



Plano Decenal de Expansão de Energia 2032

Geração Centralizada de Energia Elétrica

Requisitos de Energia e Potência

Dezembro de 2022

Contexto

No contexto das mudanças que vêm ocorrendo no setor elétrico, uma expansão baseada apenas no atendimento da projeção de demanda de **energia média** não mais seria capaz de prover a segurança almejada do sistema. Deste modo tornou-se necessária a implementação de métricas que permitam quantificar quais são os serviços que o sistema irá precisar no futuro de modo a planejar a expansão e operação.

Duas publicações são marcos relevantes nos avanços desta quantificação. A Resolução CNPE n° 29, de 2019, que estabeleceu as métricas para os novos critérios de suprimento, e a Portaria MME n° 59, de 2020, que estabeleceu os parâmetros associados a estas novas métricas.

Com este novo regramento, o Sistema Interligado Nacional (SIN) passou a ter critérios explícitos para o suprimento de **potência**, além de ter seus critérios de suprimento de energia atualizados. Esses são importantes instrumentos para melhor avaliação da adequabilidade dos produtos **energia e potência** no sistema, o que contribui para uma construção do planejamento da expansão e operação mais ajustados à nova realidade do sistema.

Até o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2024 a expansão indicativa era baseada unicamente no requisito de **ENERGIA**

Quantificação das necessidades do sistema no futuro

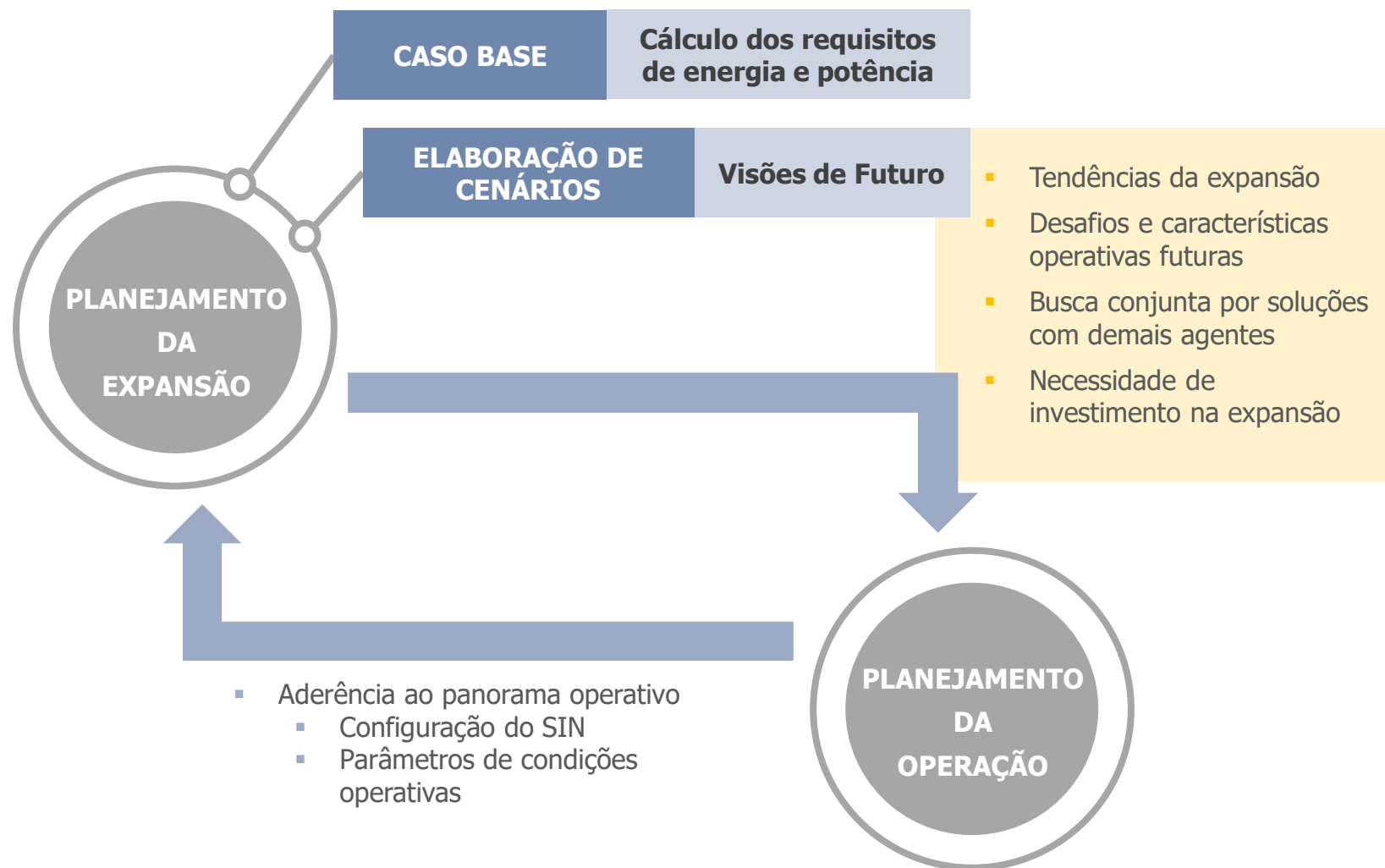
Critérios de suprimento que consideram Energia e Potência

Atualmente o planejamento decenal considera que a expansão deva atender aos critérios de suprimento de **ENERGIA** e **POTÊNCIA**

Como parte da estratégia de aproximar as atividades de **planejamento** ao observado na **operação** do SIN, uma ação importante foi a revisão da representação das **restrições operativas das usinas hidrelétricas**.

O PDE 2031 fez uso, oficialmente, da proposta de alteração das restrições operativas com base nas lições aprendidas no biênio 2020/2021. E os efeitos obtidos se mostraram adequados ao objetivo proposto, nos quais se constatou uma maior aderência dos resultados das simulações computacionais ao observado na operação real do sistema.

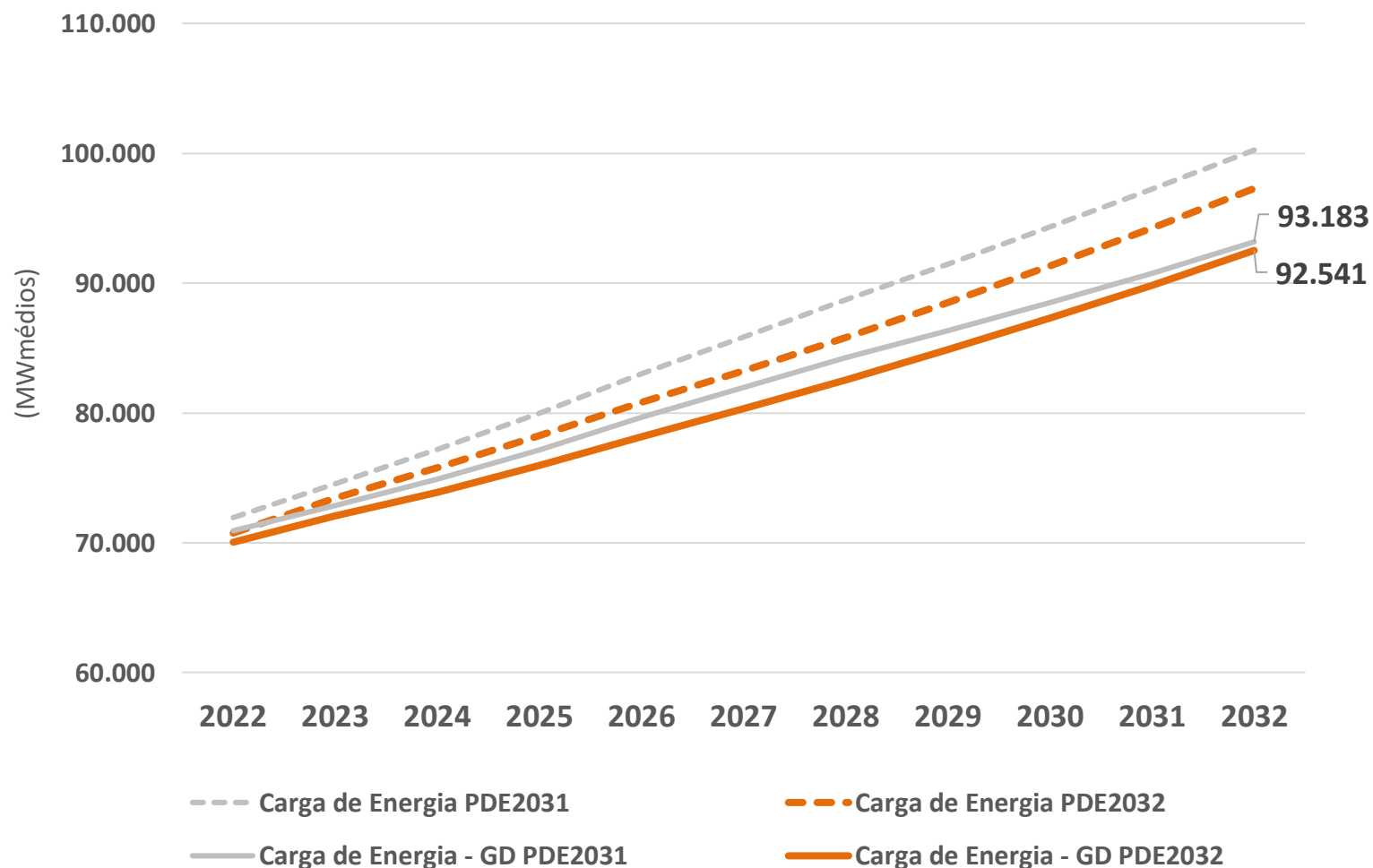
Dando continuidade aos aprimoramentos da atividade de planejamento, para o ciclo atual é mantida a metodologia das restrições operativas, em termos gerais, incluindo avanços pontuais. Para a calibração das restrições, são utilizados os dados de geração hidrelétrica horária, por usina, que são obtidos a partir da base de dados de resultados da operação do sistema, disponibilizados pelo ONS.



