

Workshop GT Metodologia/CPAMP

Ciclo 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Coordenação:  ccee

20/10/2021

CPAMP - Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico

GT METODOLOGIA

Membros:

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **ANEEL**
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

 **ONS**

 **epe**

Assessoria Técnica:

 Eletrobras
Cepel

Agenda

1. Contextualização e cronograma
2. Análises metodológicas e testes preliminares
3. Critério de parada
4. *Backtests* e análises prospectivas: premissas e métricas
5. FTs NEWAVE/DECOMP
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Agenda

1. **Contextualização e cronograma**
2. Análises metodológicas e testes preliminares
3. Critério de parada
4. *Backtests* e análises prospectivas: premissas e métricas
5. FTs NEWAVE/DECOMP
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Contextualização

Recomendação do CMSE à CPAMP (234ª Reunião - 02/set/2020)

- Avaliar os mecanismos visando a **elevação estrutural dos níveis de armazenamento** dos reservatórios, sobretudo aos **finais dos períodos secos**, bem como propor uma transição capaz de **minimizar os impactos no GSF e na tarifa do consumidor** de energia elétrica.

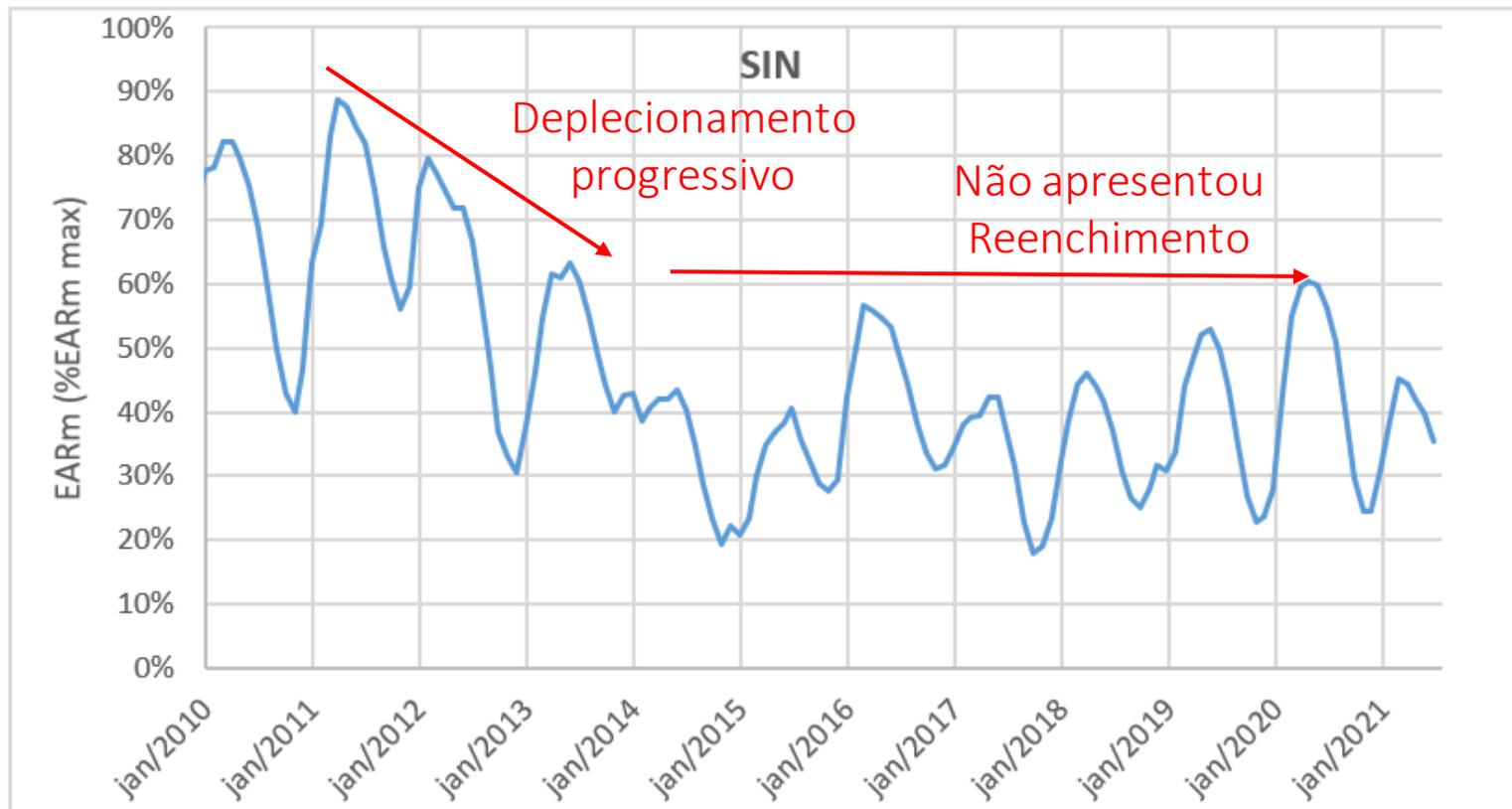
Deliberação da CPAMP, publicada em 23/jul/2021¹

