



Análises e Aprimoramentos nos modelos DESSEM e NEWAVE

André Luiz Diniz - Cepel
16/04/2026

Modelos para Despacho e Formação de Preço



Operador Nacional do
Sistema Elétrico



Operador do Mercado

Desenvolvidos pelo CEPEL,
colaborando com as instituições,
agentes do setor
e comunidade científica



Validados em grupos de trabalho com
ONS, CCEE, EPE, MME, ANEEL, e em
forças tarefas com agentes e
instituições do setor



Aprovado para uso oficial pela
agência regulatória



Utilizado por:

Despacho do Sistema



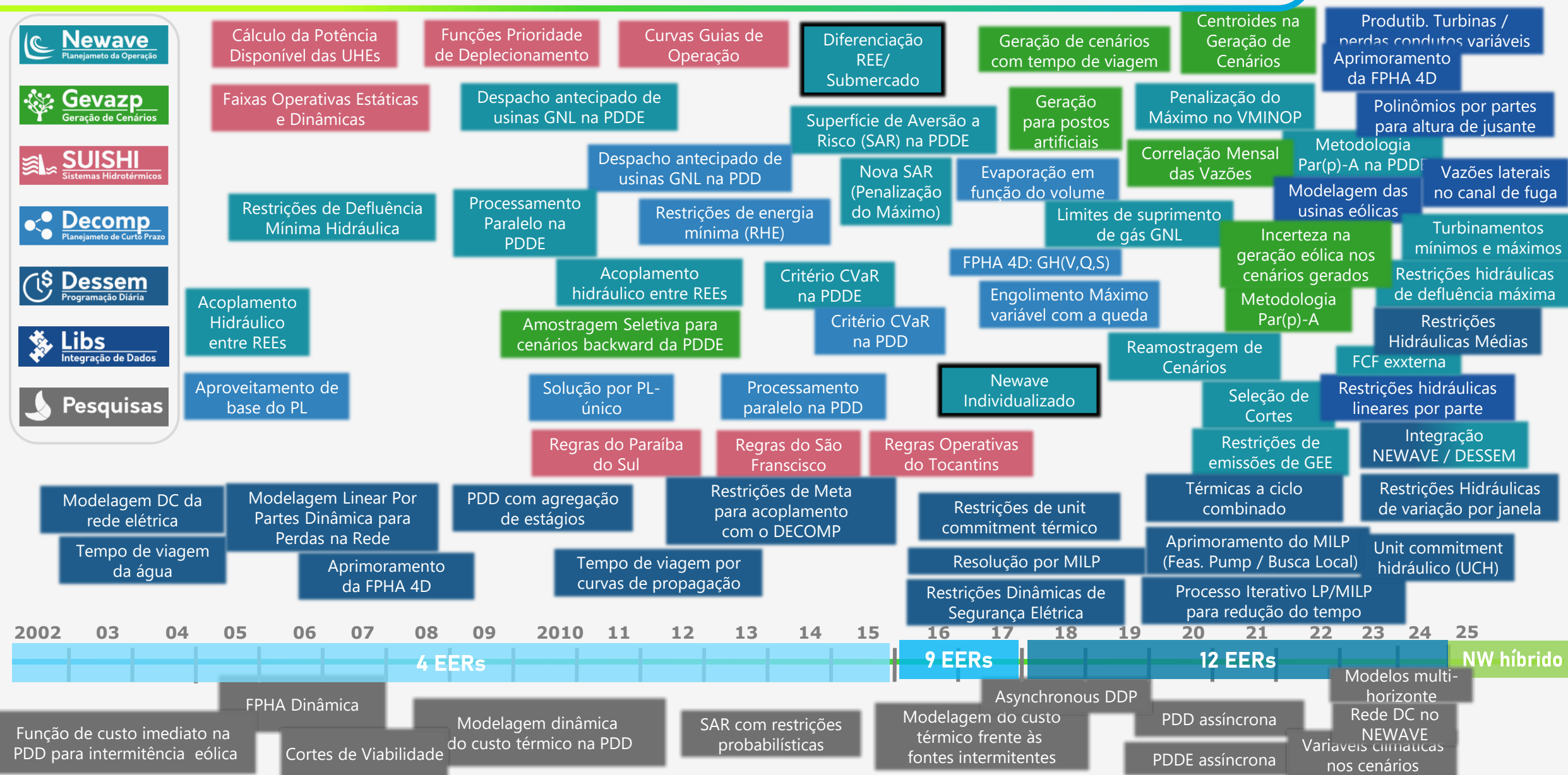
Formação de Preços



Planos de expansão



Agentes (P&D, prospecção de preços)