**Premissas para
elaboração do
Caso Base**

**Projeção de Demanda
Parque gerador
Carga líquida**

Premissas: Projeção de Carga



O crescimento médio anual da carga do SIN (sem abatimento de MMGD) é de cerca de 2.650 MW médios – **em média de 3,1% a.a.**

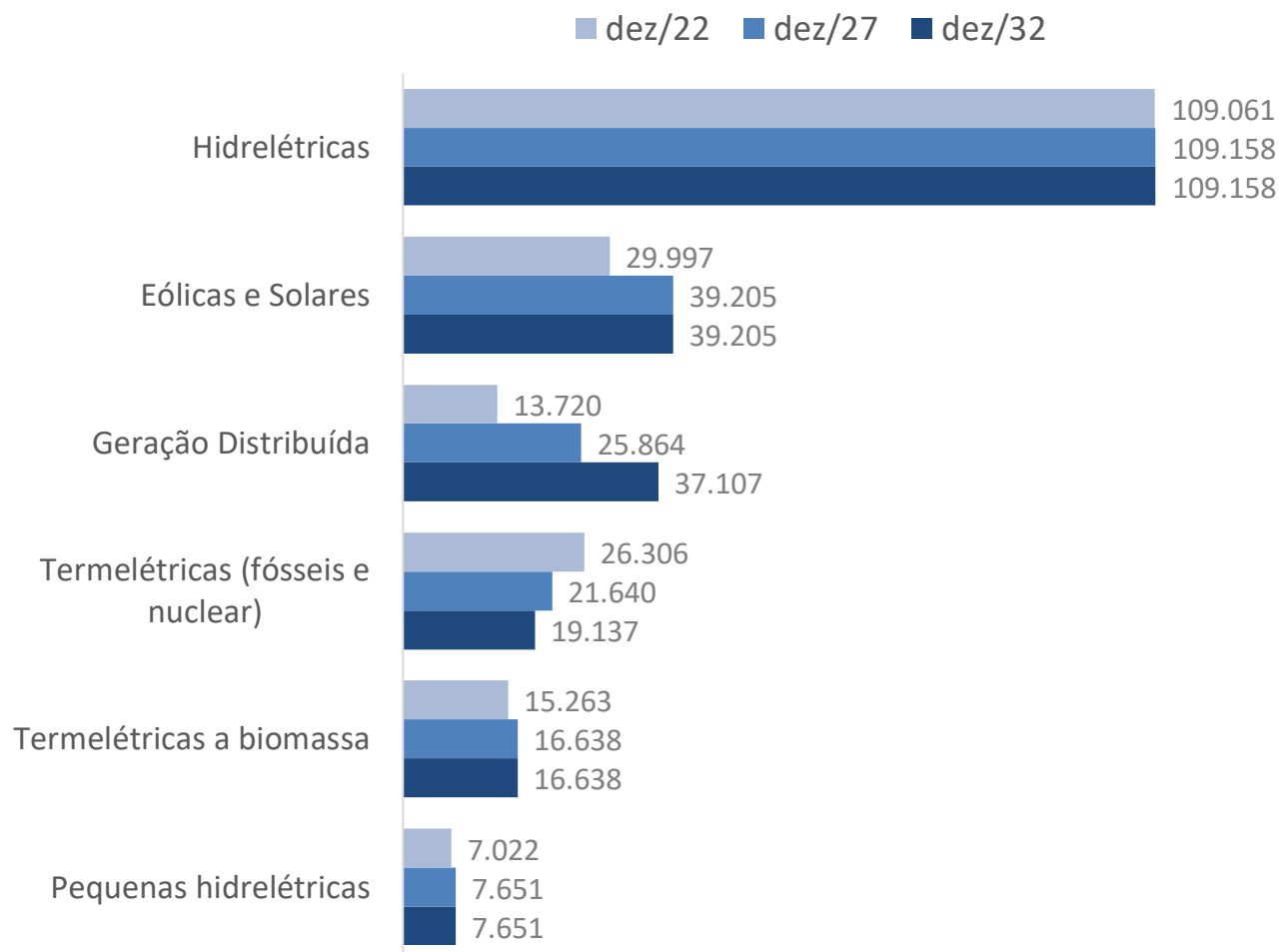
- A demanda máxima apresenta taxa de crescimento de **3,2% a.a.** ao longo do horizonte decenal;
- O cenário de projeção de MMGD considera penetração de aproximadamente **37 GW** de capacidade instalada (e 6.000 MW médios) até o final do horizonte decenal;
- A tecnologia solar fotovoltaica mantém-se com a principal fonte nesse segmento, respondendo por cerca de **97%** de toda essa expansão distribuída;
- A projeção de demanda do PDE 2032 é **menor que a indicada no ciclo anterior** em todo o período de estudo, mesmo considerando a contribuição de MMGD no atendimento.

MMGD: Micro e Mini Geração Distribuída

Premissas: Evolução da Capacidade Instalada Existente e Contratada



Evolução da capacidade instalada e contratada no SIN (MW)



O Caso Base consiste em um cenário com configuração inicial, **sem expansão indicativa**, para avaliação de necessidades do SIN e, conseqüente, **quantificação dos requisitos** conformes os critérios de suprimento.

- Configuração do sistema existente em maio de 2022
 - Utiliza-se como base a configuração do sistema existente e empreendimentos contratados, indicados com status “verde” (em construção) pela fiscalização, conforme Departamento de Monitoramento do Setor Elétrico (DMSE) de abril/2022 (que subsidia o PMO de maio/2022).
 - Expansão contratada em leilões regulados
 - Perspectiva de entrada pelo ACL (Ambiente de Contratação Livre)
- Não foram consideradas no parque contratado as termelétricas a gás natural que constam na Lei 14.182
- Retirada da oferta termelétrica existente em final de contrato*, e aquelas com expectativa de perda dos benefícios relacionados a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e do Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT) ao longo do horizonte decenal

* Detalhado no slide 10

Visando a aprimorar as análises dos estudos de geração centralizada do Plano Decenal, os requisitos foram calculados utilizando-se como entrada a carga líquida. Esta abordagem apresenta algumas características como:

- Melhor representação das fontes, em especial as renováveis variáveis, que possuem **grande concentração de geração** em horários específicos (ex.: A geração solar, tanto centralizada quanto distribuída concentra-se em determinadas horas do dia).
- A metodologia proposta considera melhor os **efeitos da massiva penetração de MMGD**.
- **Diferença de profundidade dos patamares** resultantes para a decisão de despacho das centralizadas **é preservada**.
- Profundidade de ponta considera a **carga coincidente de cada subsistema** durante a carga máxima instantânea do SIN.

