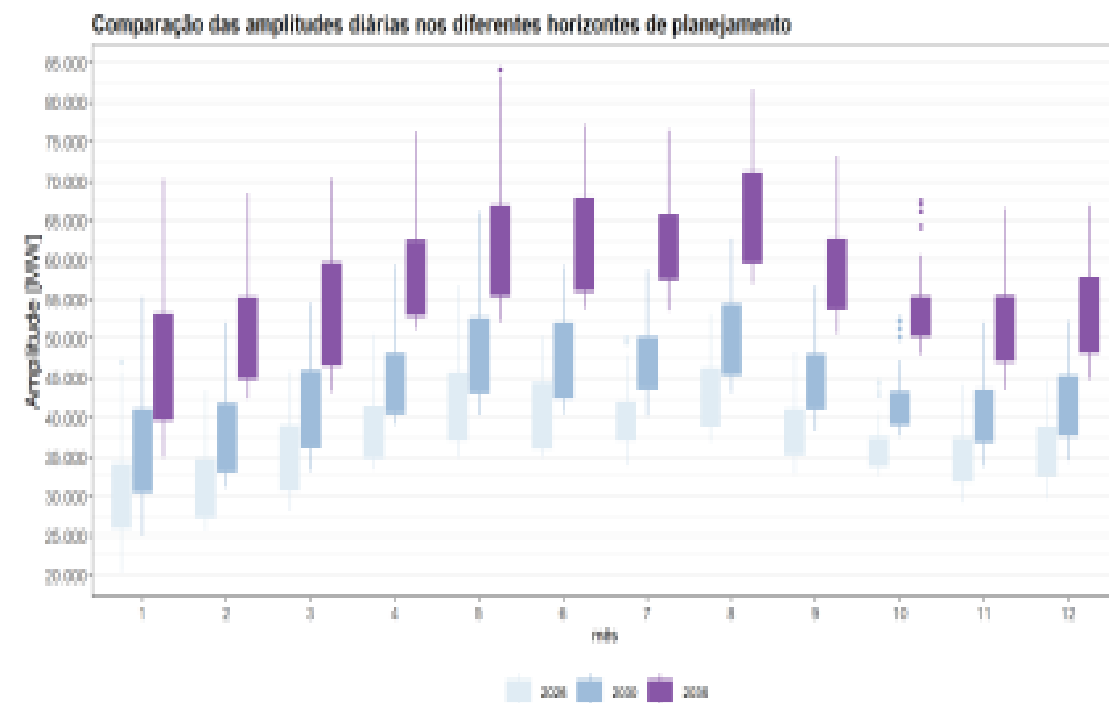
Atendimento às variações de carga líquida do sistema entre dois instantes de tempo. Unidade megawatt por hora (MW/h)

Transição da matriz e novos requisitos sistêmicos

Requisitos de Flexibilidade



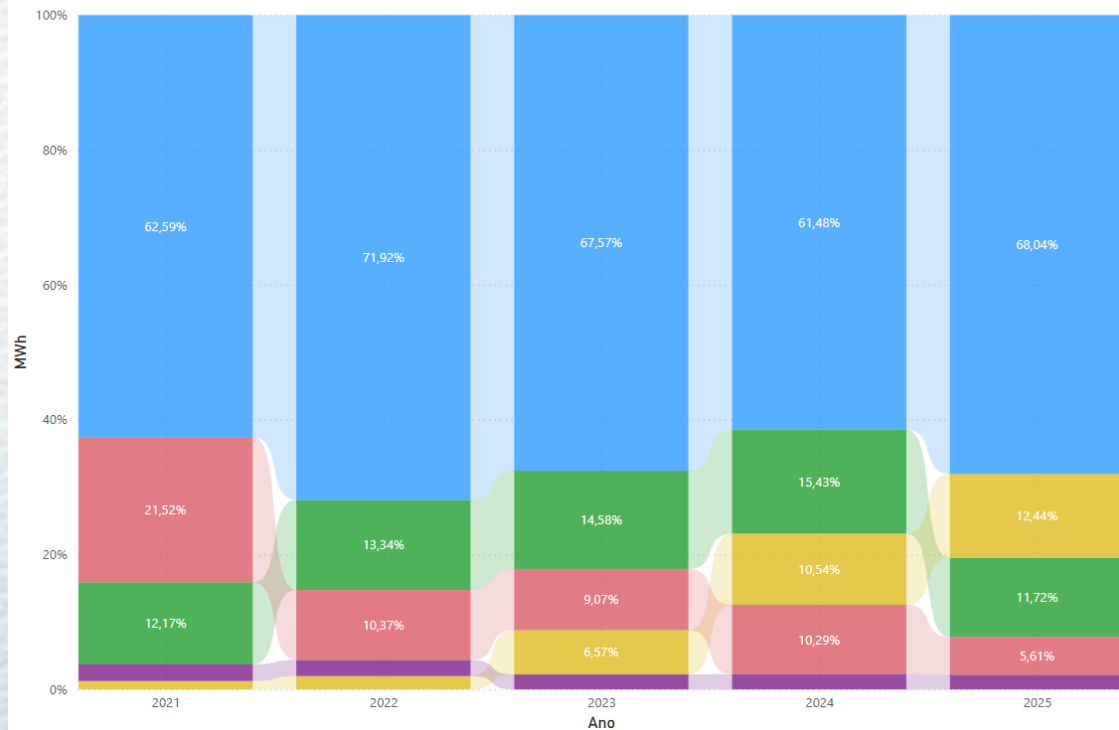
Fonte: Elaboração EPE.