Aprimoramentos Mais Recentes: 2025 →

 **Newave**
Planejamento da Operação

 **Gevazp**
Geração de Cenários

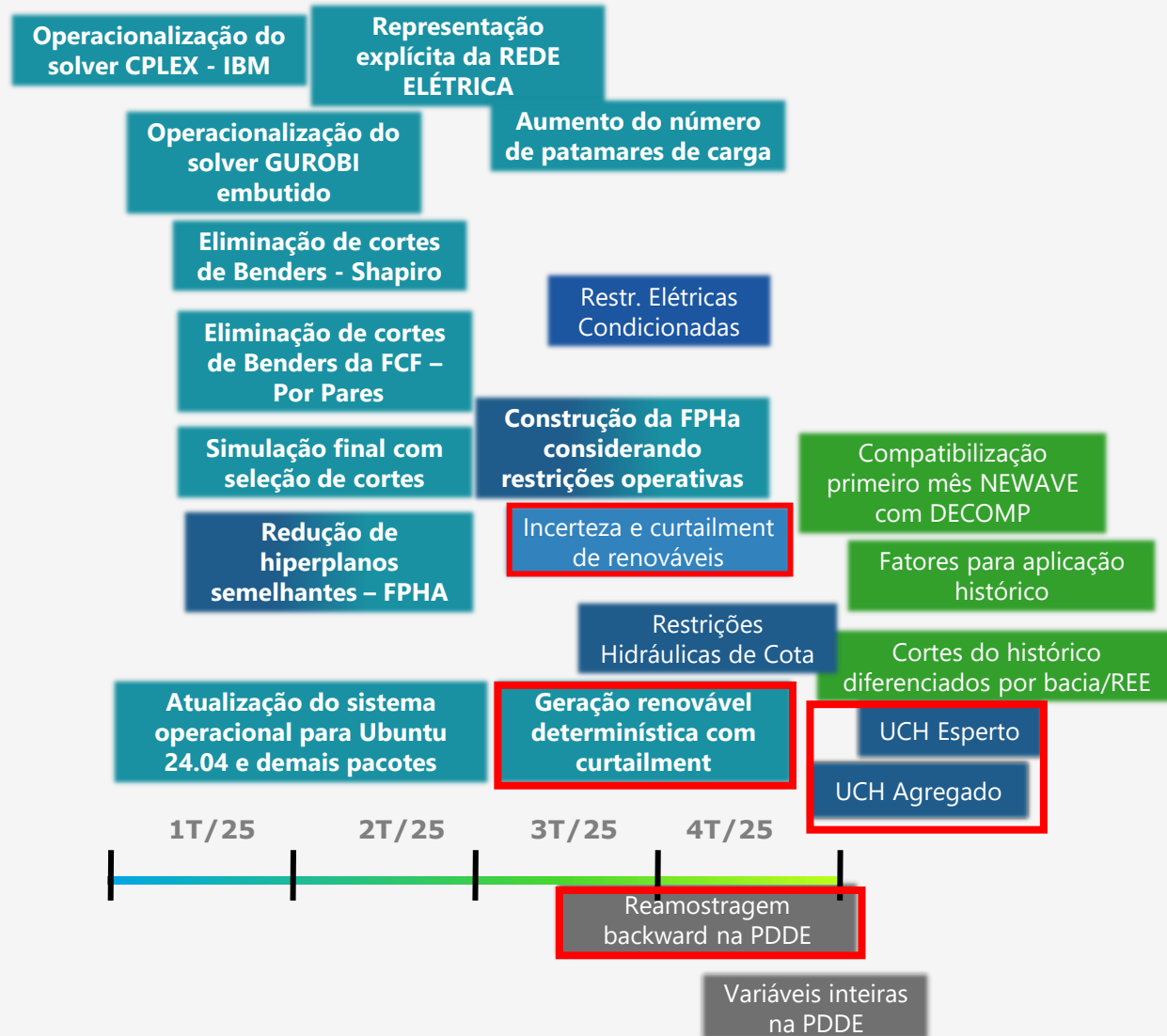
 **SUSHI**
Sistemas Hidrotérmicos

 **Decomp**
Planejamento de Curto Prazo

 **Dessem**
Programação Diária

 **Libs**
Integração de Dados

 **Pesquisas**

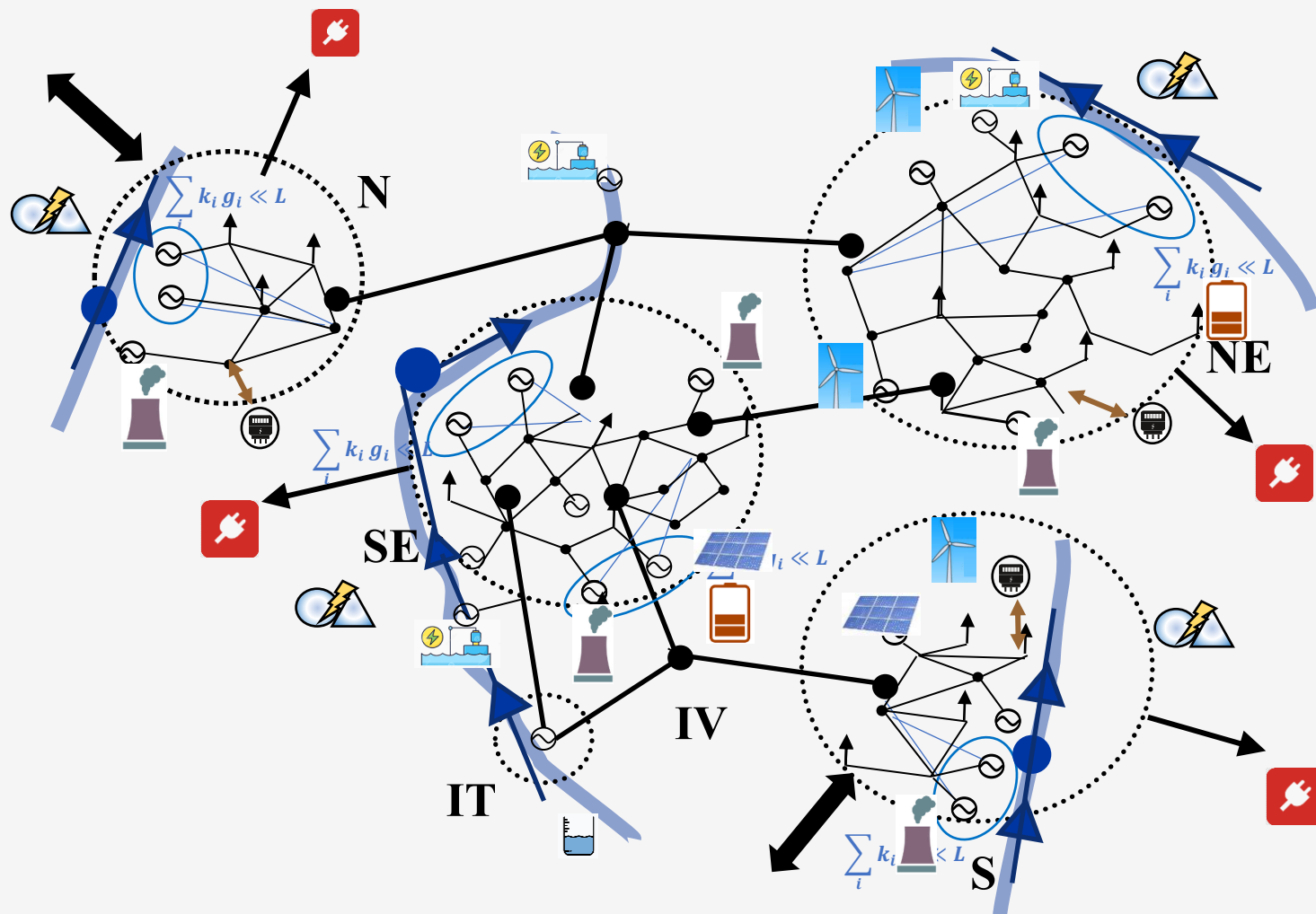
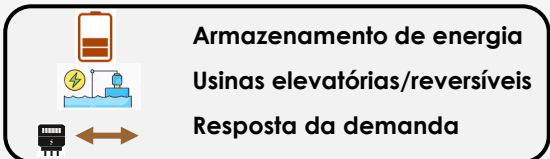
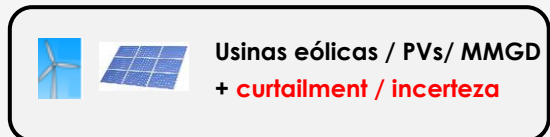
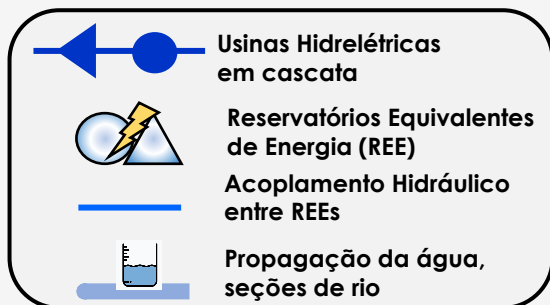
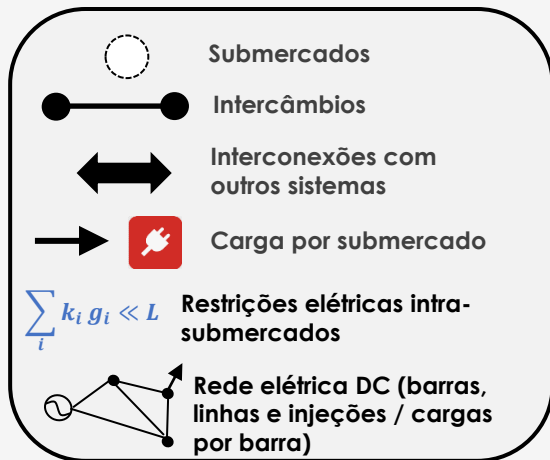


Representação e Componentes do Sistema

Newave Planejamento da Operação
Decomp Planejamento de Curto Prazo
Dessem Programação Horária

✓	✓	✓
✓	✓	✓
✗	✓	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✓
✗	✗	✓
✓	✓	✓
✓	✗	✗
✓	✗	✗
✗	✗	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✓
✓	✗	✗
✗	✗	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✗
✗	✗	✓
✓	✓	✓

(térmicas fictícias)



Análises e Aprimoramentos de Curto Prazo



1. Picos de Preço
2. Gurobi
3. Unit Commitment Hidráulico

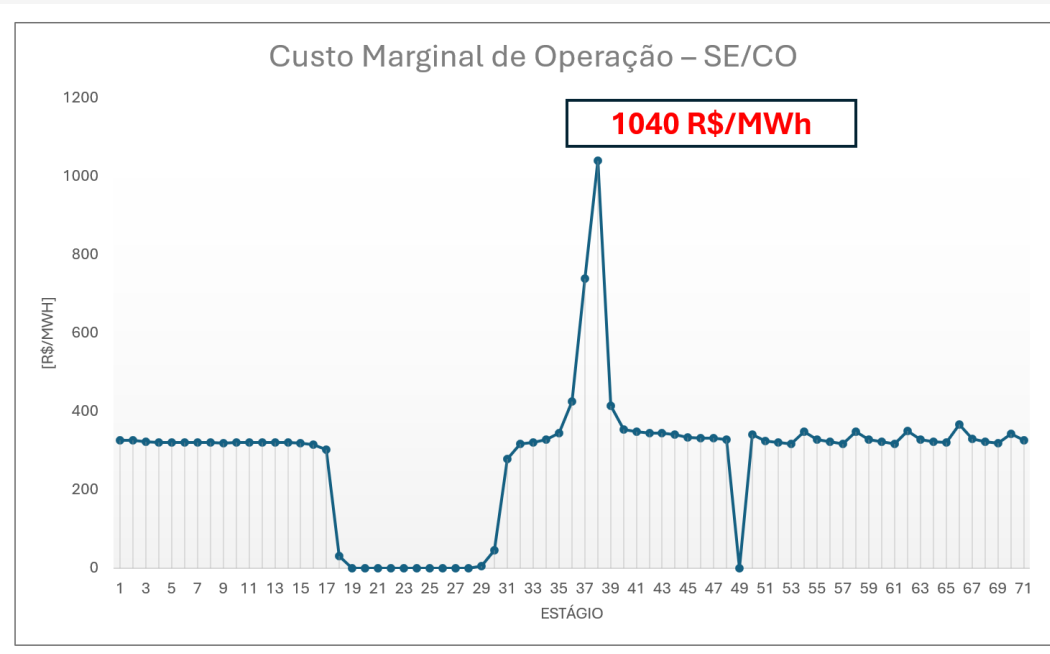


4. Diagnóstico / Análise da Sensibilidade aos dados de entrada
5. Ações Mitigatórias
6. Aprimoramentos na PDDE
7. Solução Estrutural: Reamostragem Backward

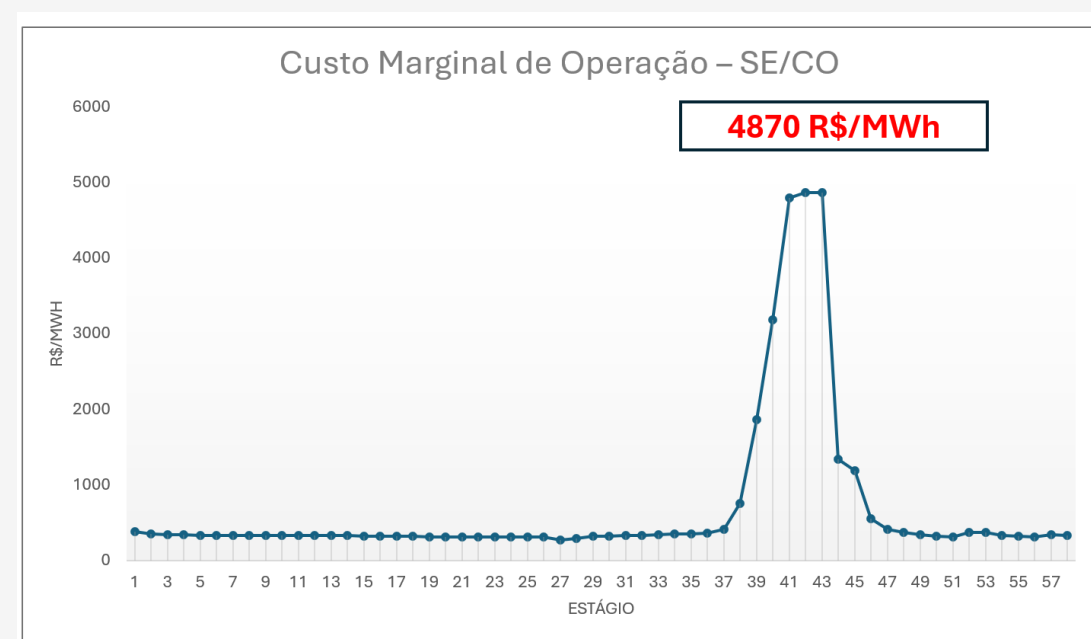


1. Picos de Preço no DESSEM

Dia 09/08/2025



Dia 04/02/2026



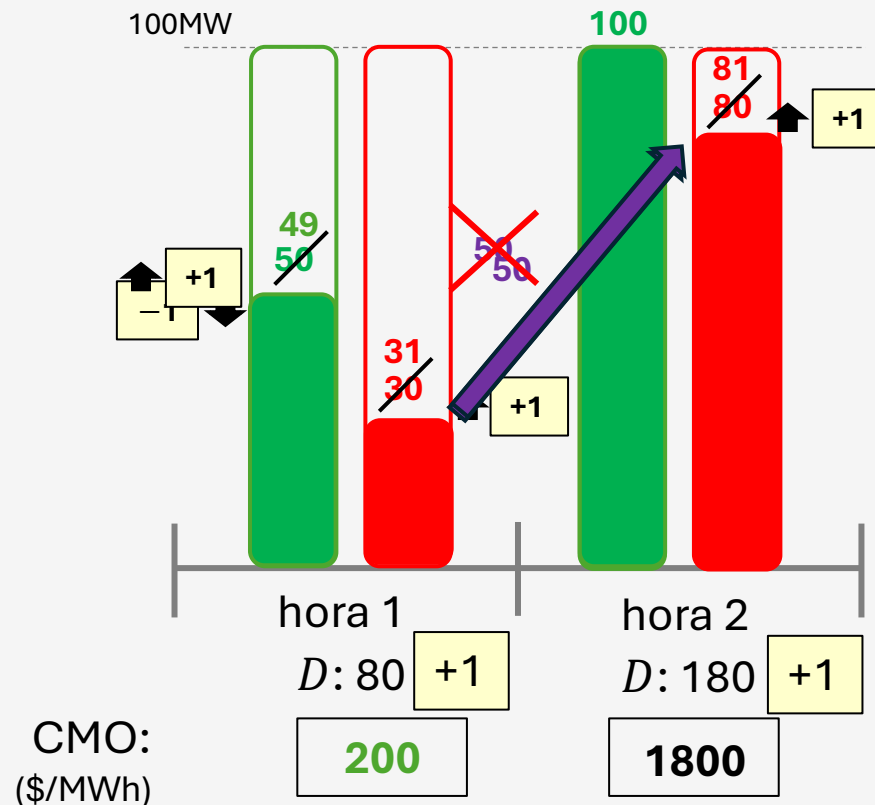
Qual o motivo para CMOs tão elevados, e até maiores do que a última térmica despachadas?