O objetivo é obter uma **melhor representação da carga líquida** que embasará a **decisão dos recursos despacháveis**.



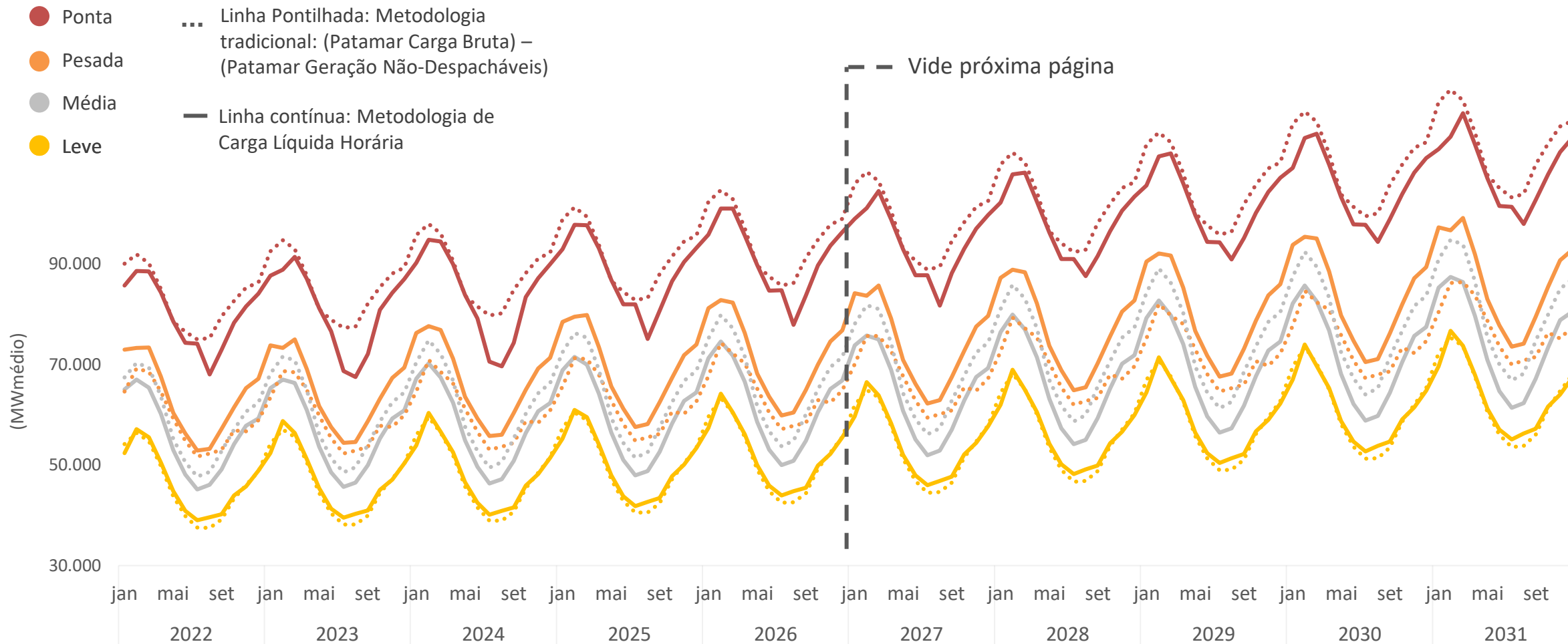
Considerando diferentes cenários de geração horária para as fontes eólica e solar centralizada

¹ Metodologia disponível em [“PDE 2031 – Estudos Complementares”](#)

Melhor Representação da Carga Líquida para Despacho

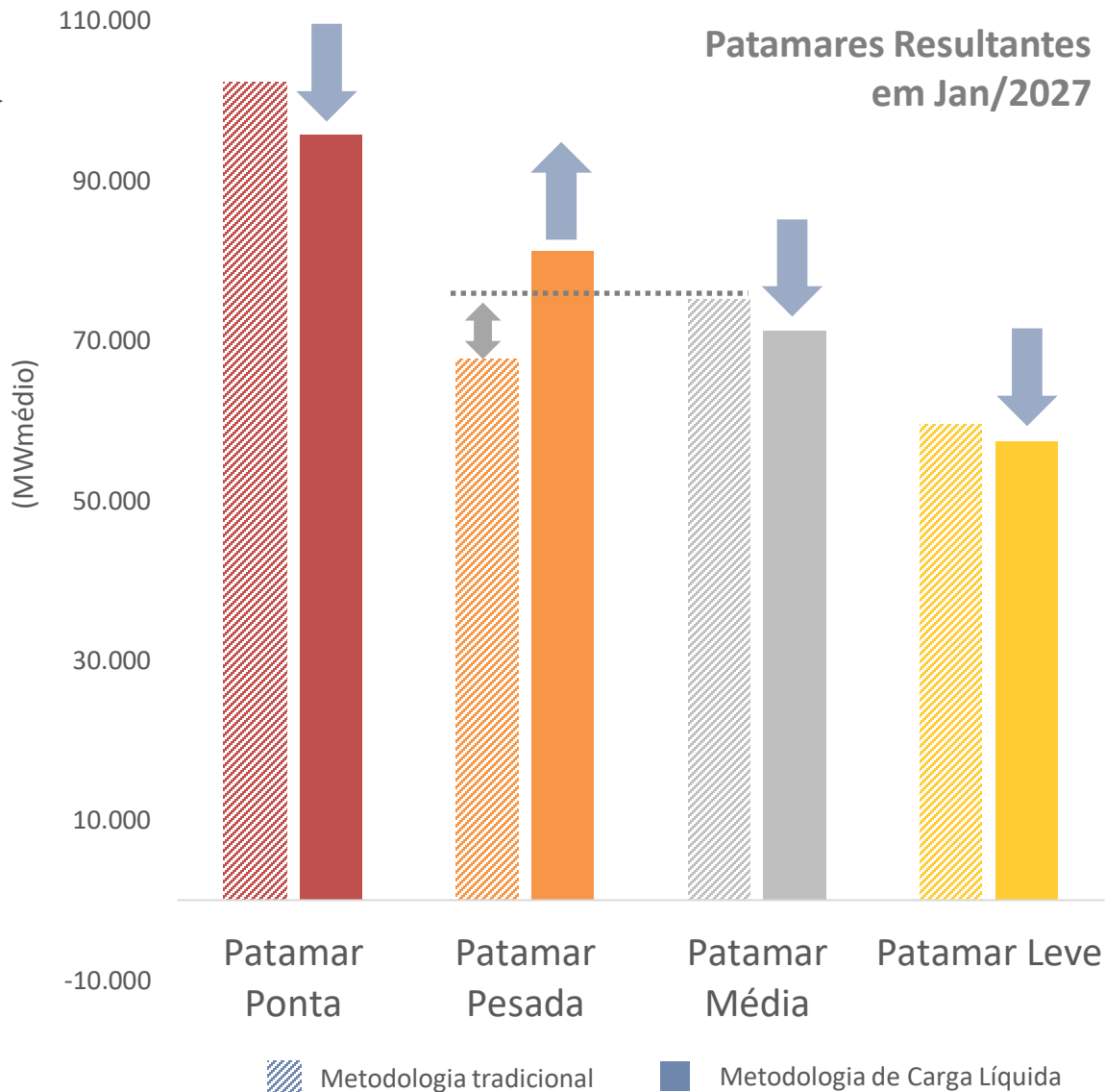
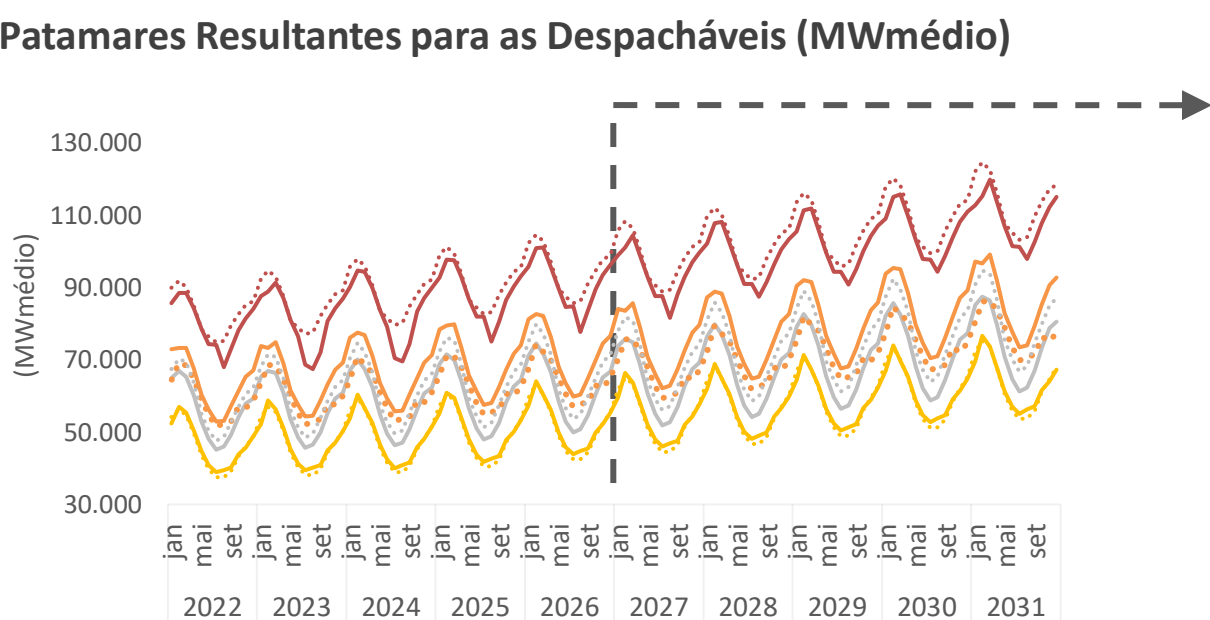