Média do perfil horário de geração

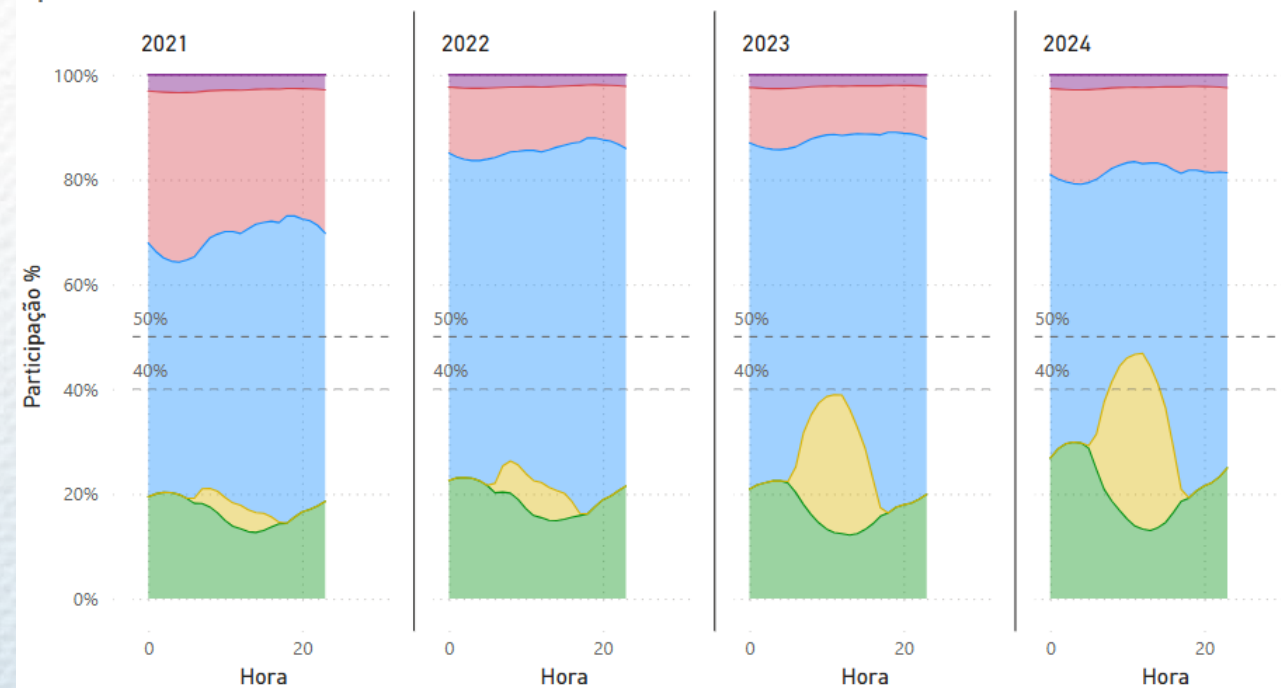
Composição da geração anual

Tipo de usina ● EOLIELÉTRICA ● FOTOVOLTAICA ● HIDROELÉTRICA ● NUCLEAR ● TÉRMICA