Exemplo de CMO maior que térmica mais cara

SEM restrições de rampa



COM restrições de rampa



D: demanda líquida



UTE 1

CVU = \$200/MWh

Pmax = 100MW



UTE 2

CVU = \$1000/MWh

Pmax = 100MW

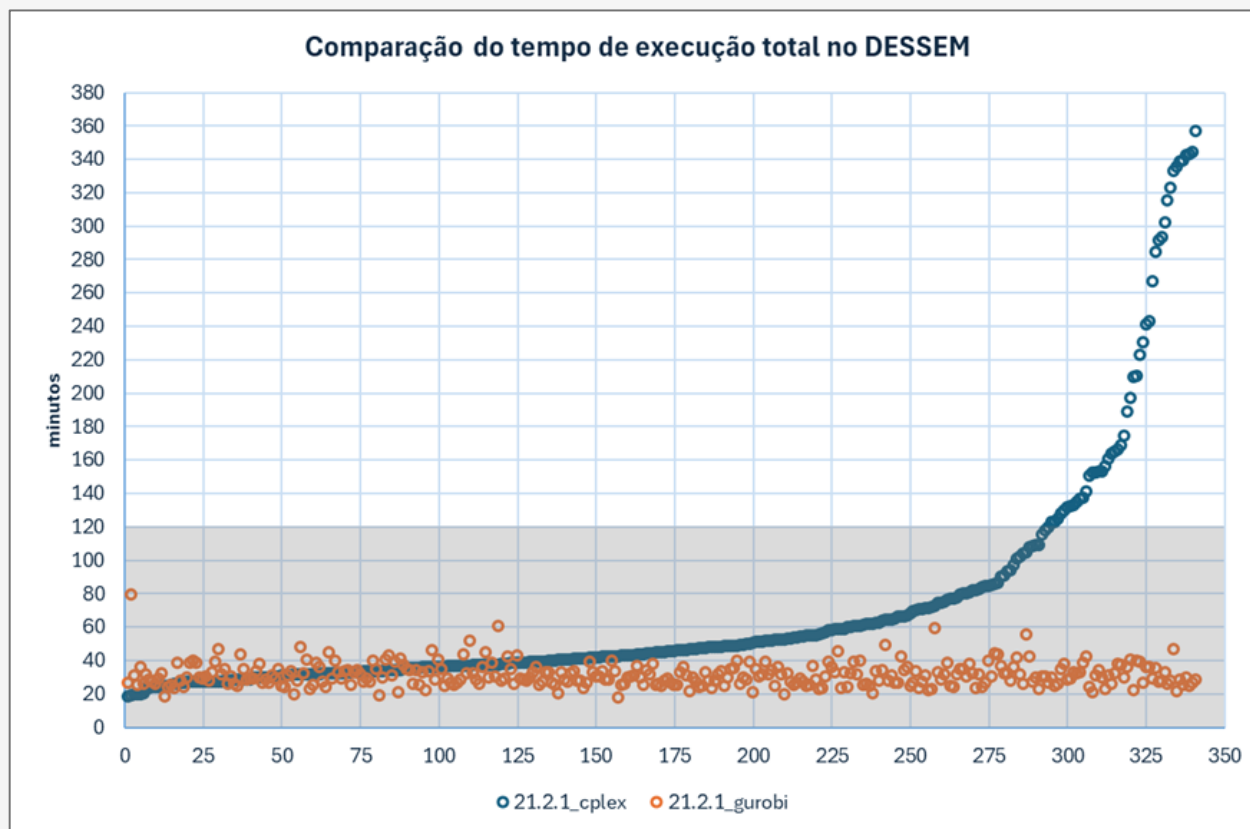
Rampa: 50 MW/h

$$\begin{aligned} \text{CMO}(t=2) &= +1000 \\ &+1000 \\ &-200 \\ &+1800 \end{aligned}$$

- Restrições de rampa trazem sinais de preço distintos da lógica “último recurso despachado”
- Preços são afetados pelo CVU e valor da água mas a relação não é tão direta

2. Solver GUROBI

Análise de 1 ano de casos do ONS



- Período de julho/24 até junho/25

Sem diferenças (tolerância 5min)	Mais rápidos	Mais Lentos	Total
65	242	34	341
19,1%	71,0%	10,8%	100%

- 70 minutos** em média com a versão CPLEX 21.2.1
- 31 minutos** em média com Gurobi 21.2.1

ONS continua avaliando o GUROBI e constatando reduções relevantes de tempo no casos de 2026

Modelo Comercial está sendo tratado com a GUROBI

3. Unit Commitment Hidráulico (UCH)

Versão inicial: Jan/2023

- Status on/off das unidades geradoras
- Potência mínima por unidade (se acionada)
- Tempo mínimo ligada / desligada
- Operação em vazio

Dificuldades nos testes pelo ONS

- Tempo computacional
- Tratamento de inviabilidades
- Dados de entrada

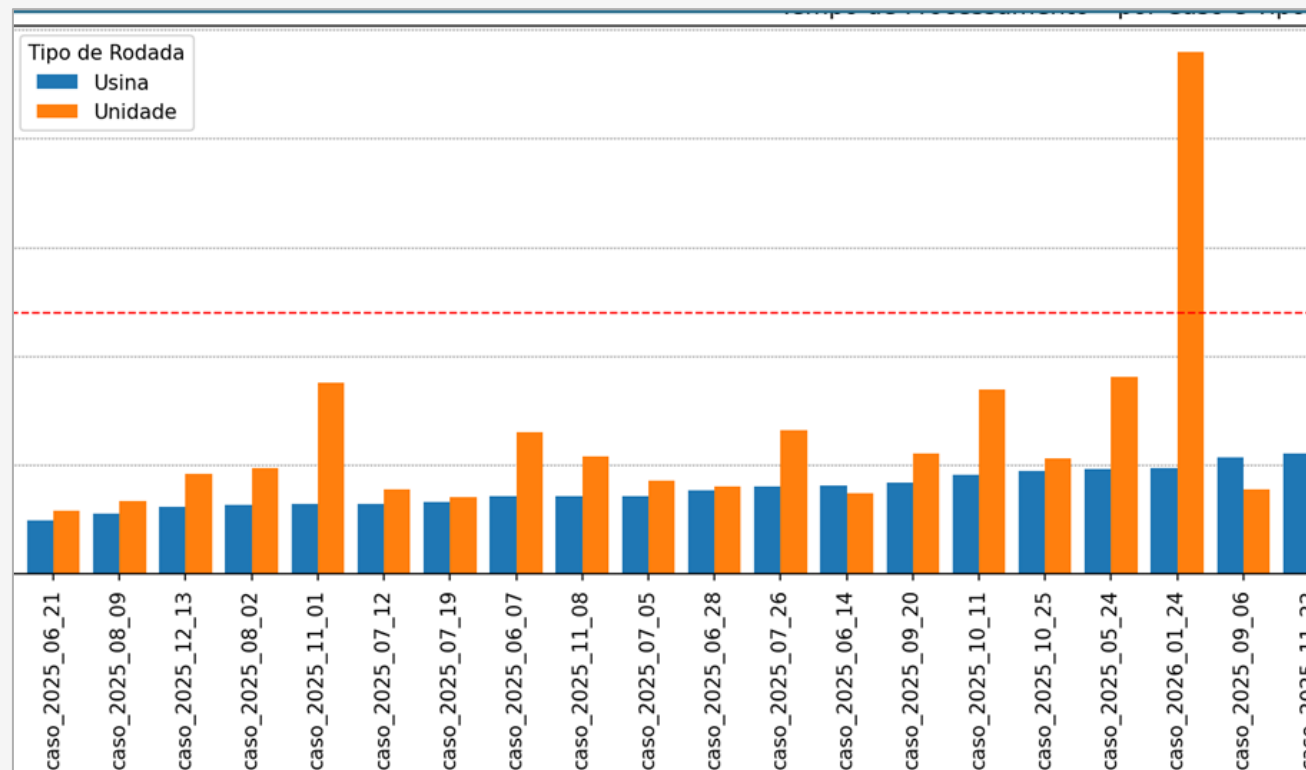
“UCH agregado”: Fev/2026

- UCH por unidade,
- UCH por conjunto
- UCH por usina

“UCH esperto”: Mar/2026

- Identificação de inviabilidades do UCH em conjunto com demais restrições hidráulicas

Reduções de tempo com UCH agregado (análises preliminares)



Testes e análises em curso !



4. Sensibilidade aos dados de entrada: Diagnóstico e Análise Conceitual

4. Análise da sensibilidade aos dados

Modificações nos dados de entrada

- Sensibilidade aos dados de carga
- Alterações na inflexibilidade térmica (ex: Geração Térmica mínima GNL)



Não se esperam variações relevantes nos resultados, se realizado o mesmo número de iterações da PDDE

Modificações nos cenários gerados

- Alteração da semente
- Alterações na ordem das usinas hidrelétricas ou nos REEs



Serão sorteados outros cenários backward, que podem causar diferenças relevantes

4. Análise da sensibilidade aos dados

O híbrido aumentou a variabilidade aos cenários?