- *“Entre as principais motivações para os aperfeiçoamentos propostos consta a necessidade identificada de se **melhorar a representação da realidade operativa** do Sistema Interligado Nacional (SIN) nos modelos, e **proporcionar o adequado sinal econômico do PLD e justa alocação dos custos para os diversos segmentos.** (...)”*
- *A CPAMP manteve o compromisso de **validação do PAR(p)-A no primeiro trimestre de 2022, associada à calibração do CVaR, para atualização da representação da aversão ao risco mais aderente à realidade operativa do SIN.** Essas mudanças, nos termos da Resolução CNPE nº 7/2016, só terão eficácia na operação e na formação de preços **a partir de 2023.**”*

¹ <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/cpamp-decide-sobre-implementacao-de-aprimoramentos-propostos-nos-modelos-computacionais-no-ciclo-de-atividades-2019-2020-2021>

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Contextualização



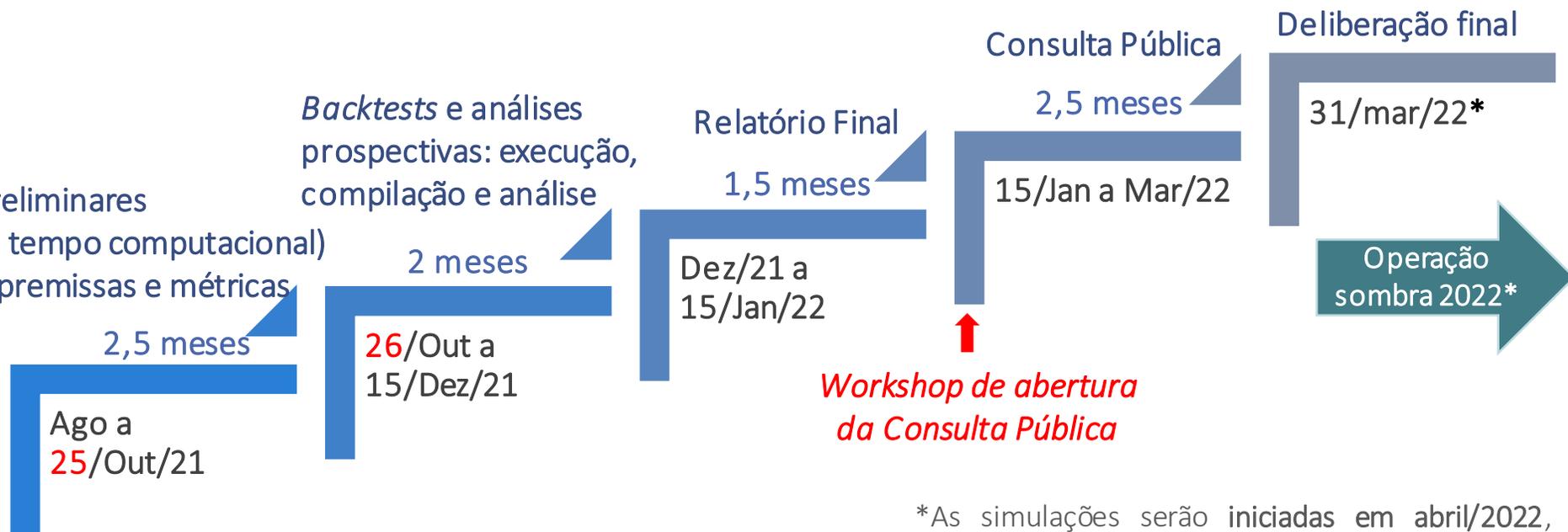
Próximos ciclos

- Continuidade dos demais temas (produtibilidade e perdas variáveis, taxa de desconto, SUIHI hidrotérmico, fontes intermitentes, NEWAVE híbrido, *unit commitment* hidráulico)

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Cronograma

- i. Análises metodológicas e testes preliminares
- ii. Critério de parada (convergência e tempo computacional)
- iii. *Backtests* e análises prospectivas: premissas e métricas
- iv. FTs NEWAVE/DECOMP



*As simulações serão iniciadas em abril/2022, após deliberação da CPAMP acerca das implementações. Ao longo do ano de 2022, as instituições divulgarão aos agentes as simulações retroativas dos decks de janeiro a março.