Perfil médio diário da geração - Comparativo anual

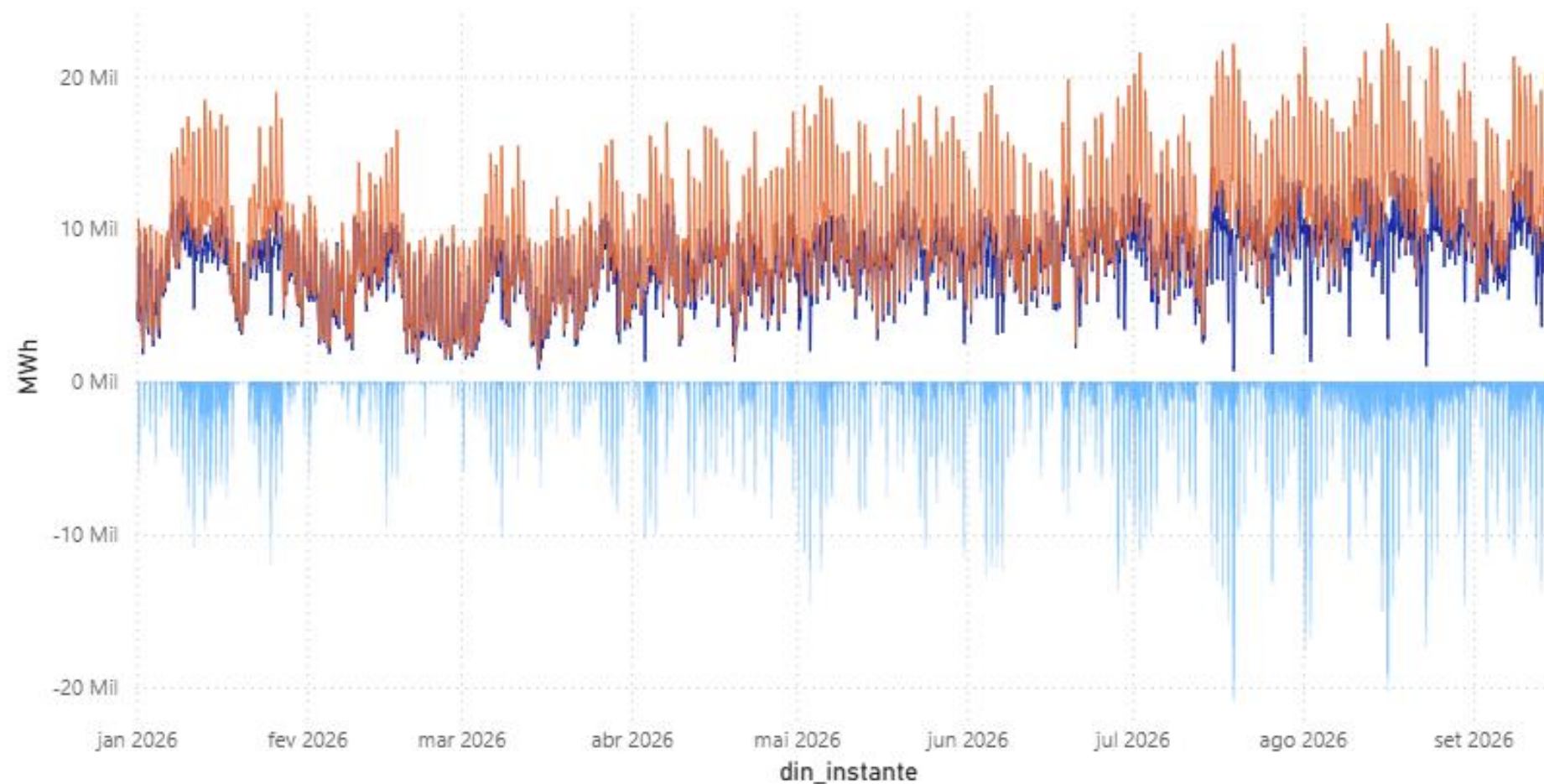
Tipo de usina ● 5. EOLIELÉTRICA ● 4. FOTOVOLTAICA ● 3. HIDROELÉTRICA ● 2. TÉRMICA ● 1. NUCLEAR