REE também tem
sensibilidade amostral:
Ordem dos REEs

REES X SUBMERCADOS				
NUM	NOME REES.	SUBM	MES	ANO
XXX	XXXXXXXXXX	XXX	XX	XXXX
1	SUDESTE	1		
6	MADEIRA	1		
7	TPIRES	1		
5	ITAIPU	1		
10	PARANA	1		
12	PRNPANEMA	1		
2	SUL	2		
11	IGUACU	2		
3	NORDESTE	3		
4	NORTE	4		
8	BMONTE	4		
9	MAN-AP	4		

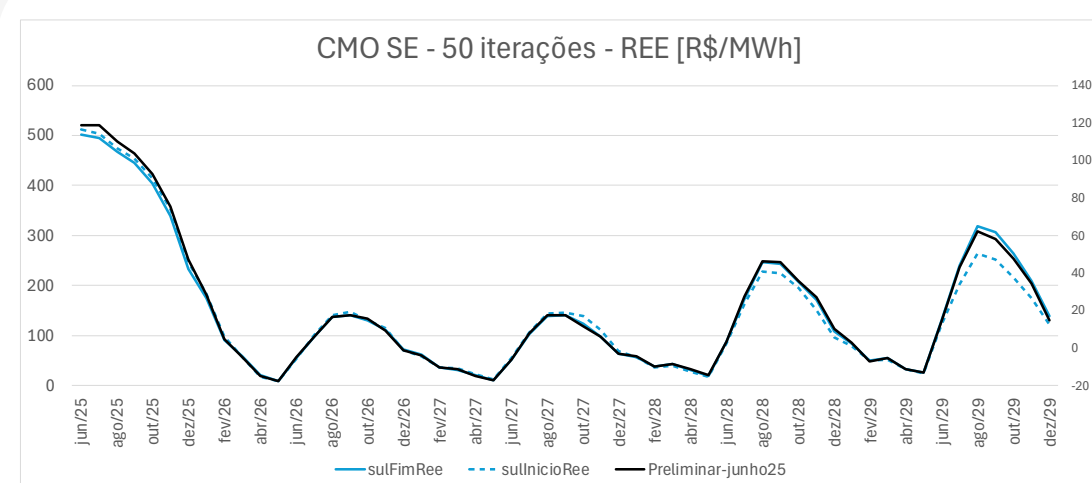
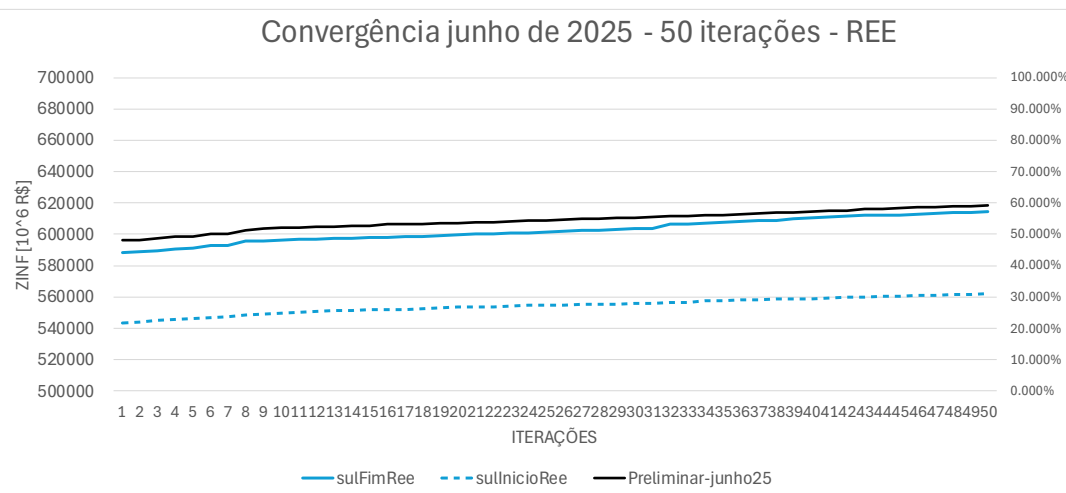
Ordem original

REES X SUBMERCADOS				
NUM	NOME REES.	SUBM	MES	ANO
XXX	XXXXXXXXXX	XXX	XX	XXXX
1	SUDESTE	1		
6	MADEIRA	1		
7	TPIRES	1		
5	ITAIPU	1		
10	PARANA	1		
12	PRNPANEMA	1		
11	IGUACU	2		
3	NORDESTE	3		
4	NORTE	4		
8	BMONTE	4		
9	MAN-AP	4		
2	SUL	2		

SUL último REE

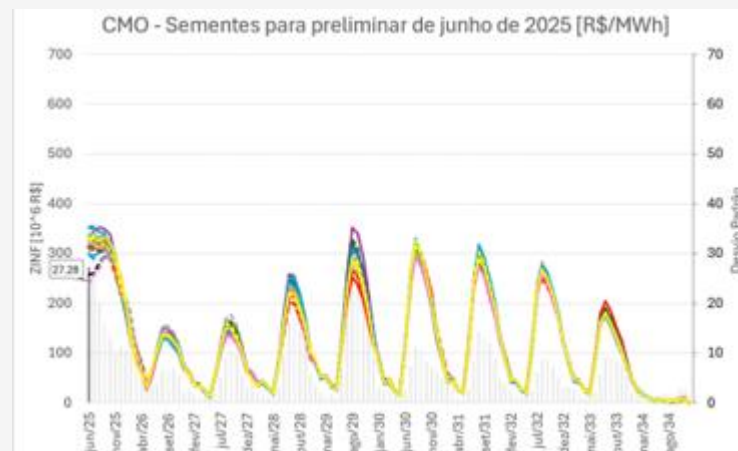
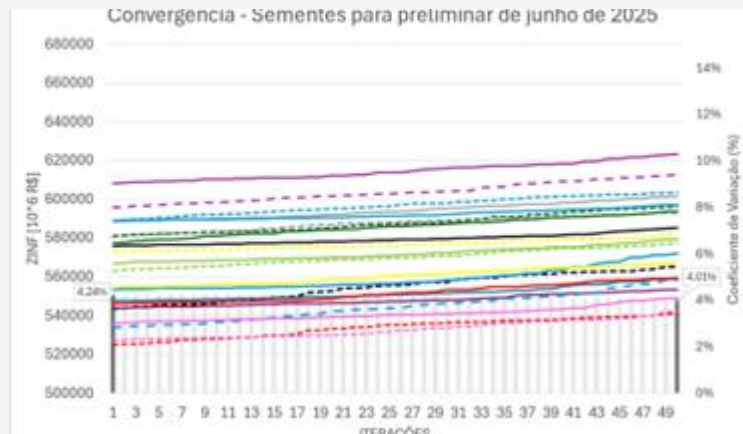
REES X SUBMERCADOS				
NUM	NOME REES.	SUBM	MES	ANO
XXX	XXXXXXXXXX	XXX	XX	XXXX
2	SUL	2		
1	SUDESTE	1		
6	MADEIRA	1		
7	TPIRES	1		
5	ITAIPU	1		
10	PARANA	1		
12	PRNPANEMA	1		
11	IGUACU	2		
3	NORDESTE	3		
4	NORTE	4		
8	BMONTE	4		
9	MAN-AP	4		

SUL primeiro REE



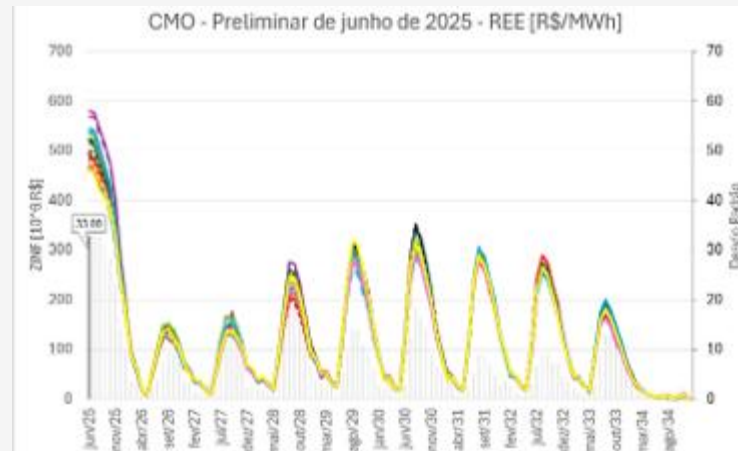
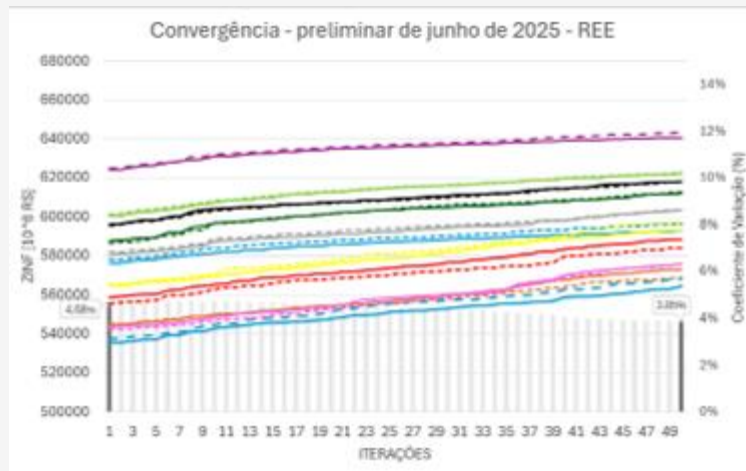
4. Análise da sensibilidade aos dados

O híbrido aumentou a variabilidade aos cenários?



**REE também tem
sensibilidade amostral:
Troca da semente**

Híbrido com parâmetros
oficiais de 2025



REE com parâmetros
oficiais de 2025

Status da PDDE na Literatura

Aplicações existentes consideram casos com pequeno número de variáveis aleatórias e/ou sem considerar dependência temporal

Convergência da PDDE em casos de grande porte ainda é um grande desafio

2013



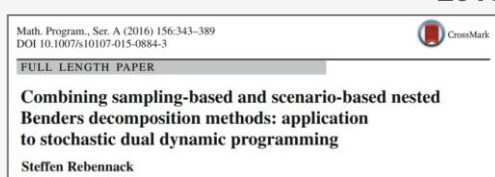
2017



2018



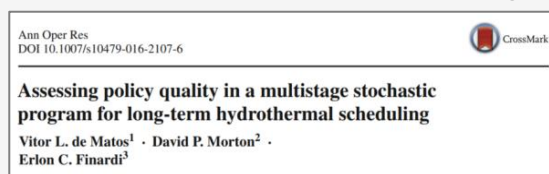
2016



2015



2017



2023



2019



Algoritmo original

- Mais estável com # iterações
- Ausência de convergência teórica

Reamostragem Forward

- Requisito para convergência
- Maior variabilidade dos resultados

Maior Estabilidade ou
Qualidade / Convergência Teórica ?



Preferencialmente,
ambos!

Como melhorar Estabilidade e Qualidade dos Resultados?