Reuniões mensais do GT Metodologia com os agentes



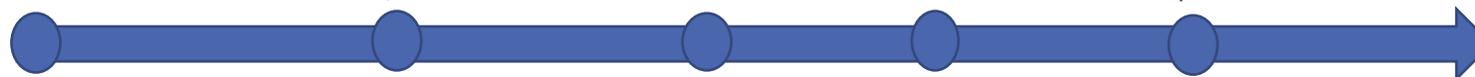
19/ago: 17º
Workshop - início do Ciclo 2021/2022

17/set: 18º
Workshop - andamento da Etapa 1

06/out: 19º
Workshop - andamento da Etapa 1

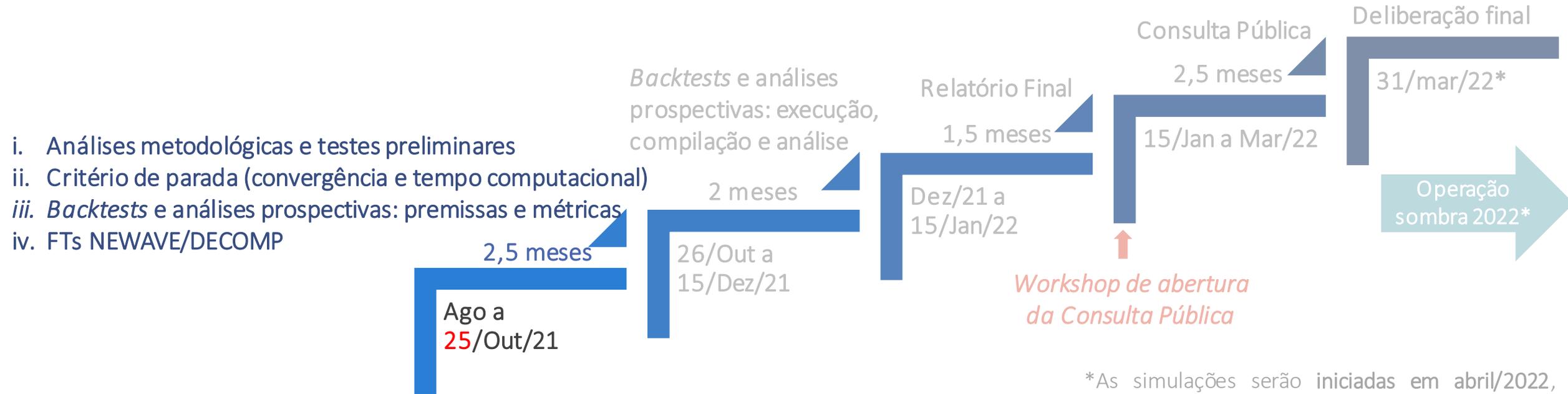
20/out: 20º
Workshop - Conclusão da Etapa 1

10/nov: 21º
Workshop - Andamento da Etapa 2



Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Cronograma



*As simulações serão iniciadas em abril/2022, após deliberação da CPAMP acerca das implementações. Ao longo do ano de 2022, as instituições divulgarão aos agentes as simulações retroativas dos decks de janeiro a março.

Reuniões mensais do GT Metodologia com os agentes



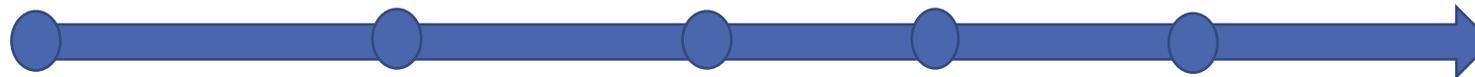
19/ago: 17º
Workshop - início do Ciclo 2021/2022

17/set: 18º
Workshop - andamento da Etapa 1

06/out: 19º
Workshop - andamento da Etapa 1

20/out: 20º
Workshop - Conclusão da Etapa 1

10/nov: 21º
Workshop - Andamento da Etapa 2



Agenda

1. Cronograma
2. **Análises metodológicas e testes preliminares**
3. Critério de Parada
4. *Backtests* e análises prospectivas: premissas e métricas
5. FTs NEWAVE/DECOMP
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Análises metodológicas e testes preliminares **Em conclusão**

(Agosto a 15/Outubro)