Patamares Resultantes para as Despacháveis (MWmédio)



Melhor Representação da Carga Líquida para Despacho

Patamares Resultantes para as Despacháveis (MWmédio)

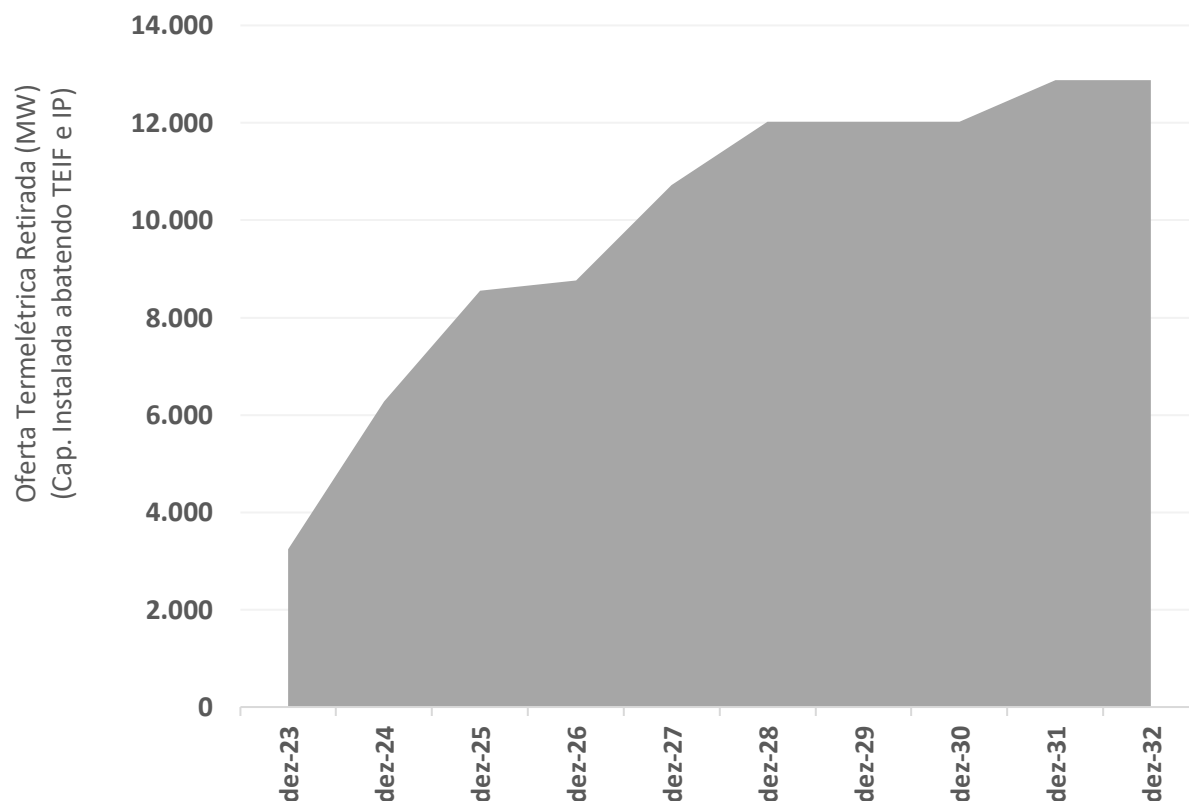


Na representação da carga líquida horária para cada mês foi mantida a mesma média total de energia porém redistribuída entre os patamares. Como resultado da aplicação desta metodologia constatou-se:

- ↓ Redução nos patamares de Ponta, Média e Leve
- ↑ Aumento no patamar de Pesada
- ↕ Carga do patamar de Pesada maior que do patamar de Média. Na metodologia tradicional, ao se descontar a expectativa de geração das usinas não despachadas, o patamar de Pesada ficava inferior ao patamar de Média.

Oferta termelétrica retirada da configuração do Caso Base no horizonte decenal (MW)

● Retirada de Potência Acumulada até 2032



No Caso Base são retirados de operação até 2032 cerca de 13.000 MW provenientes de usinas termelétricas que estejam configuradas nas seguintes situações:

- Final de vigência do benefício da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE)* e do Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT) ao longo do horizonte decenal.
- Término de CCEAR
- Usinas que não apresentam nenhum tipo de contrato e encontram-se com potência disponível maior do que zero no PMO de maio de 2022.

* O Complexo Jorge Lacerda foi mantido em todo horizonte decenal em atendimento a Lei 14.299 de 2022.

Cálculo dos Requisitos

Energia

Potência

Através do Caso Base, a simulação no modelo matemático de despacho hidrotérmico Newave, com 2.000 cenários hidrológicos, permite a análise operativa do sistema composto apenas pelo parque existente e contratado.

- Na dimensão de energia são avaliados dois critérios de risco, ambos utilizam o indicador estatístico CVaR (*Conditioned Value at Risk*), caracterizado pela média dos valores mais extremos de uma curva de distribuição acumulada, até um determinado nível de risco.



CVaR do Custo Marginal de Operação

Para cada mês, são avaliados os 10% cenários com CMO* mais elevado, onde a média dos custos marginais nesses cenários não pode ser superior a R\$ 800/MWh.

CMO: Custo Marginal de Operação
ENS: Energia não Suprida



CVaR da Energia não Suprida

Para cada ano, são avaliados os 1% piores cenários de atendimento à demanda de energia, onde a média do corte de carga nesses cenários não pode ser superior a 5% da demanda do SIN e de cada subsistema.