Premissas:

- Garantir convergência Teórica
- Avaliar o impacto das imprecisões matemáticas

Ações Mitigatórias

- Evitar variações casuais da parada do algoritmo
- Evitar variação casual dos cenários com os dados



Ações para aprimorar o desempenho da PDDE

- Eficientização do algoritmo para permitir um maior número de iterações
- Avaliação dos parâmetros da PDDE



Ações estruturais

- Estratégias que melhorem a estabilidade, reduzam a variabilidade amostral com a semente e não onerem demasiadamente o tempo computacional

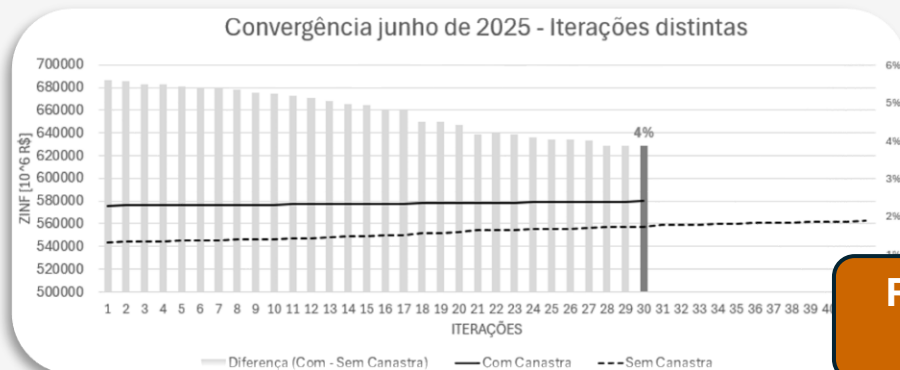


5. Ações Mitigatórias para sensibilidade da **PDDE** aos dados de entrada

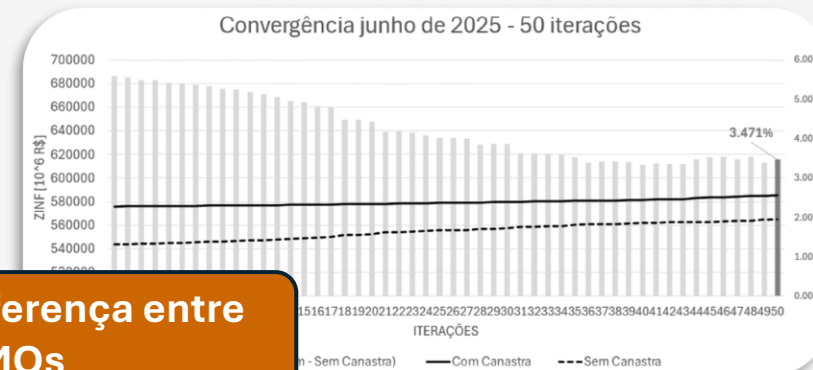
1. Fixação no Número de Iterações da PDDE

Na ausência de critério de parada, um número fixo de iterações é adotado em vários trabalhos da literatura

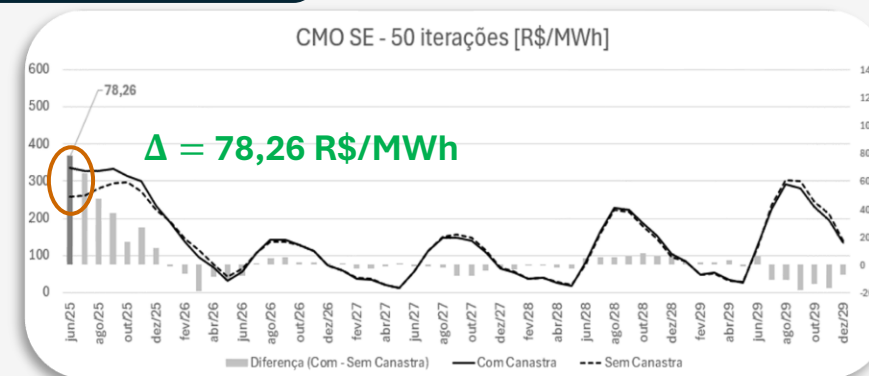
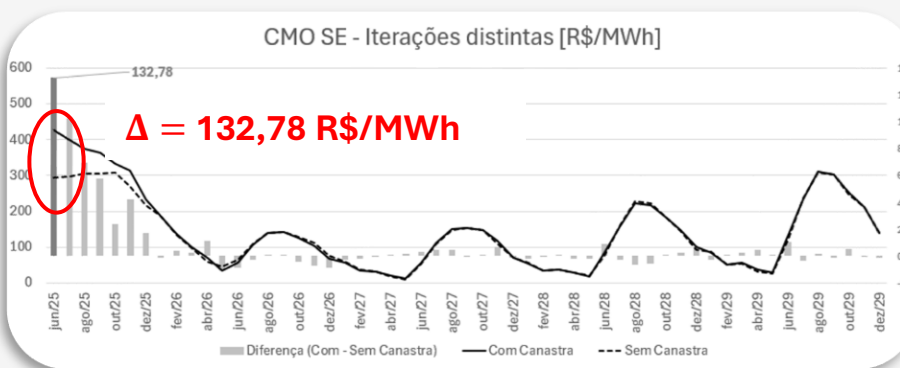
Caso Canastra – Critério de Parada Vigente (possível número diferente de iterações)



Caso Canastra – Número fixo de 50 iterações



Redução na diferença entre os CMOs



2. Mudança na escolha dos ruídos ao entrar uma usina

Escolha da semente para cada usina de forma independente da quantidade de usinas no estudo

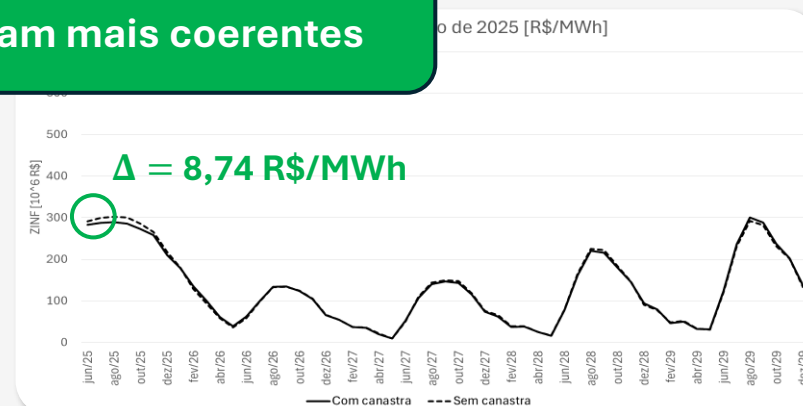
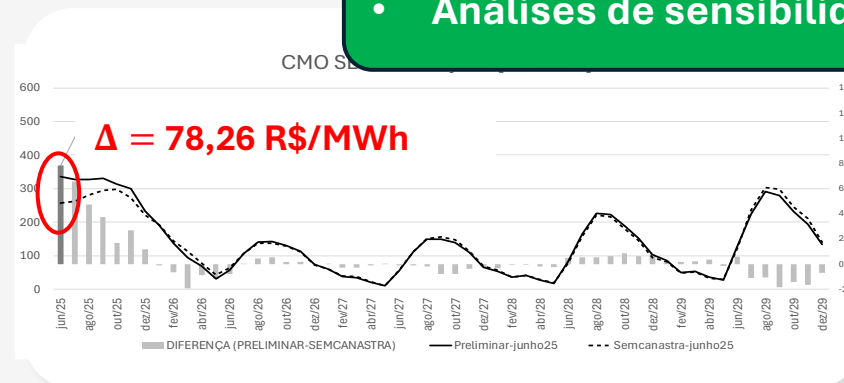
Ruídos com base no # postos (30.0.4)

Ruídos com base no # máximo de postos (31_centos)

Caso Canastra



- Redução relevante na variação dos resultados
- Análises de sensibilidade ficam mais coerentes



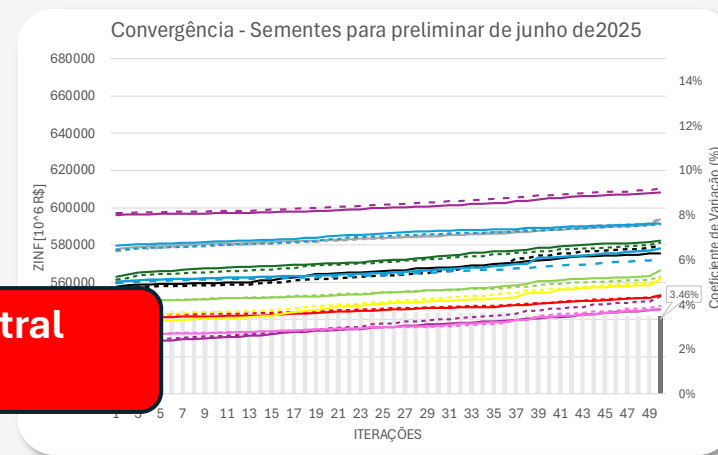
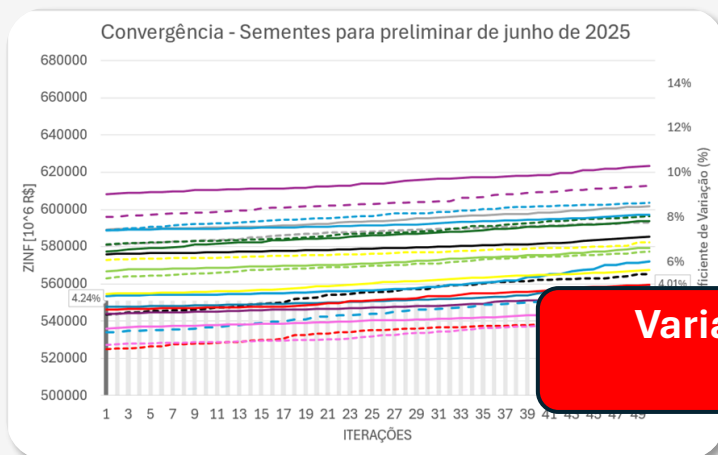
2. Mudança na escolha dos ruídos ao entrar uma usina

Variação explícita da semente para geração de cenários

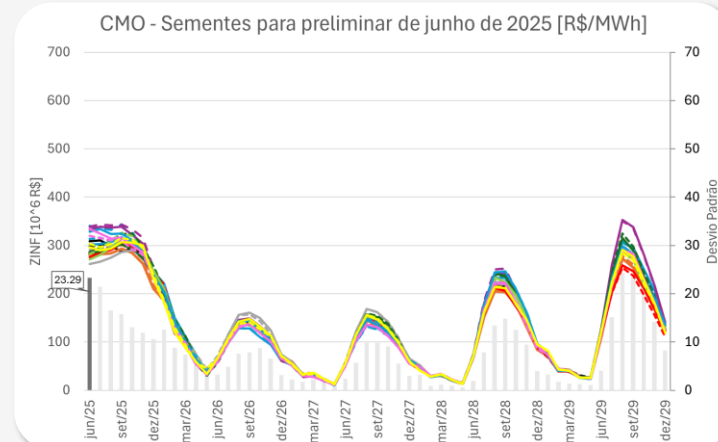
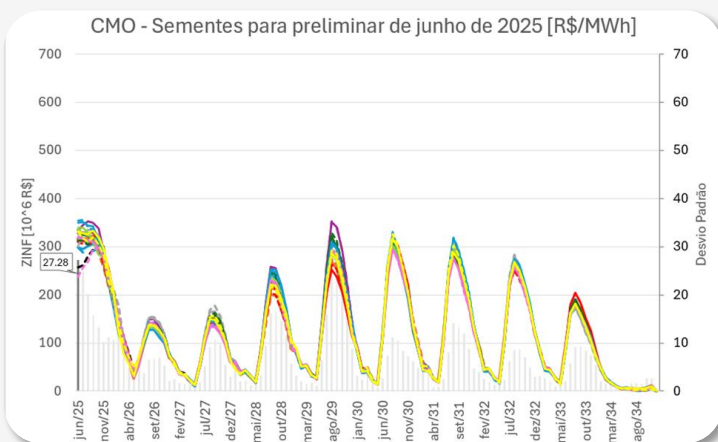
Ruídos com base no # postos (30.0.4)

Ruídos com base no # máximo de postos (31_centos)

Caso
Canastra



**Variabilidade Amostral
Permanece!**



3. Ordenação automática dos dados de entrada

Como Funciona?