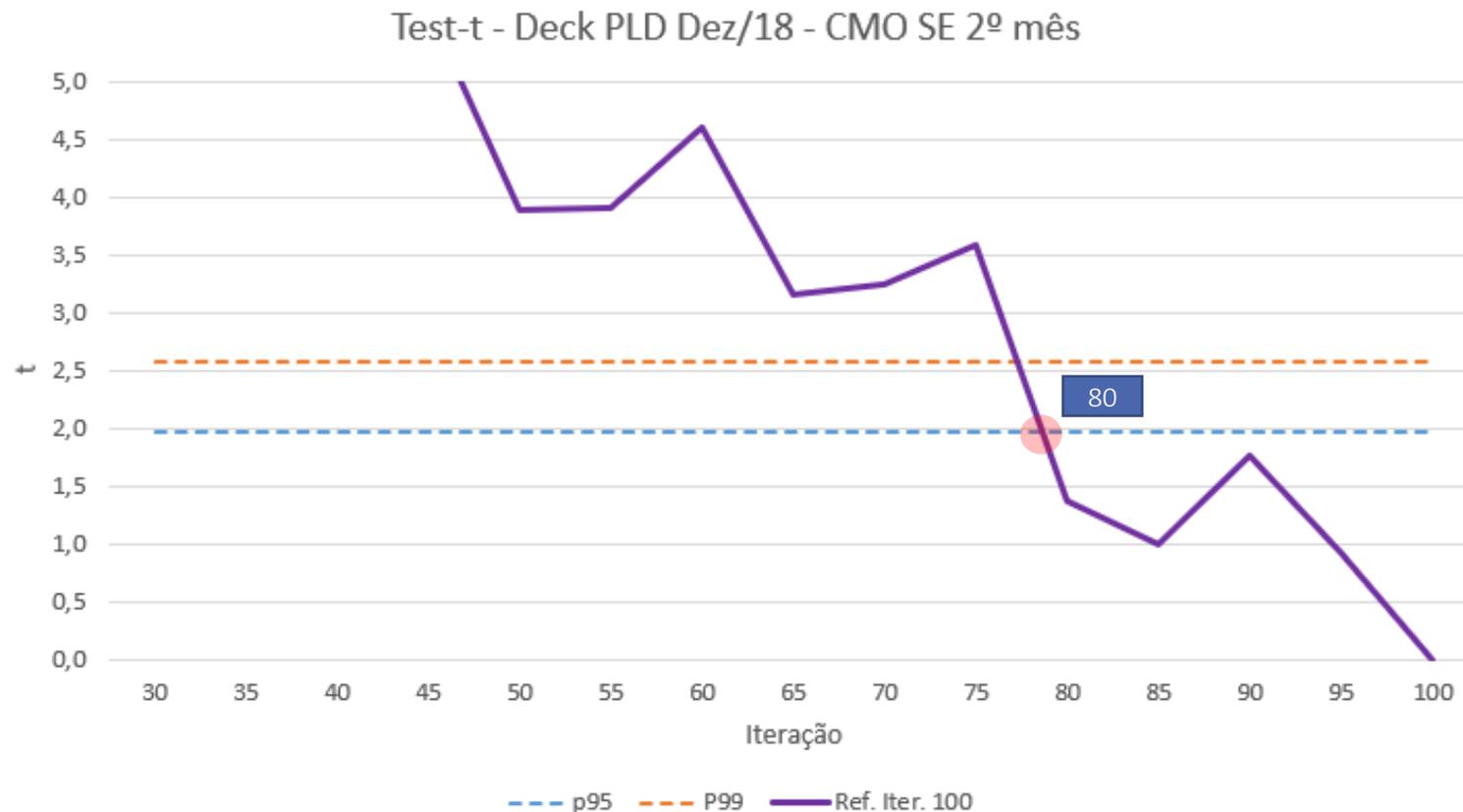
- Análise da formulação exata do PAR(p)-A na PDDE (Relatório Técnico CEPEL nº 1941/2021);
 - Buscando também um **alinhamento com instituições de pesquisa** para auxiliar nas análises.
 - **Conduzida uma análise detalhada do Relatório Técnico** e enviado comentários ao CEPEL. **Concluído**
- Testes do novo modelo NEWAVE: **o ajuste da metodologia PAR(p)-A foi na PDDE**, não devendo impactar na geração de cenários:
 - Testes para **conferência da proposta metodológica**;
 - Para os testes de sanidade, a CPAMP irá recepcionar versão do CEPEL com as saídas que propiciem fazer o recálculo dos coeficientes da FCF. **Em andamento: Previsão de conclusão 22/10**
 - Testes de **sanidade dos arquivos de saída** da nova implementação; **Concluído**
- Resultados para casos de **planejamento da expansão, cálculo da garantia física, operação e formação do PLD**: **Concluído**
 - Comparação dos resultados obtidos com **PAR(p)** e **PAR(p)-A**, considerando o mesmo número de iterações e simulação final com **série histórica**;
 - Análise da **resposta do modelo** (energia armazenada, geração térmica/hidráulica, outros).

Agenda

1. Cronograma
2. Análises metodológicas e testes preliminares
3. Critério de parada
4. Backtests e análises prospectivas: premissas e métricas
5. FTs NEWAVE/DECOMP
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Proposta metodológica: Consulta da iteração individual

1. Consulta ao resultado do Teste-t, com a referência em **100 iterações (máximo de iterações)** para cada variável analisada (CMO_SE, CMO_NE, GT_SIN, GH_SIN, EARM_SIN). Para cada aplicação dos modelos foi feita a análise das **variáveis de maior relevância**;
2. Definir em qual iteração **não há mais diferenças estatísticas** entre as médias das distribuições em relação à iteração 100 (Casos de PMO, PLD, e Garantia Física);
 - Analisar a primeira iteração a partir da qual **não há mais rejeição**, considerando o intervalo de confiança de 95%.



Proposta metodológica: Consulta da iteração individual

3. Verificação entre todas as saídas qual o número máximo de interações necessárias para cada caso.

Caso	CMOSE	CMONE	GT	GH	EARM
Dez/2018	80	80	80	80	-

4. Definição de pontos no “mapa de calor de iterações” considerando todas as iterações acima do definido pelo critério acima.