CVaR do Custo Marginal de Operação

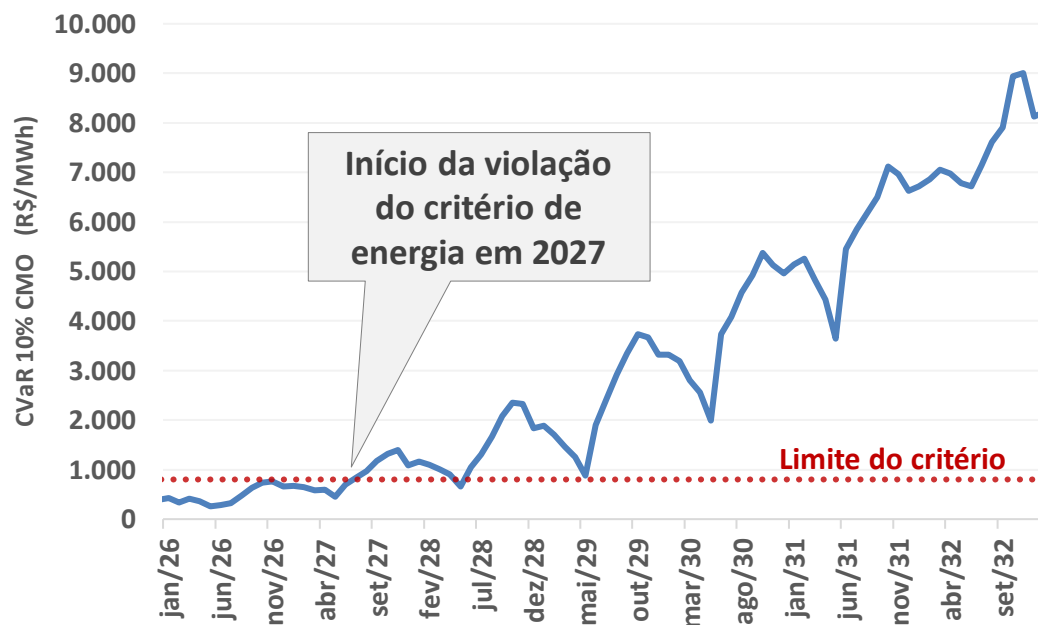
CVaR 10% CMO ≤ 800 [R\$/MWh]

Avaliação do Atendimento ao Critério de Suprimento de Energia:

CVaR 10% CMO

Caso Base (Sem expansão indicativa)

● CVaR 10% CMO Sudeste/Centro-Oeste



CVaR da Energia não Suprida

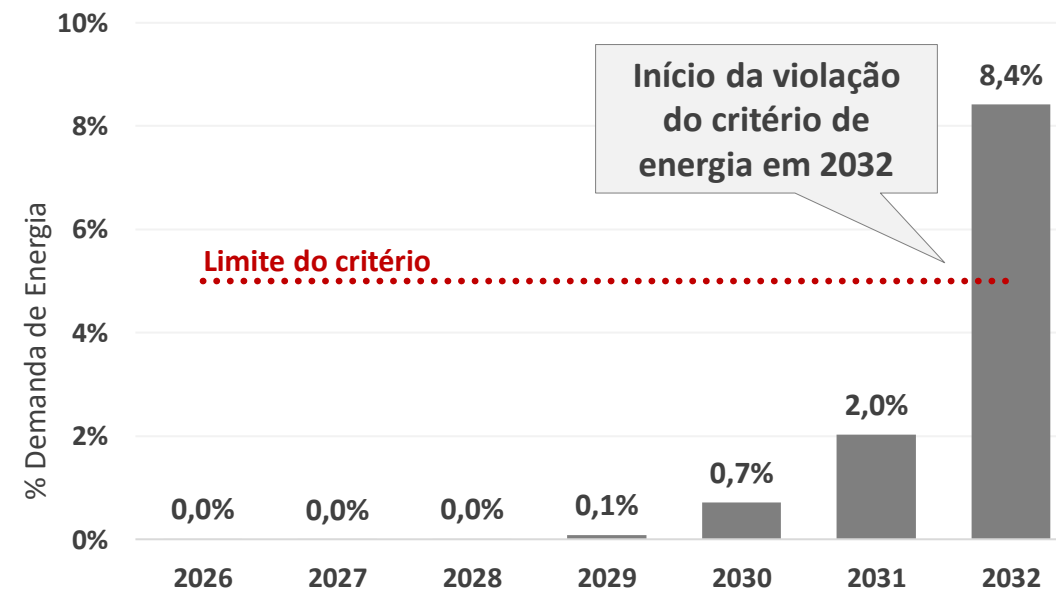
CVaR 1% ENS $\leq 5\%$ da Demanda

Avaliação do Atendimento ao Critério de Suprimento de Energia:

CVaR 1% ENS

Caso Base (Sem expansão indicativa)