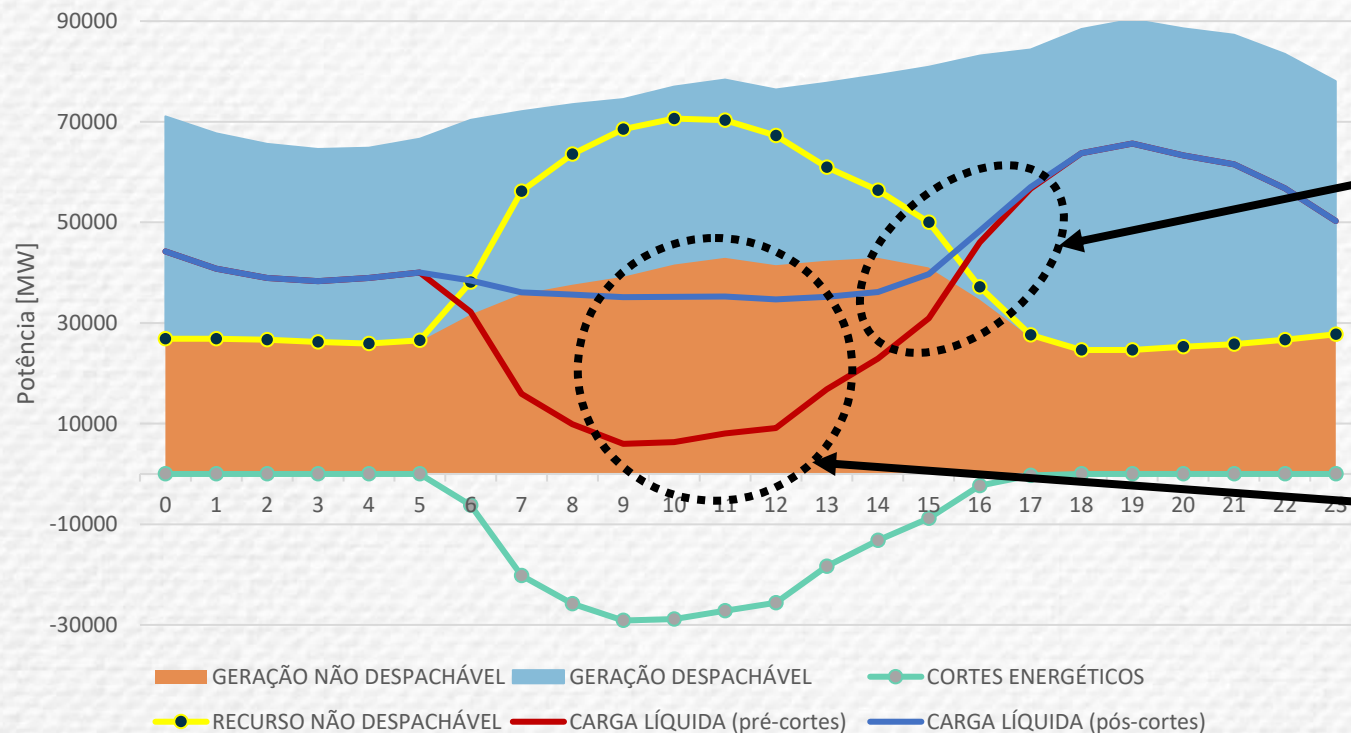
O desafio do Constrained-off

Restrição Efetiva, Geração Verificada e Geração Referência por din_instante

● Restrição Efetiva ● Geração Verificada ● Geração Referência



O desafio já é operativo: acomodar variabilidade e ponta



Na ponta e nas rampas, o sistema mobiliza recursos hidrotérmicos e exige maior modulação.

Cortes (curtailment) podem ser necessários para compatibilizar geração, carga líquida e limites operativos.

ATÉ QUE PONTO O PORTFÓLIO CONSEGUE ACOMPANHAR AS RAMPAS E MODULAR A GERAÇÃO?
COMO ANTECIPAR, NO PLANEJAMENTO, CONFIGURAÇÕES QUE SEJAM TAMBÉM OPERACIONALMENTE VIÁVEIS?

Flexibilidade: capacidade de acompanhar a mudança do sistema

Capacidade do sistema de mobilizar recursos para lidar com variações de oferta e demanda entre dois instantes de tempo



- ✓ A análise complementa energia e potência: verifica se os recursos conseguem acompanhar as variações horárias da carga líquida.
- ✓ Pode revelar configurações adequadas nos critérios tradicionais, mas inviáveis sob a ótica operativa.