Deck de PLD de Dez/2018

N/delta	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
2	68	68	53	44	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	8	8
3	100	83	75	45	39	39	39	39	39	39	39	39	20	20	20	20	20	20
4	100	84	76	50	40	40	40	40	40	40	40	40	21	21	21	21	21	21
5	100	85	77	51	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	35	32
6	100	86	84	52	52	48	48	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	33
7	100	87	85	53	53	49	49	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	34
8	100	88	86	54	54	50	50	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	35

5. Esse processo será repetido para os casos de PMO, PLD e GF (30 casos no total)

- Solução de compromisso: O critério de parada será definido pelo par que atender a convergência de **grande parte das simulações sem alterar muito o critério atual (N=3 e delta = 0,2%)**

Contagem do pontos no “mapa de calor de iterações”

30 Casos de PAR(p)-A analisados

- CCEE
- PLD Janeiro/2016
 - PLD Dezembro/2018
 - PLD Novembro/2020

ONS

- PMO Out/17
- PMO Jan/21
- PMO Jul/14
- PMO Janeiro/2021 condicionado
 - 18 Sensibilidades – 3 variações de ENA e 3 variações de EARM para os meses de maio e dezembro

EPE

- Garantia Física Eletrobrás
- PDE 2030 (caso base)
- PDE 2030 com CVaR (25,50) NConv
- PDE 2029 (referência)
- LEN A-3 e A-4/2021 Conv
- LEN A-3 e A-4/2021 NConv

N/Delta	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
3	19	6	1	1	0
4	22	9	2	1	1
5	22	12	4	1	1
6	23	15	10	4	1
7	24	16	10	7	1
8	25	19	12	10	2

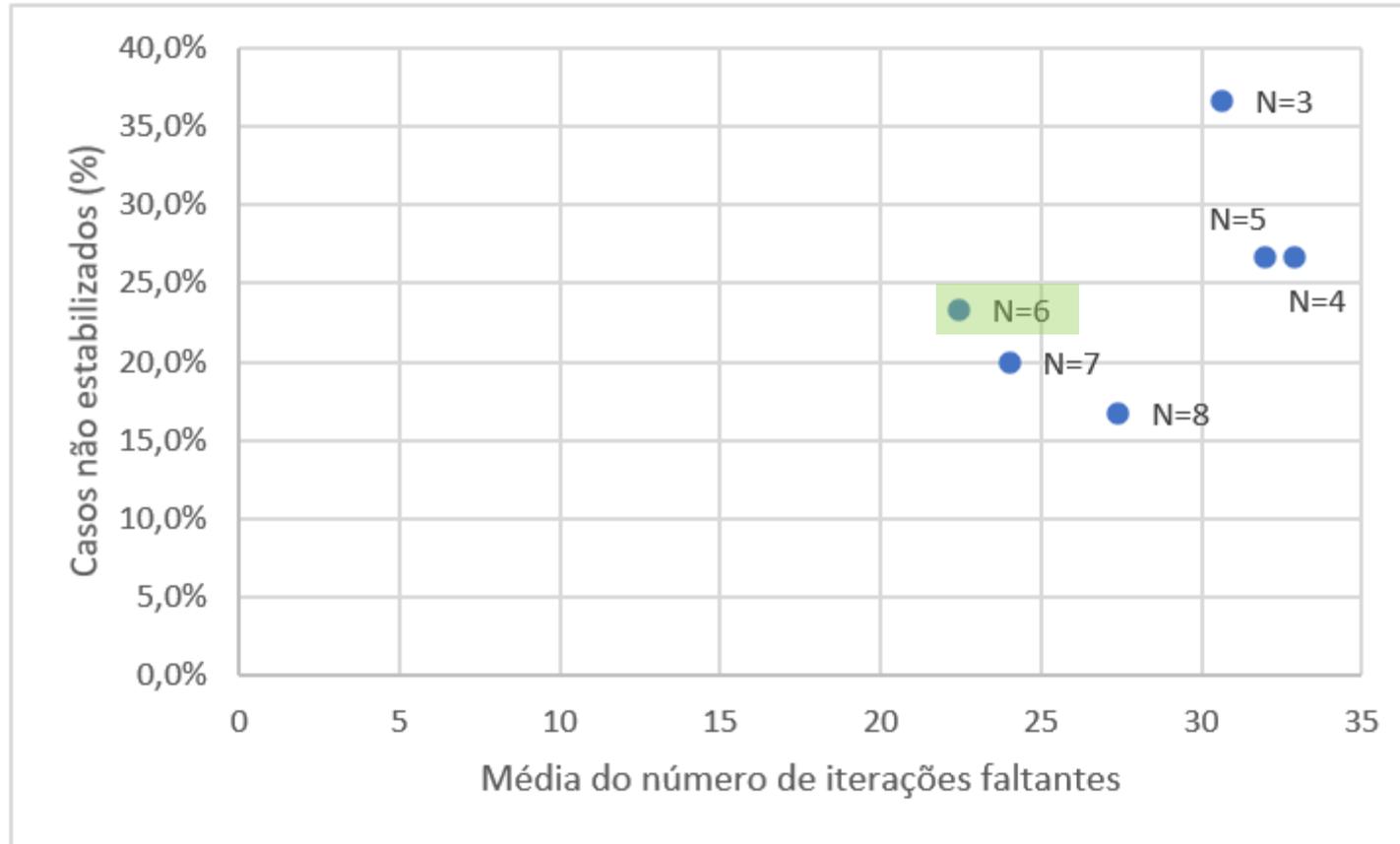
N/Delta	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
3	63,33%	20,00%	3,33%	3,33%	0,00%
4	73,33%	30,00%	6,67%	3,33%	3,33%
5	73,33%	40,00%	13,33%	3,33%	3,33%
6	76,67%	50,00%	33,33%	13,33%	3,33%
7	80,00%	53,33%	33,33%	23,33%	3,33%
8	83,33%	63,33%	40,00%	33,33%	6,67%