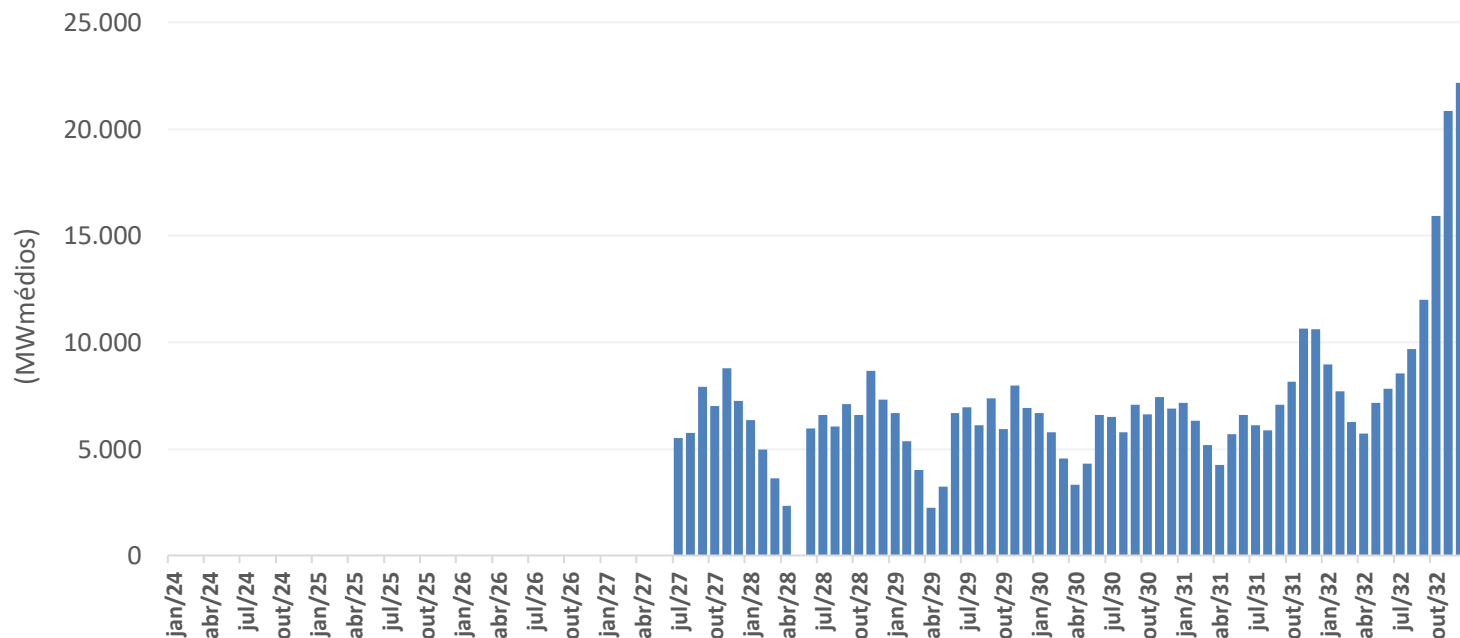
● CVaR 1% ENS Caso Base



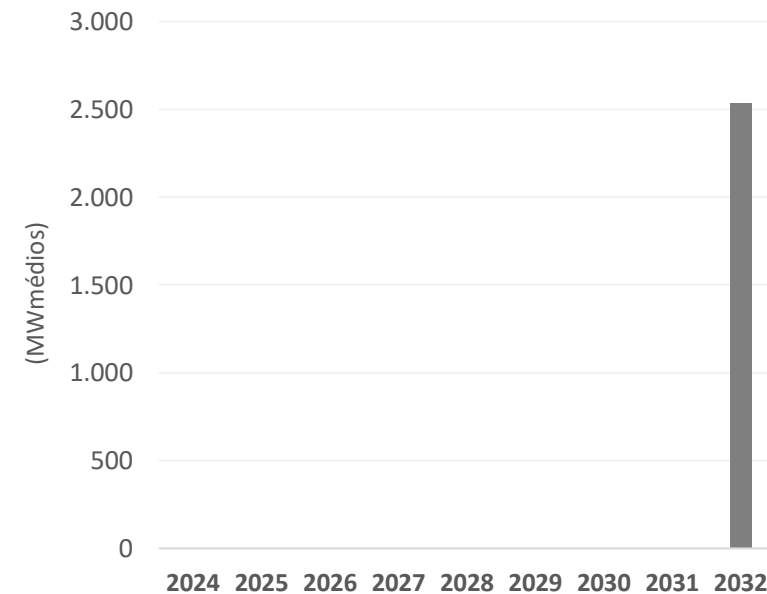
Necessidade de oferta a partir dos requisitos de energia



Requisito de energia:
 $CVaR10\%(CMO) \leq 800R\$/MWh$



Requisito de energia:
 $CVaR1\%(ENS) \leq 5\% \text{ da Demanda}$



- Marcante sazonalidade presente na avaliação do requisito pelo CVaR 10% do CMO, onde os maiores montantes ocorrem no segundo semestre (que engloba o período seco), a partir de 2027.
- Conforme já apresentado no PDE 2031, as restrições operativas que caracterizam as usinas hidrelétricas impactam a disponibilidade desse recurso ao longo dos meses e anos simulados pelo Newave. Detalhes sobre o impacto dessas restrições podem ser encontrados no [Capítulo 3 do Relatório do PDE 2031](#).

Através do Caso Base, a simulação do Balanço de Potência¹, com 2.000 cenários hidrológicos, permite a análise do atendimento à projeção de demanda máxima instantânea somada às necessidades de reserva operativa do sistema utilizando apenas o parque existente e contratado.

- Na dimensão de potência são avaliados dois critérios de risco. A LOLP* anual é a taxa de cenários em que ocorrem déficits de potência em relação ao total de cenários hidrológicos simulados. E para potência não suprida é utilizado o indicador estatístico CVaR (*Conditioned Value at Risk*), caracterizado pela média dos valores mais extremos de uma curva de distribuição acumulada, até um determinado nível de risco.



LOLP* Anual

Para cada ano, o percentual de cenários que apresentam déficit de potência não pode ultrapassar 5%.



CVaR da Potência Não Suprida Mensal

Para cada mês, os valores de potência não suprida (PNS) são ordenados e calcula-se a média dos 5% maiores valores. A média da PNS para estes piores cenários não pode ultrapassar 5% da demanda máxima instantânea.

LOLP: *Loss of Load Probability* (Probabilidade de Perda de Carga)

PNS: Potência não Suprida

(1) A Ferramenta de Balanço de Potência está disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/ferramenta-de-balanco-de-potencia>

Critérios de Potência: verificação das violações

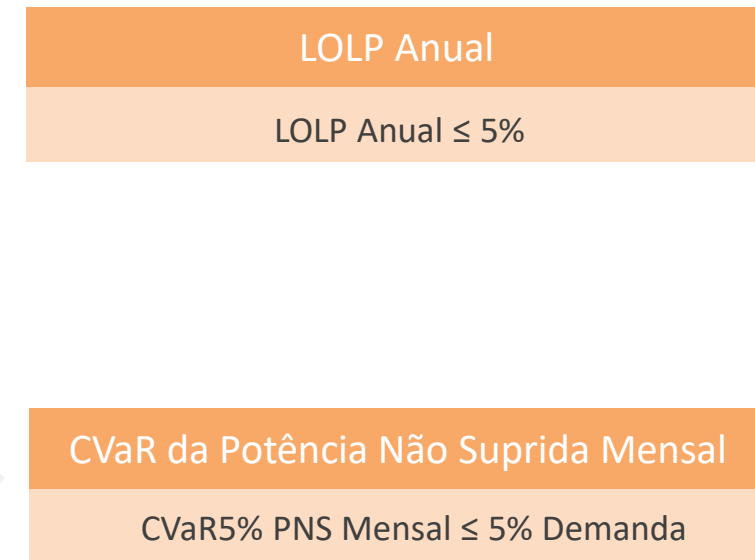
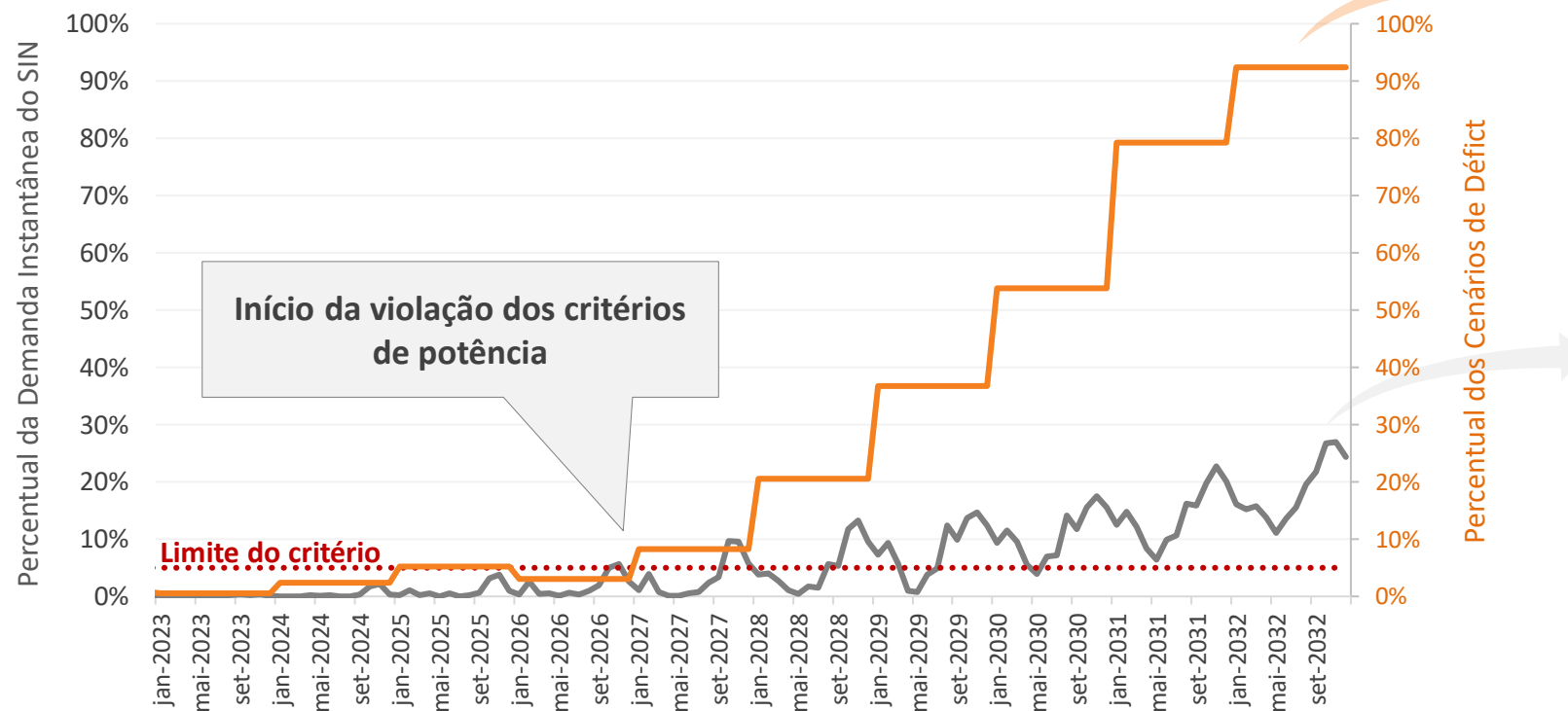
Avaliação do Atendimento aos Critérios de Suprimento de Potência: CVaR 5%