A agenda de flexibilidade no planejamento da EPE



2018

Nota de Flexibilidade e Capacidade



2019

Abordagem do tema Flexibilidade no PDE 2029



2021

PDE 2031
Cenário *what-if* considerando utilização da carga líquida nos estudos de planejamento



2022

Caderno de Requisitos do PDE 2032
Incorporação da metodologia de carga líquida nos estudos de planejamento da geração



2023

NT com proposta de metodologia de estimativa dos requisitos e oferta da flexibilidade, que visa ampliar as discussões sobre o tema de flexibilidade



2024–
25

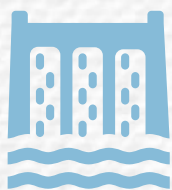
MAR + métricas de risco: rumo a um critério



2026

Recursos que fornecem flexibilidade

O SEB dispõe de um portfólio diversificado de recursos para atendimento da demanda, cada um com características distintas de velocidade, capacidade e disponibilidade.



Hidrelétricas

Modulam com grande capacidade, mas dependem da disponibilidade do recurso hidráulico.



Resposta da Demanda

Suavizam inclinações das rampas e demanda de ponta por meio de gestão ativa do consumidor, contudo, ainda incipiente no Brasil.



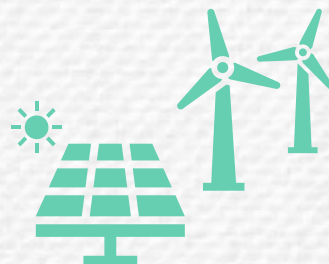
Térmicas

Cobrem rampas e demanda de ponta, porém com alto custo variável associado.



Sistemas de Armazenamento de Energia

Alta capacidade de resposta, porém com capacidade de armazenamento limitada. Forte expectativa de consolidação no LRCAP26.



Cortes de Geração Não Despachável

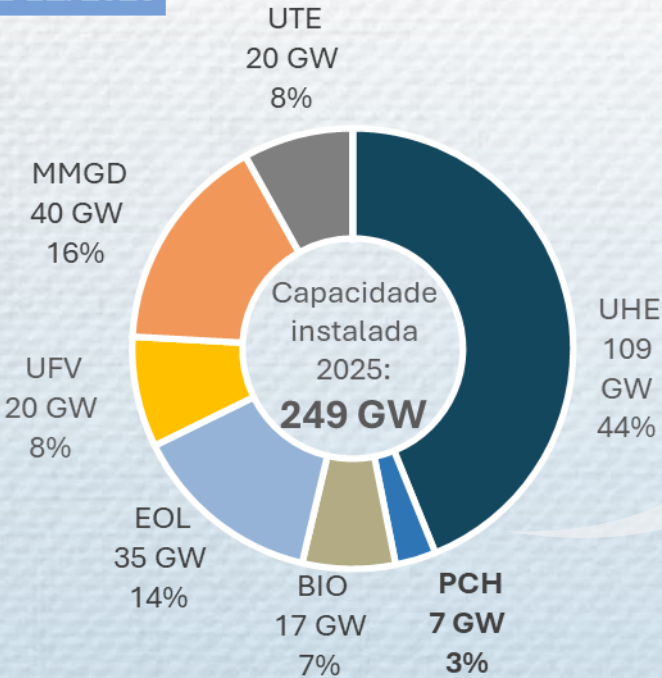
Suavizam inclinações das rampas para otimização do atendimento à carga ao menor custo.