Proposta: Utilizar um critério de parada de Zinf mais rigoroso que o atual: N=6 iterações com Delta de Zinf menor que 0,1%

Análise da quantidade de iterações consecutivas não estabilizadas pelo critério de parada

30 Casos de PAR(p)-A analisados

Para ΔZ_{inf} menor ou igual a 0,1%:



Proposta: Utilizar como critério de parada de Zinf N=6 e Delta =0,1%

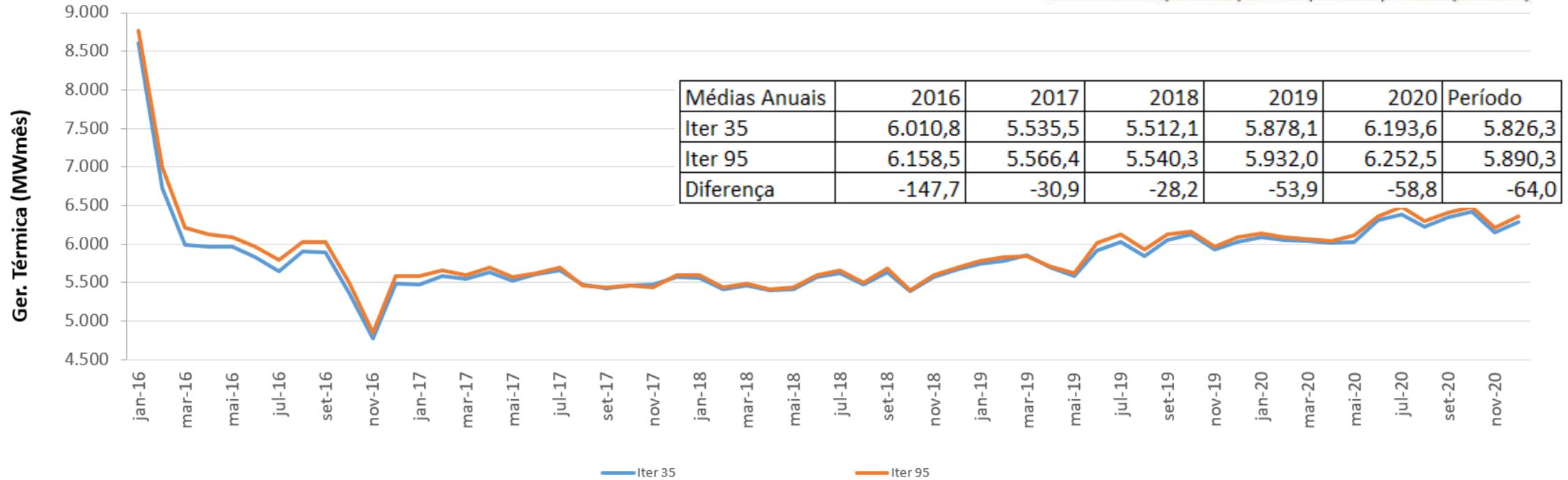
Caso não estabilizado CCEE – Jan/2016

Número de interações necessárias para equivalência estatística a 100ª iteração

Caso	CMOSE	CMONE	GT	GH	EARM
Jan/2016	70	65	95	70	-

N/delta	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
2	25	17	10	7	7
3	30	18	15	11	11
4	31	19	16	16	12
5	32	20	17	17	13
6	33	21	18	18	14
7	34	22	19	19	15
8	35	23	20	20	16