- Ativação opcional via flag no dger.dat, permitindo a ordenação automática dos dados de entrada.

Aplicado a:

- Usinas **hidrelétrica**
- Usinas **termelétricas**
- **Submercados**
- **REEs**
- **Estações de bombeamento**
- Restrições hidráulicas de vazão (**RHQ**)
- restrições hidráulicas de volume (**RHV**)
- Parques **Eólicos** Equivalentes (**PEEs**)



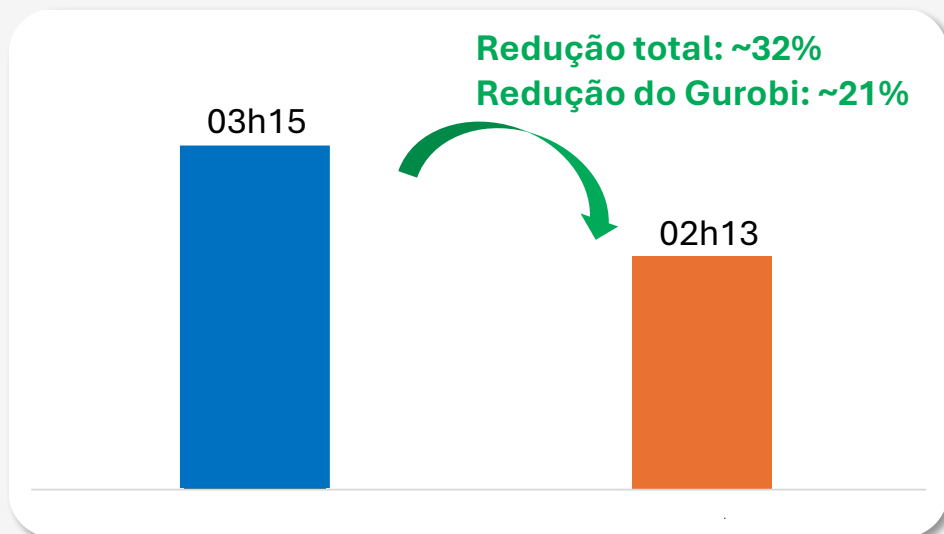
6. Ações para aprimorar o desempenho da **PDDE**

1. Eficientização no Tempo computacional

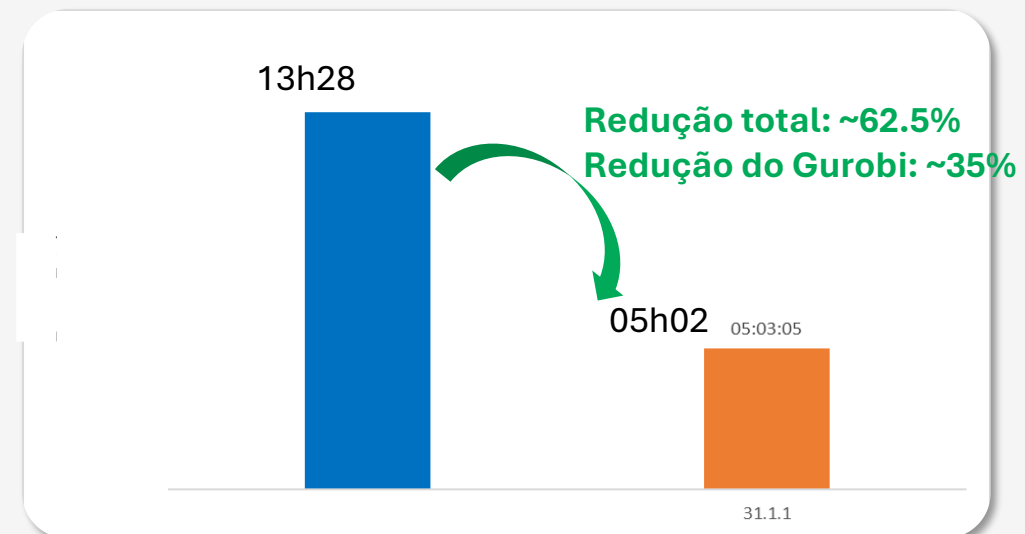
- FCF externa para o período pós
- Eliminação de cortes: algoritmo de comparação por pares
- Redução de hiperplanos semelhantes da FPHA
- Uso do solver GUROBI[v30.3_gurobi_trial];



Caso oficial: 1 ano individualizado
4 anos agregados em reservatórios equivalentes de energia



Representação completamente individualizada –
5 anos totalmente individualizado



2. Avaliação dos parâmetros da PDDE

Número de séries Forward

Melhor explorar a árvore de cenários para aprimorar a convergência)

“não muda” o problema”

“muda” o problema

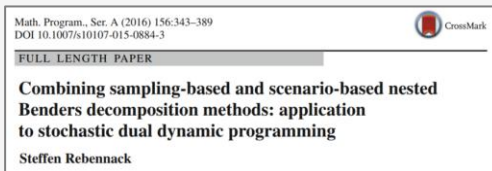


1 série por iteração



Número fixo de séries

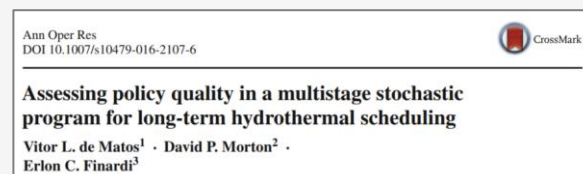
$N = 100$



$N = 200$



Número crescente ao longo das iterações



Número de cenários Backward

Melhor representar o processo estocástico e ser menos suscetível à variação dos cenários

Tamanho do Horizonte de Planejamento

Planejamento adaptativo (“rolling Horizon”) pode favorecer horizontes mais curtos

Trade-off entre tempo computacional, variabilidade e qualidade dos resultados

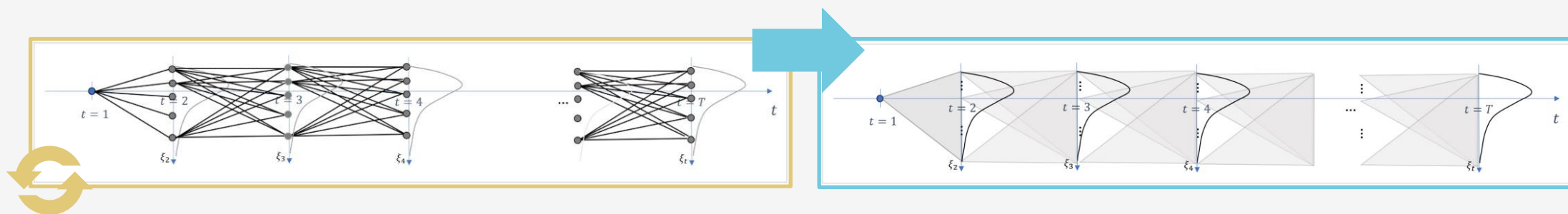


7. Proposta estrutural para a **PDDE** Reamostragem Backward

Reamostragem Backward

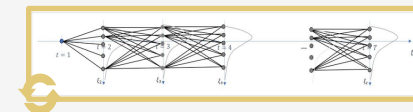
Aumentar a robustez da política operativa
em relação à distribuição contínua!

Ser ótimo para **UMA aproximação discreta** não é o mesmo que
estar preparado para **todo o conjunto de possíveis aproximações**.



**Reamostragem dos cenários backward
ao longo das iterações da PDDE**

Reamostragem Backward – Custo computacional



Cenários Backward tradicionais

Mais robustez? Tem preço.

Aumento dos parâmetros da PDDE:

- mais cenários
- mais aberturas
- mais iterações

+ robustez

+ custo computacional.

Reamostragem Backward

Não é necessário aumentar o número de cenários backward !