PNS[%Demanda Instantânea] e LOLP

Caso Base (Sem expansão indicativa)

● Risco Anual (LOLP)

● CVaR 5% PNS



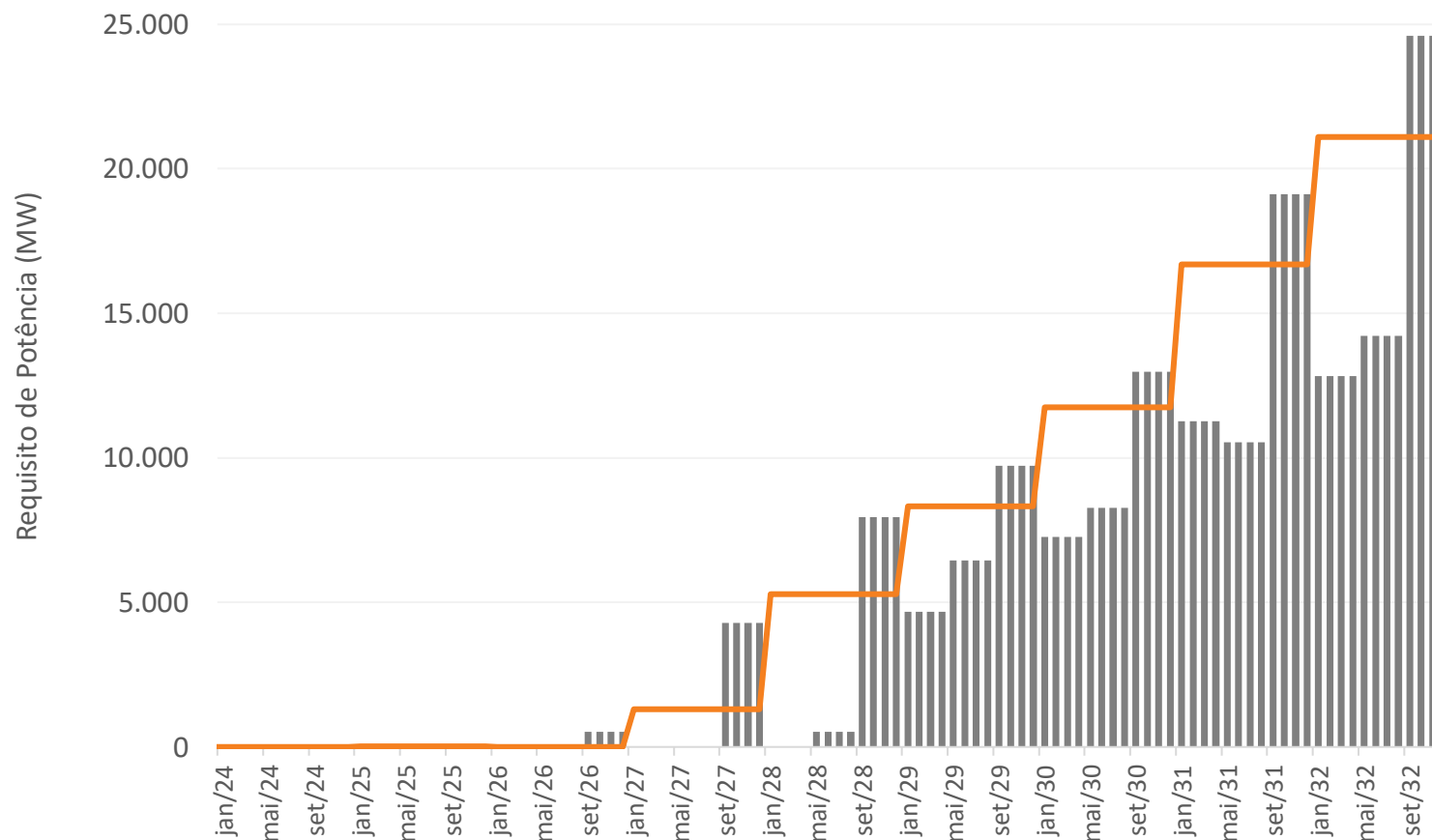
Necessidade de oferta a partir dos requisitos de potência



Requisitos de potência calculados para métricas CVaR5%(PNS) e LOLP

Base Quadrimestral

- Requisito para LOLP $\leq 5\%$
- Requisito para CVaR5%(PNS) ≤ 5 [%Demanda]



- A evolução dos requisitos demonstra que a necessidade calculada pelo CVaR da PNS é superior ao valor calculado pela LOLP, principalmente pelos picos de requisitos do último quadrimestre dos anos a partir de 2027.
- A partir de 2029, todos os meses apresentam valores de CVaR PNS maiores que zero.

Retirada de Oferta Termelétrica e Requisitos de Potência

- Parte da necessidade de requisito de potência até o ano de 2032 ocorre devido a retirada do sistema de termelétricas em fim de contrato.
- Diante das premissas adotadas, a avaliação indica a necessidade de mobilização de recursos existentes ou novos para **atendimento adequado da necessidade de potência do sistema no médio prazo.**

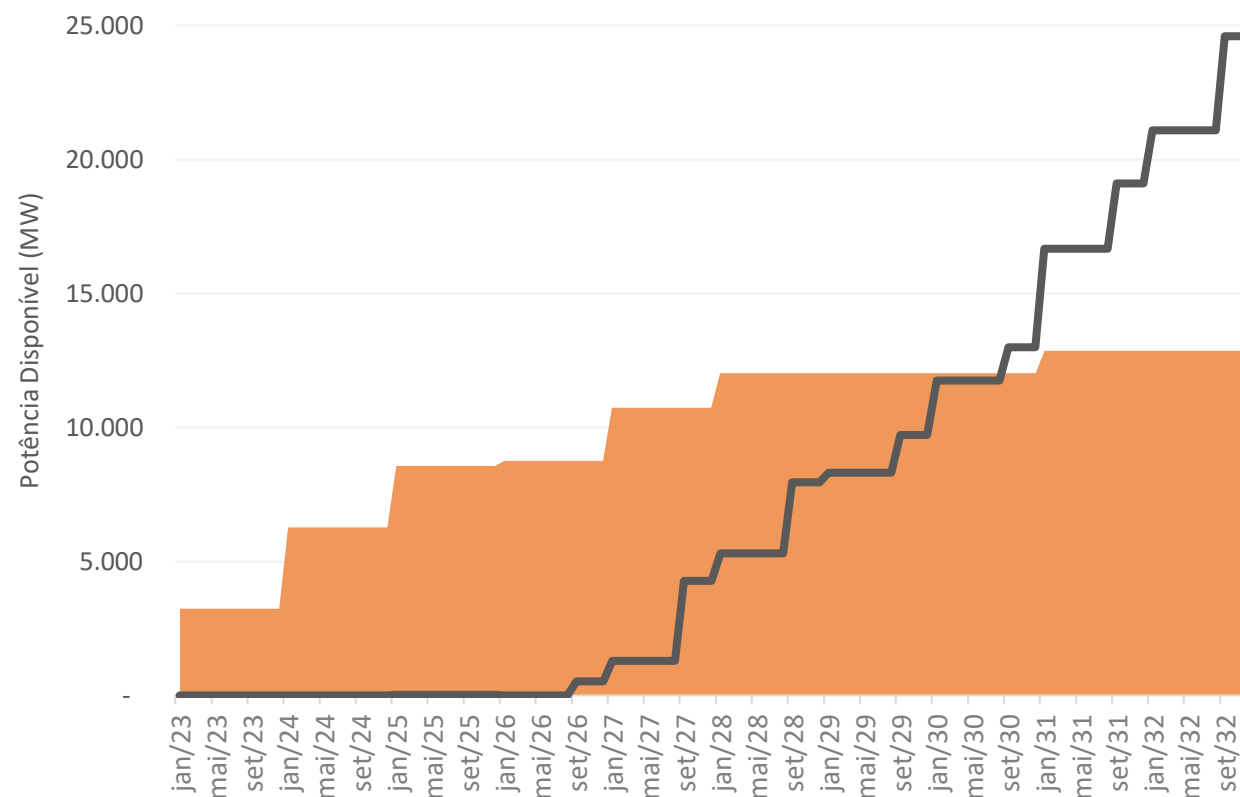


O atendimento desta demanda deve ser realizado através de uma contratação efetiva que busque o menor custo para o consumidor. O Leilão de Capacidade se mostrou um instrumento relevante neste propósito, permitindo a contestação entre novos projetos contra existentes na busca pelo atendimento do requisito de potência.