SIN



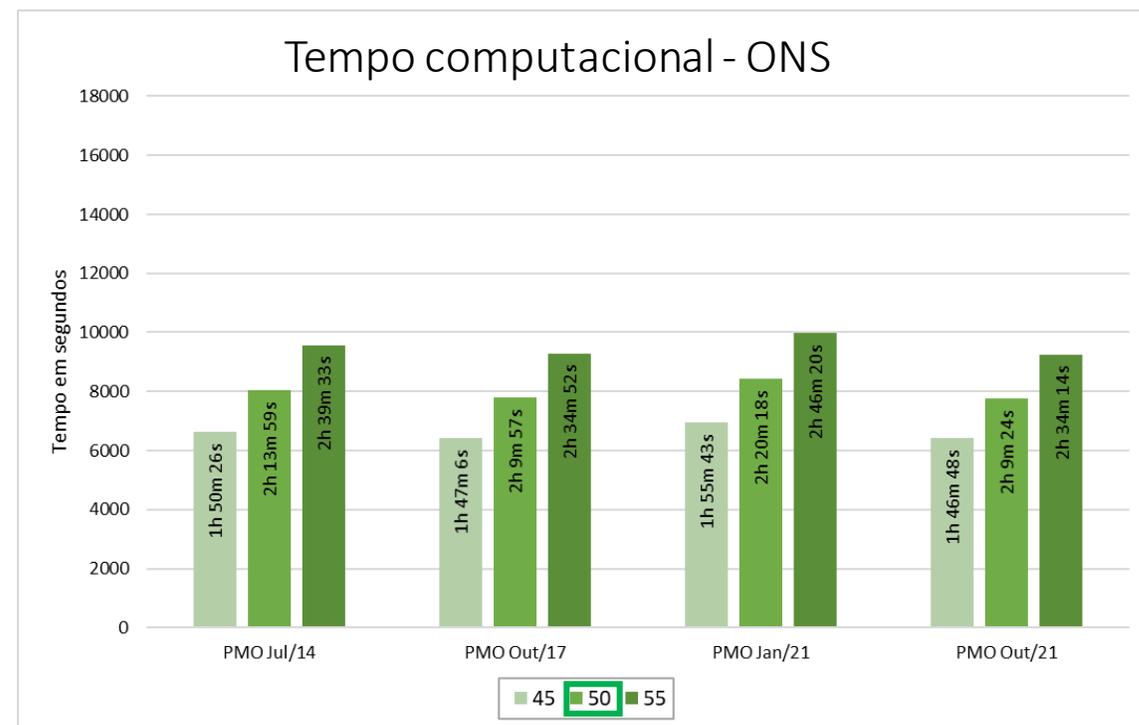
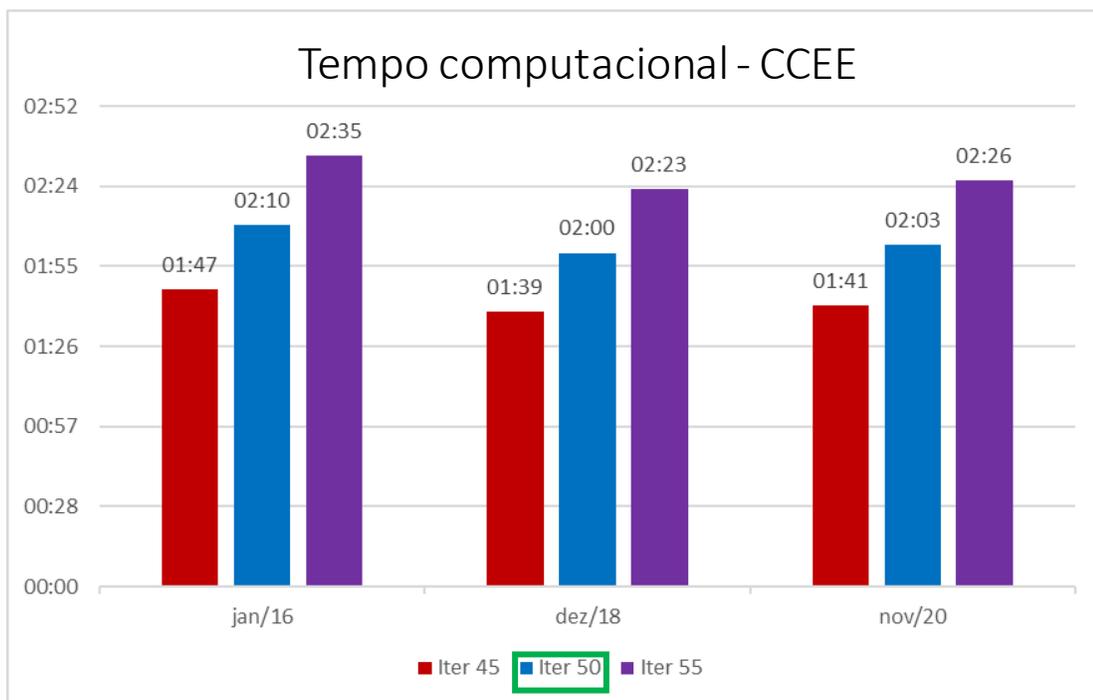
O caso que atendeu o Critério de Parada de Zinf N=6 e Delta 0,1% com a variável estatisticamente não equivalente à melhor iteração (100) obteve diferenciais pouco representativos entre as iterações

Limite de iterações

Os limites de iterações se baseiam nos procedimentos operacionais das instituições, que possuem prazos máximos para divulgação de insumos para o planejamento da operação e divulgação de PLDs.