PDE 2035 | Expansão do Cenário de Referência

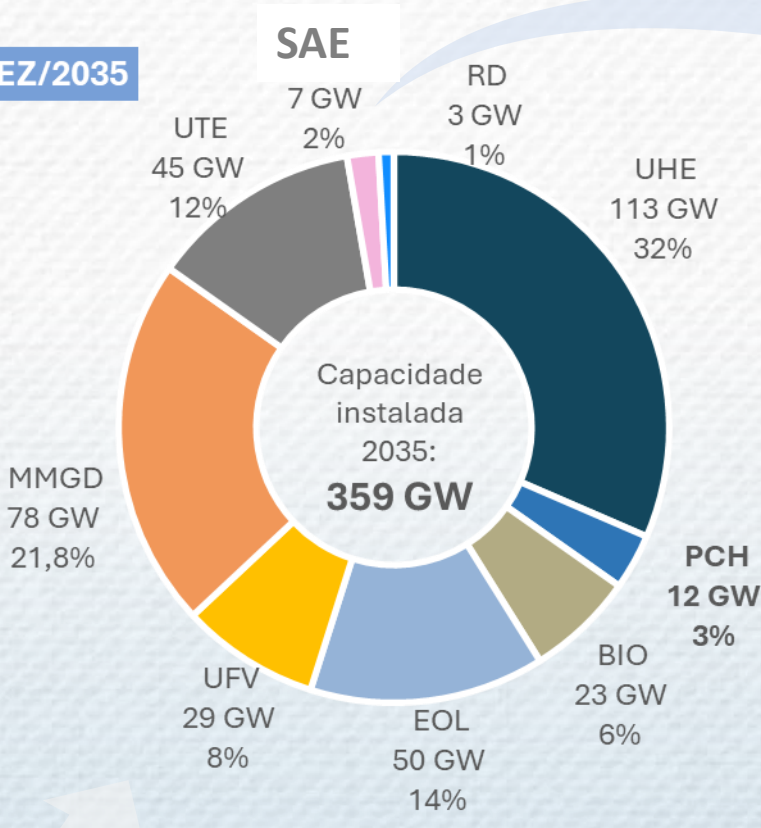
Capacidade Instalada

Cenário de Referência

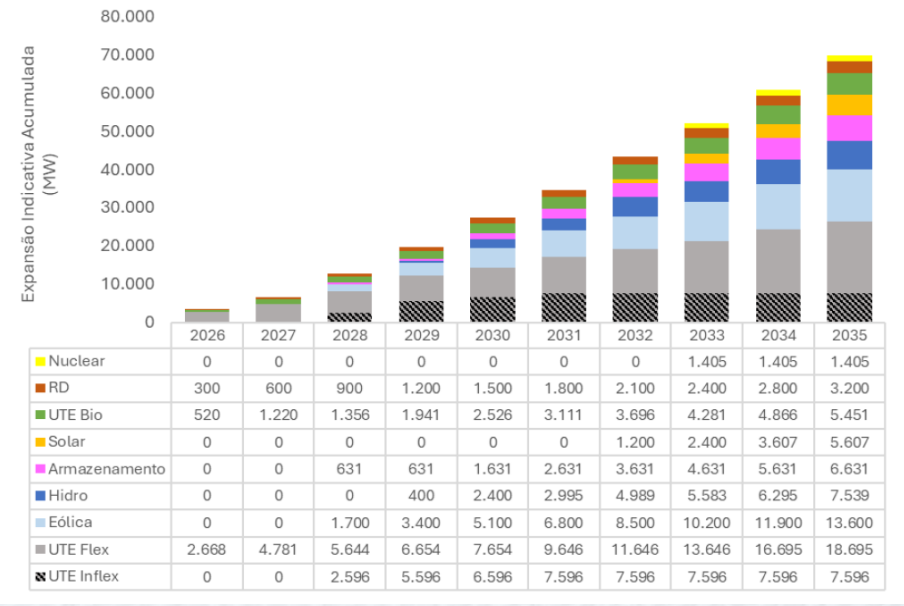
DEZ/2025



DEZ/2035



O Cenário de Referência do PDE 2035 atende aos critérios de segurança de suprimento de energia e potência