MAIS ROBUSTEZ SEM CUSTO ADICIONAL POR ITERAÇÃO

Para atender aos requisitos técnicos, utiliza-se uma amostragem estratificada

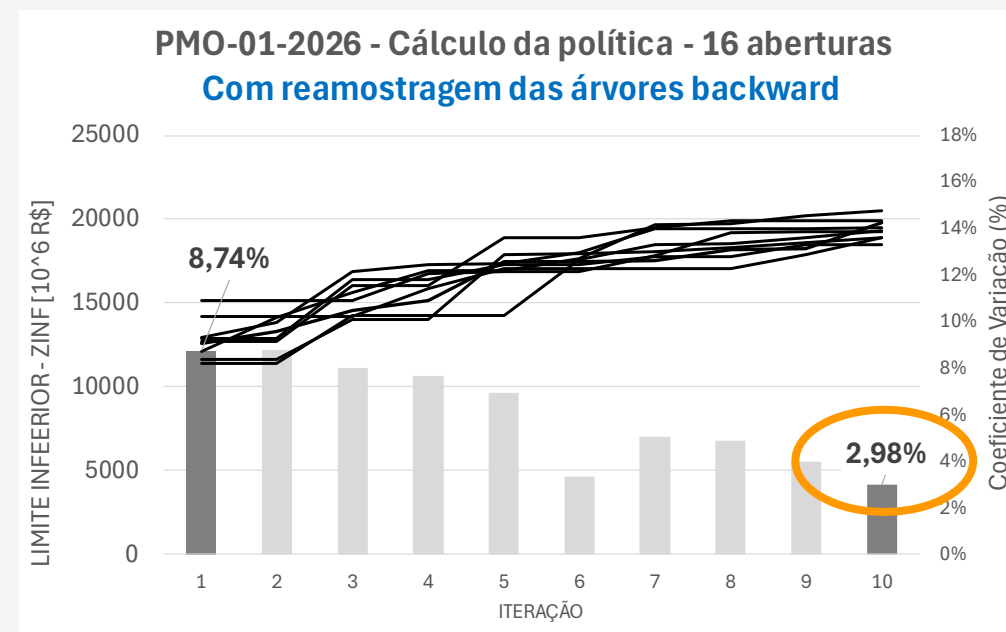
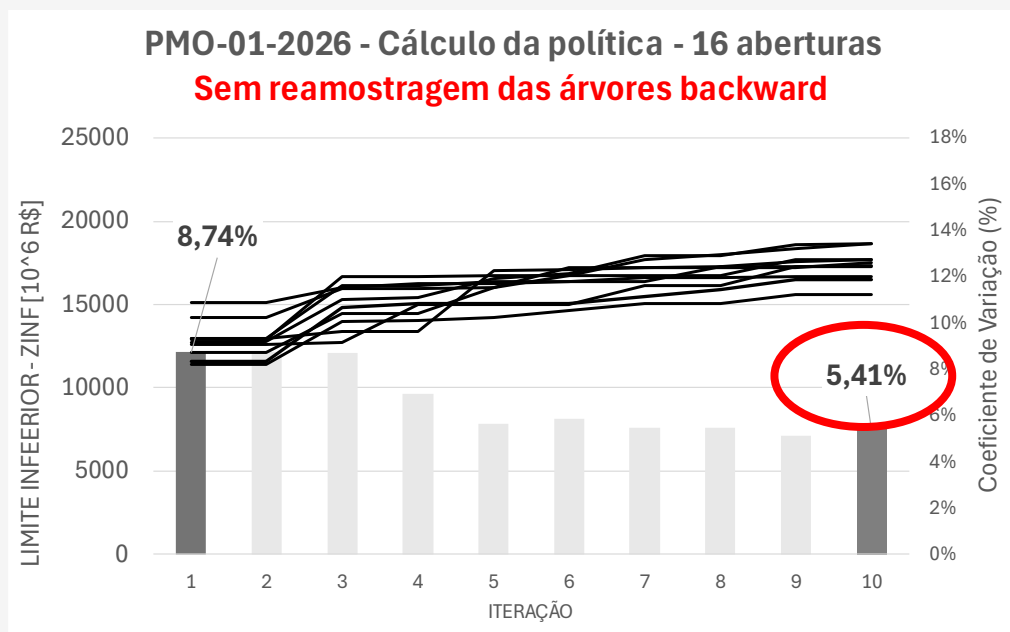
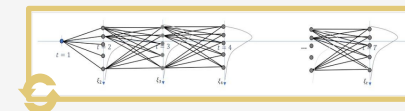
Reamostragem Backward

16 aberturas

PMO-01-2026

Horizonte: 1 ano

Simulação final com 1600 cenários de AAS
100 cenários forward por iteração



Menor variabilidade amostral

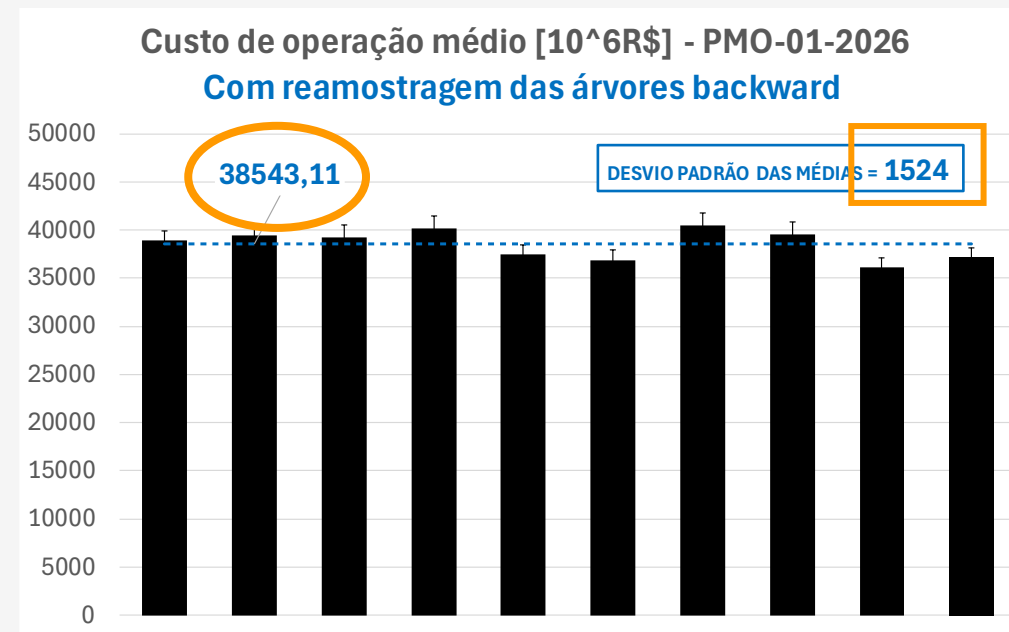
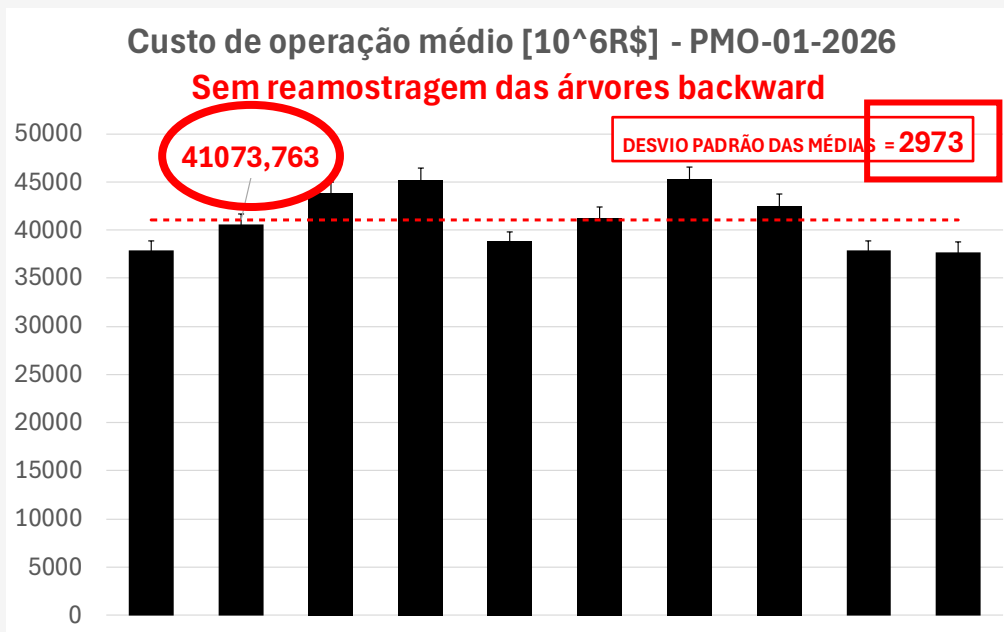
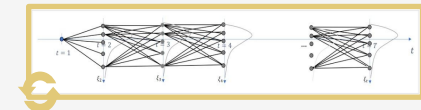
Reamostragem Backward

16 aberturas

PMO-01-2026

Horizonte: 1 ano

Simulação final com 1600 cenários de AAS
100 cenários forward por iteração



Menor custo, menor desvio padrão, mesmo tempo computacional

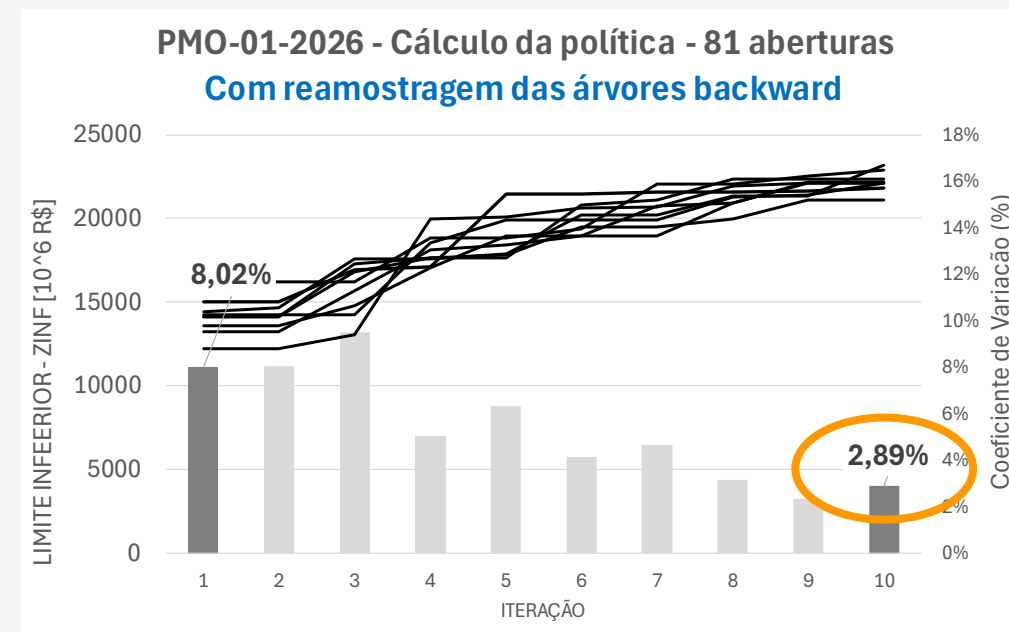
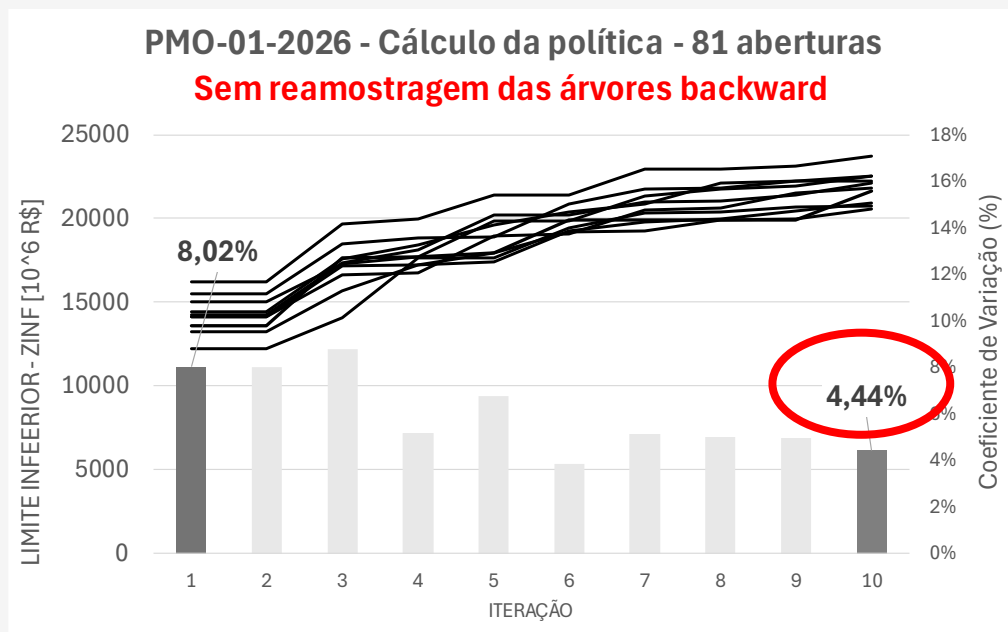
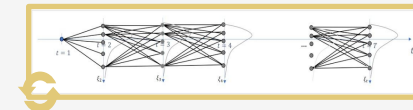
Reamostragem Backward