Comparação entre a oferta termelétrica sem contrato com o retirada da configuração do sistema e o requisito de potência

Base Quadrimestral

- Retirada de Potência Acumulada até 2032
- Requisito de Potência até 2032



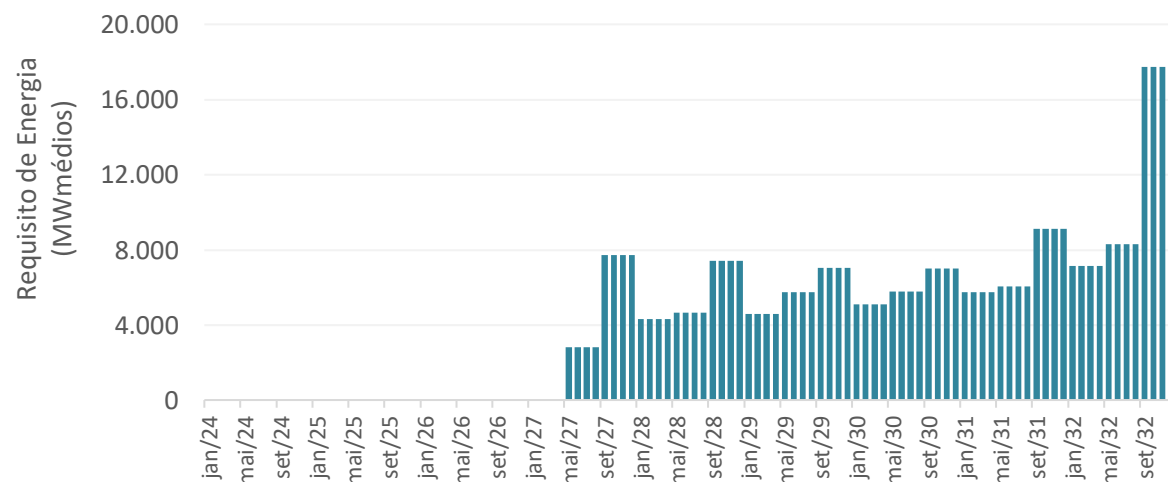
Requisitos de Energia e Potência do Sistema



Requisito de energia calculado para métricas $CVaR10\%(CMO) \leq 800[R\$/MWh]$ e $CVaR1\%(ENS) \leq 5$ [% da Demanda]

Base Quadrimestral

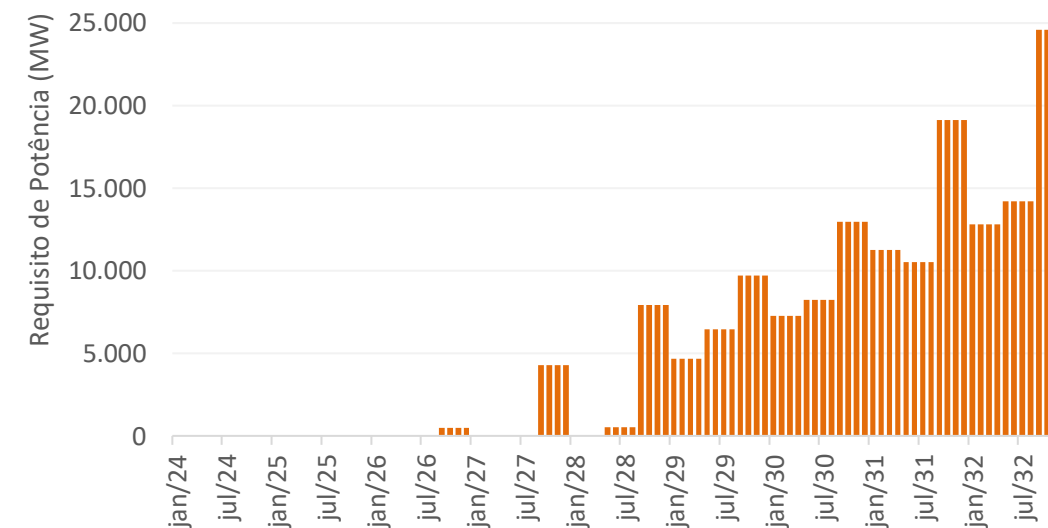
● $CVaR10\%(CMO) \leq 800R\$/MWh$



Requisito de Energia

Requisito de potência calculado para métricas $CVaR5\%(PNS)$ e LOLP
Base Quadrimestral

● Requisito para $CVaR5\%(PNS) \leq 5$ [%Demanda]



Requisito de Potência

A consideração dos **requisitos de energia e potência em base quadrimestral** trazem importantes ganhos para a definição dos **produtos a serem contratados na expansão**. Com essa forma de quantificação é possível identificar os momentos em que o sistema mais precisa de oferta, considerando as **características sazonais da carga e do mix de geração**. Com essa evolução, a expansão será mais eficaz, melhorando os investimentos do setor.

Os Requisitos de Energia e Potência do Sistema na Atividade de Planejamento

O estabelecimento dos novos critérios de suprimento do sistema e o cálculo dos requisitos de energia e potência são importantes passos no contínuo aperfeiçoamento da atividade de planejamento.

Outros aprimoramentos que vêm sendo continuamente desenvolvidos também devem ser destacados, como:

- Evolução da representação do sistema e fontes;
- Calibração das restrições operativas das hidrelétricas de forma mais aderente ao que é visto na operação;
- Utilização da carga líquida que permite visualizar sinergias entre a demanda e geração de fontes renováveis variáveis;
- Estudos utilizando modelos de representação individualizada.

Constante Evolução

Requisitos do Sistema

Restrições Operativas

Carga Líquida

Os Requisitos de Energia e Potência do Sistema na Atividade de Planejamento



O esforço por melhor representação de modelos computacionais e uso de dados críveis é importante para que o **planejamento** possa ser cada vez **mais focado nos requisitos** que o sistema precisa. Assim, os agentes de mercado podem **atender a essas demandas** com maior detalhamento e efetividade, entregando soluções de **menor custo para o consumidor**.

O atendimento dos requisitos deve, tanto quanto possível, estimular a competição entre as diversas soluções tecnológicas disponíveis, o que inclui tecnologias de geração, armazenamento e também de participação do consumidor, como a resposta de demanda. Deste modo, se mantém alinhado ao objetivo de compor um **parque gerador eficiente do ponto de vista energético e de custos**.



www.epe.gov.br

Diretor

Erik Eduardo Rego

Equipe Técnica

Superintendência de Geração

Coordenação Técnica

Bernardo Folly de Aguiar

Renato Haddad S. Machado

Thiago Ivanoski Teixeira

 [empresa-de-pesquisa-energetica](https://www.linkedin.com/company/empresa-de-pesquisa-energetica)



[@EPE_Brasil](https://twitter.com/EPE_Brasil)



[EPE](https://www.youtube.com/EPE)



[EPE Brasil](https://www.facebook.com/EPEBrasil)

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

Praça Pio X, 54

20091-040

Centro - Rio de Janeiro



Ministério de
Minas e Energia 