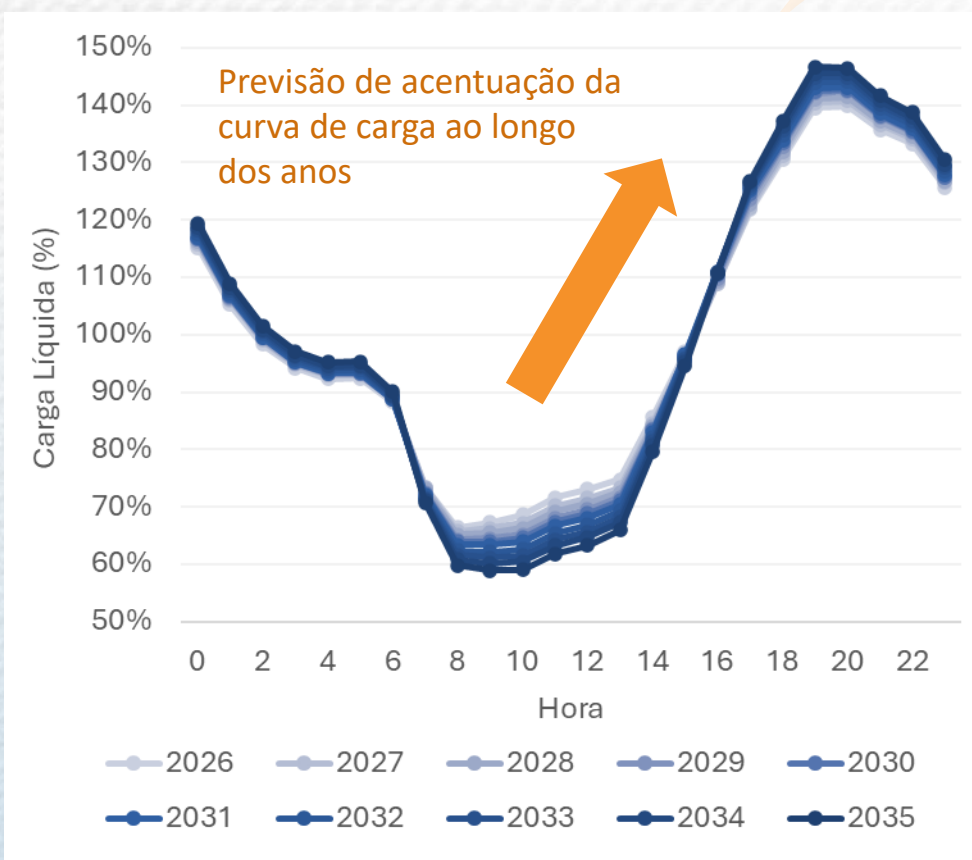


A contratação de SAE no horizonte decenal tem papel fundamental em garantir o suprimento da demanda de eletricidade através de potência renovável com flexibilidade, garantindo segurança de suprimento ao SIN.

Importância das hidrelétricas na flexibilidade operativa

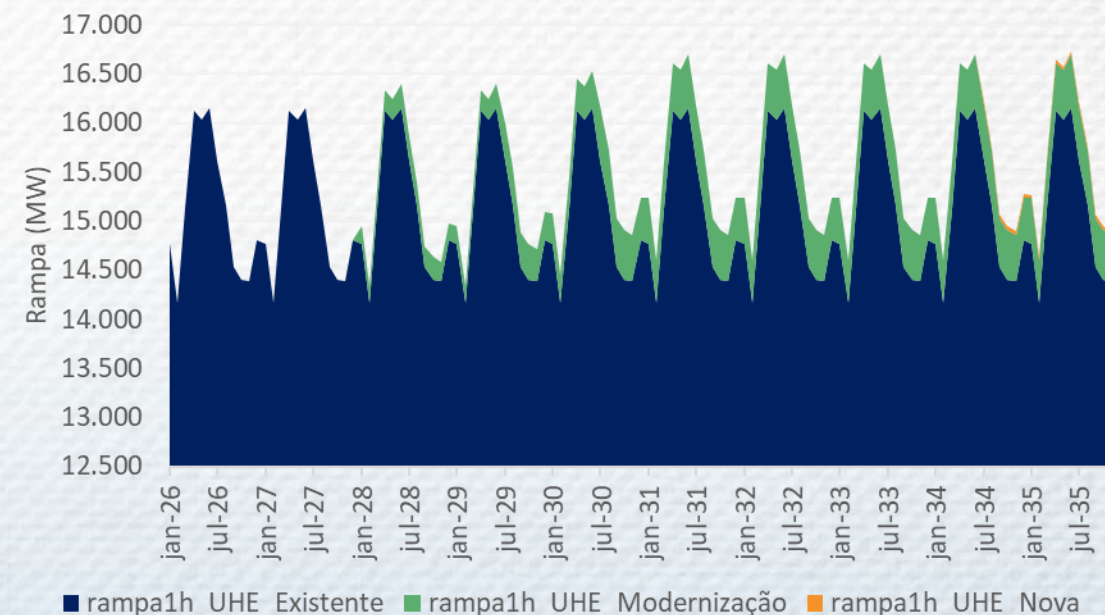
Carga líquida horária média mensal em % diária

Previsão horizonte decenal



Rampa horária provida pelas hidrelétricas

Previsão horizonte decenal



As hidrelétricas permanecem como principal fonte de rampa do SIN, com disponibilidade estimada em torno de 15 GW variação por hora, podendo ser superior em condições hidrológicas favoráveis

Por que um critério de flexibilidade?

1 REQUISITO

Quanto o sistema precisa subir/descer?

Quando? Por quanto tempo?

Com qual reserva?

2 CONTRIBUIÇÃO

Quanto cada recurso pode entregar naquele cenário, considerando limites e disponibilidade?

3 CRITÉRIO

Adequação: frequência, severidade e momento das insuficiências de flexibilidade.

A medição não pressupõe um produto. Ela informa se existe um problema de adequação, quais recursos o mitigam e em que condições.

Esse é o elo entre planejamento, operação e eventual desenho regulatório/mercadológico no futuro.