81 aberturas

PMO-01-2026

Horizonte: 1 ano

Simulação final com 1600 cenários de AAS
100 cenários forward por iteração



Menor variabilidade amostral

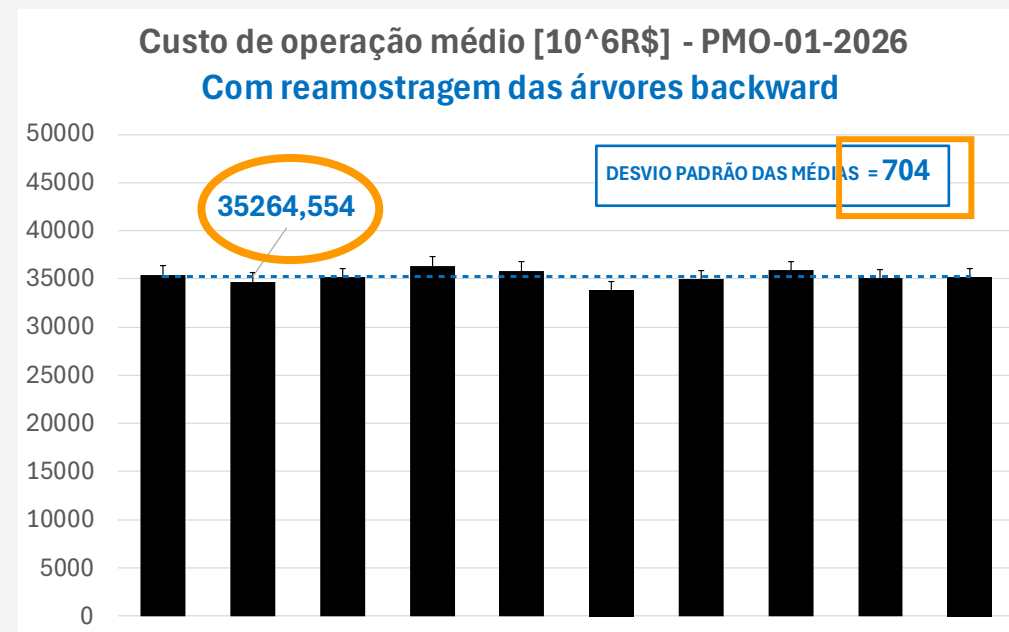
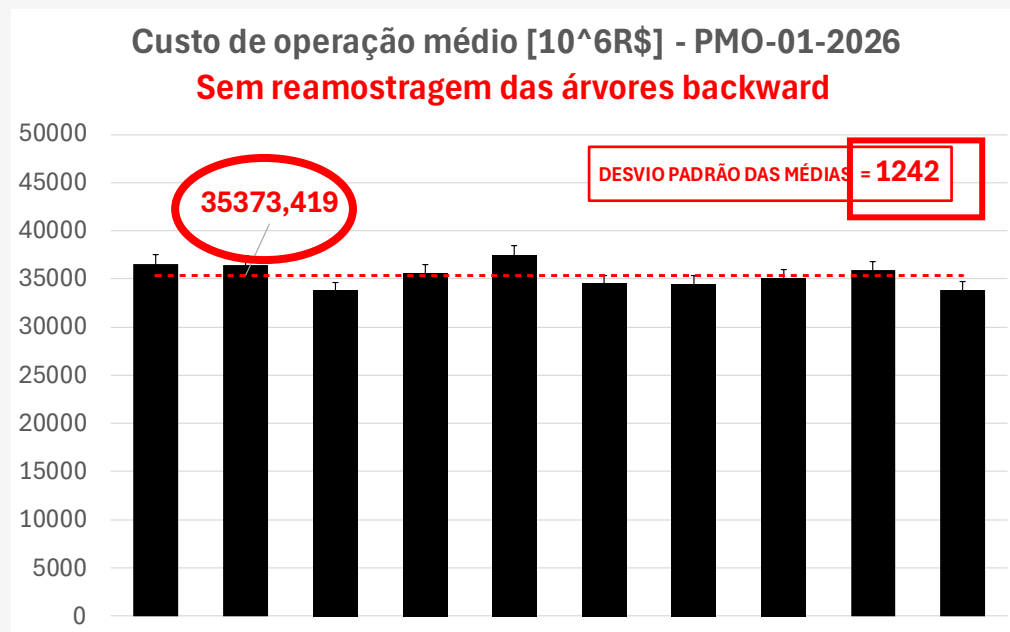
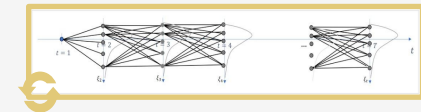
Reamostragem Backward

81 aberturas

PMO-01-2026

Horizonte: 1 ano

Simulação final com 1600 cenários de AAS
100 cenários forward por iteração



Menor custo, menor desvio padrão, mesmo tempo computacional

Aprimoramentos Futuros nos Modelos

Aprimoramentos Futuros nos Modelos

**Newave**
Planejamento da Operação

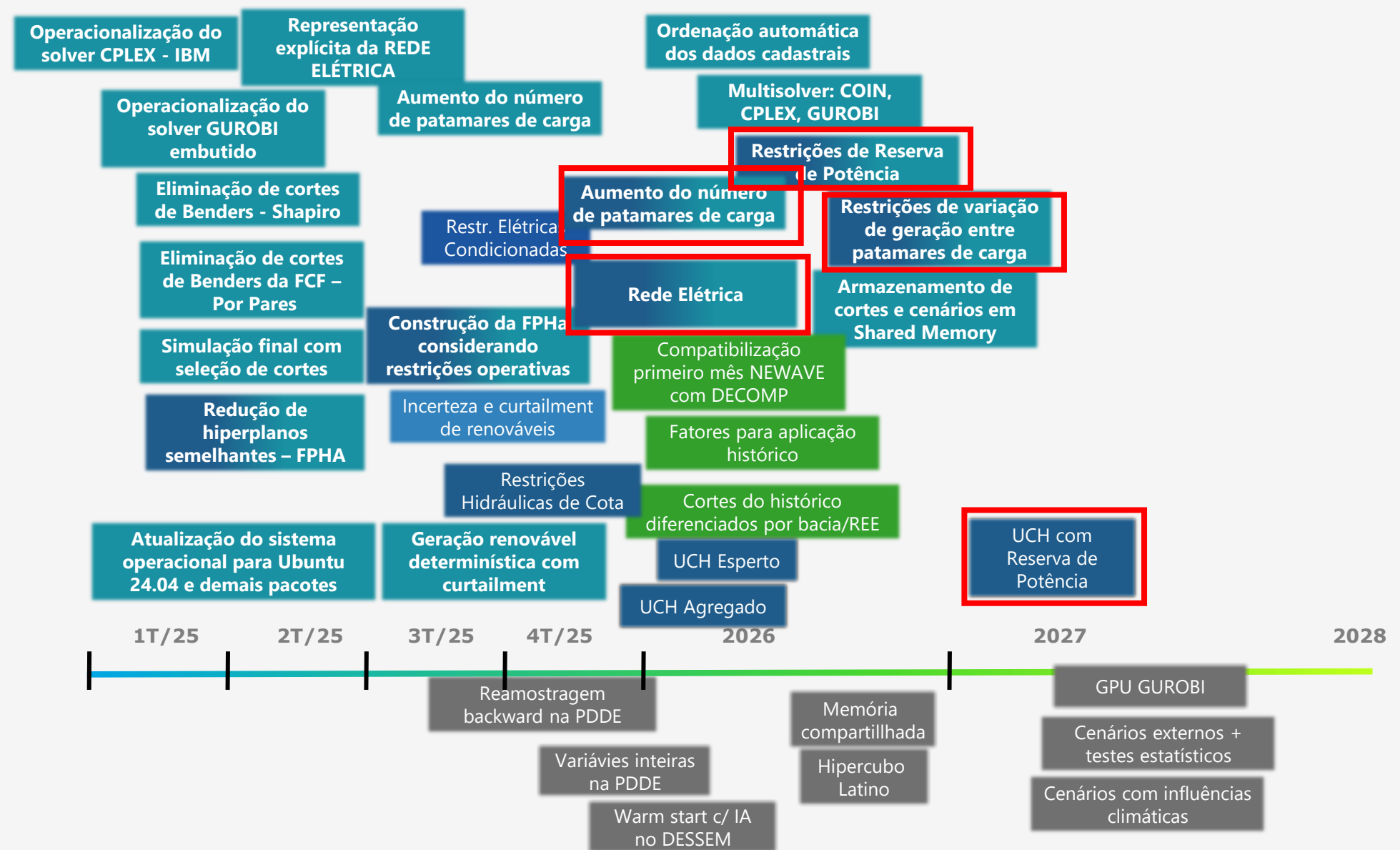
**Gevazp**
Geração de Cenários

**Decomp**
Planejamento de Curto Prazo

**Dessem**
Programação Diária

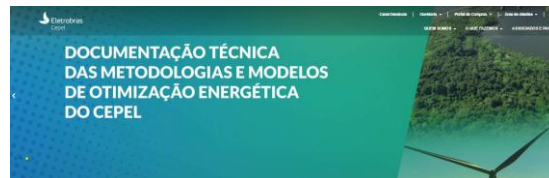
**Libs**
Integração de Dados

**Pesquisas**



Obrigado!

diniz@cepel.br
criscruz@cepel.br
pedro.lira@cepel.br
danielle.freitas@cepel.br
renata.pedrini@cepel.br
liliancbs@cepel.br



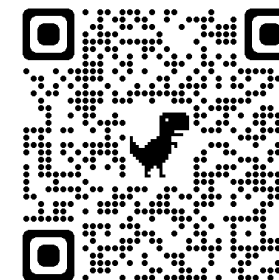
Acesso público aos manuais,
relatórios e notas técnicas de
todos os modelos energéticos

<https://www.cepel.br/produtos/documentacao-tecnica/>



Documentação metodológica das
funcionalidades dos modelos na Web

<https://see.cepel.br/manual/libs/>



ana.calil@cepel.br
newave@cepel.br
decomp@cepel.br
dessem@cepel.br
gevazp@cepel.br
libs@cepel.br