Uma avaliação de flexibilidade precisa ser sistêmica e cronológica

Deve considerar:

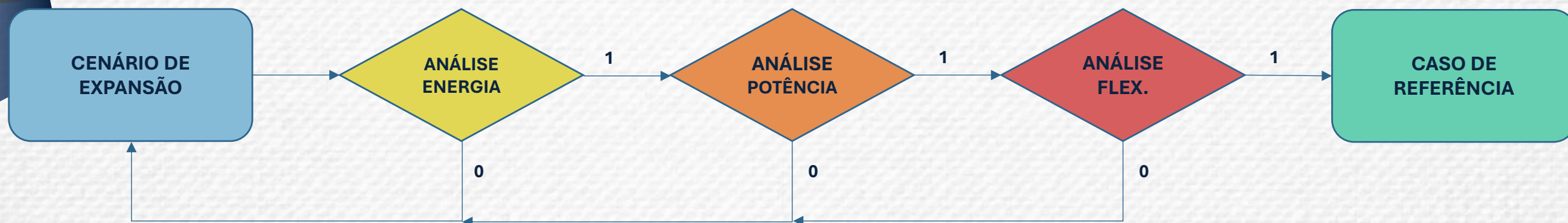
- ✓ Coerência com os requisitos de energia e potência;
- ✓ Avaliação cronológica dos eventos;
- ✓ Reserva operativa;
- ✓ Variabilidade da carga líquida e das renováveis;
- ✓ Disponibilidade do recurso hídrico;
- ✓ Cortes de geração renovável e outras ações operativas;
- ✓ Unit commitment termelétrico e limites de partida/rampa;
- ✓ Inflexibilidades técnicas e contratuais.

O PONTO CENTRAL É MEDIR, EM MUITOS CENÁRIOS, QUANDO, COM QUE FREQUÊNCIA E COM QUE SEVERIDADE A OFERTA DE FLEXIBILIDADE PODE SER INSUFICIENTE.

Adequação do suprimento: energia, potência e flexibilidade

A flexibilidade passa a ser tratada como uma dimensão adicional da adequação do suprimento. Busca-se avaliar se o portfólio consegue se mover no tempo e na velocidade exigidos pela carga líquida.

O critério deve indicar risco sistêmico, não determinar, por si só, uma tecnologia ou uma contratação.



Uma violação de flexibilidade não significa necessariamente “mais MW”. Pode indicar necessidade de rever a composição, a disponibilidade, os limites operativos ou a forma de mobilização dos recursos.

Flexibilidade: aprimoramentos necessários

A agenda de 2023 já apontava avanços em planejamento, operação, regulação e mercado — sem antecipar uma solução única.



Valor sistêmico das UHEs: contribuição no momento certo

Medir capacidade física é necessário; medir sua coincidência com a necessidade do sistema pode revelar o valor sistêmico.

CONTRIBUIÇÃO FÍSICA DA UHE

- rampas de subida e descida
- faixa de modulação
- velocidade de resposta e tempo de sustentação
- disponibilidade condicionada à hidrologia e às restrições
- localização e limites de transmissão
- capacidade de prestar múltiplos serviços

NECESSIDADE SISTÊMICA / VALOR

- reduzir risco de déficit de flexibilidade
- atravessar rampas críticas da carga líquida
- evitar partidas ou despacho mais oneroso
- reduzir curtailment quando houver margem para absorção
- preservar segurança e reserva operativa
- complementar energia e potência

Mensurar esse valor é condição para avaliar, no futuro, uma eventual forma de reconhecê-lo economicamente.

Mensagens finais

- A transição da matriz torna a flexibilidade uma dimensão relevante da adequação do suprimento, ao lado de energia e potência.
- O passo que a EPE está dando é medir, de forma cronológica e sistêmica, o requisito e a contribuição de flexibilidade, traduzindo-os em métricas de risco e segurança.
- As UHEs têm capacidade singular de modulação e resposta, mas seu valor sistêmico depende de disponibilidade, restrições e da coincidência com a necessidade do sistema.
- Mensurar esse valor é condição para avaliar, no futuro, a eventual forma de reconhecê-lo economicamente.
- Planejar flexibilidade não é contratar um produto a priori. É assegurar que a expansão futura seja também operacionalmente viável.

Obrigado!



/epe.brasil



@epe_brasil



@epe_brasil



/EPEBrasil



Empresa de
Pesquisa
Energética