Tempo computacional máximo para decks de PMO/PLD: **Próximo a 2h (limite)**

- Número máximo de iterações = 50



- Número mínimo de iterações = 30 (manutenção do número atual)

Agenda

1. Contextualização e cronograma
2. Análises metodológicas e testes preliminares
3. Critério de parada
4. **Backtests e análises prospectivas: premissas e métricas**
5. FTs NEWAVE/DECOMP
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Backtest e análises prospectivas - Definição após contribuições iniciais dos agentes

Metodologia	<ul style="list-style-type: none">Seleção dos pares a partir de resultados nos modelos NEWAVE-DECOMP-DESSEM (“Análise paretos”)
Premissas backtest	<ul style="list-style-type: none">Backtest encadeado para casos de PMOPeríodo de simulação: Dez/2015 a Jun/20212 bases (PAR(p) / PAR(p)-A e risco atual) + 4 sensibilidades de parâmetros do CVaR
Premissas análises prospectivas	<ul style="list-style-type: none">Casos de PLD2 bases (PAR(p) / PAR(p)-A e risco atual) + 4 sensibilidades de parâmetros do CVaRPeríodo de simulação: Dez/2021 a Nov/20224 cenários hidrológicos, com volumes iniciais diferentes<ul style="list-style-type: none">120% MLT – EARM inicial = equivalente dez/201160% MLT – EARM inicial = equivalente dez/201180% MLT – EARM inicial = equivalente dez/202060% MLT – EARM inicial = equivalente dez/2020Premissas :<ul style="list-style-type: none">Se disponível na data corte utilizar os dados de cadastro das UHEs do 2º ciclo do GTDPRestrições hidráulicas ordinárias (não flexibilizadas) - Deck vigente outubro/2021Execução sem corte de carga (sem déficit)

Outubro 2021							
Nº	Se	Te	Qu	Qu	Se	Sá	Do
39					1	2	3
40	4	5	6	7	8	9	10
41	11	12	13	14	15	16	17
42	18	19	20	21	22	23	24
43	25	26	27	28	29	30	31

Final da Etapa 1

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

- Análise de pares representativos de CVaR para dar subsídios à definição dos pares que serão utilizados nos Estudos Prospectivos e Backtests do ciclo 2021/2022
 - NEWAVE utilizando versão 27.4.13
 - DECOMP versão 30.16 e DESSEM versão 19.0.14
 - Execução de caso Base (PAR(p) + níveis de VminOp aprovados para 2022) e sensibilidades CVaR com PAR(p)-A

Parâmetros do CVaR (α , λ)

PAR(p) Atual C.P.	PAR(p)-A Min=max=50	PAR(p)-A Min=max=50	PAR(p)-A Min=max=50
VMinOp_2022	VMinOp_2022	VMinOp_2022	VMinOp_2022
50,35		25,20	20,50
	50,25	25,25	
	50,30	25,30	
	50,35	25,35	
	50,40	25,40	
	50,45	25,45	
	50,50	25,50	

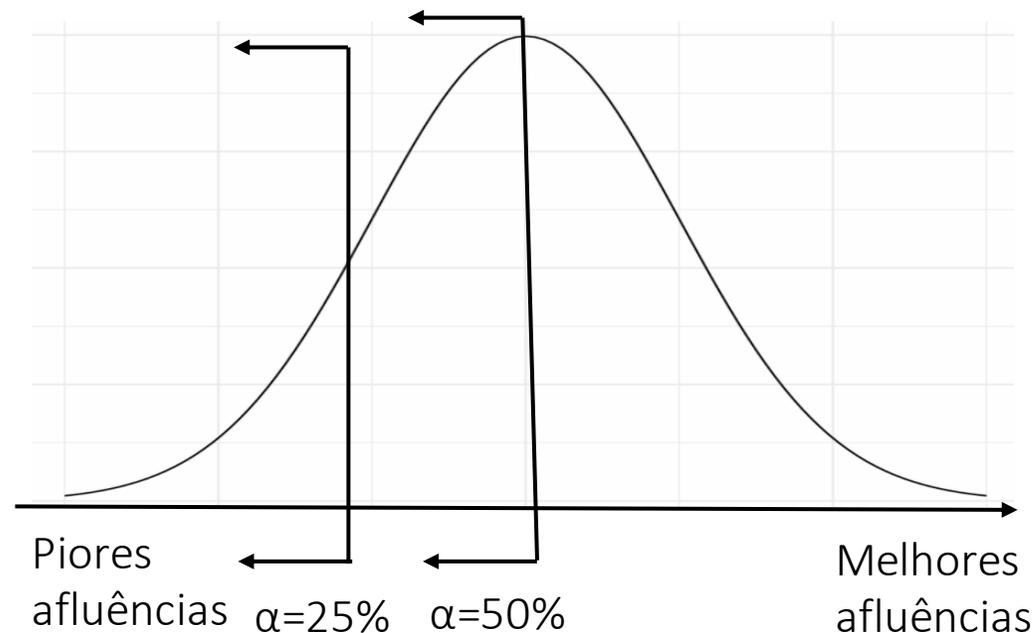
Casos analisados

CCEE	ONS	EPE
Mai/2019	Jul/2014	PDE 2029
Out/2020	Out/2017	PDE 2030
Jun/2021	Jan/2021	GF Eletrobrás
	Out/2021	

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Objetivo Final: Definir quatro pares (α, λ) de CVaR que apresentem um trade-off entre diferentes políticas operativas e dispersão da aversão ao risco.

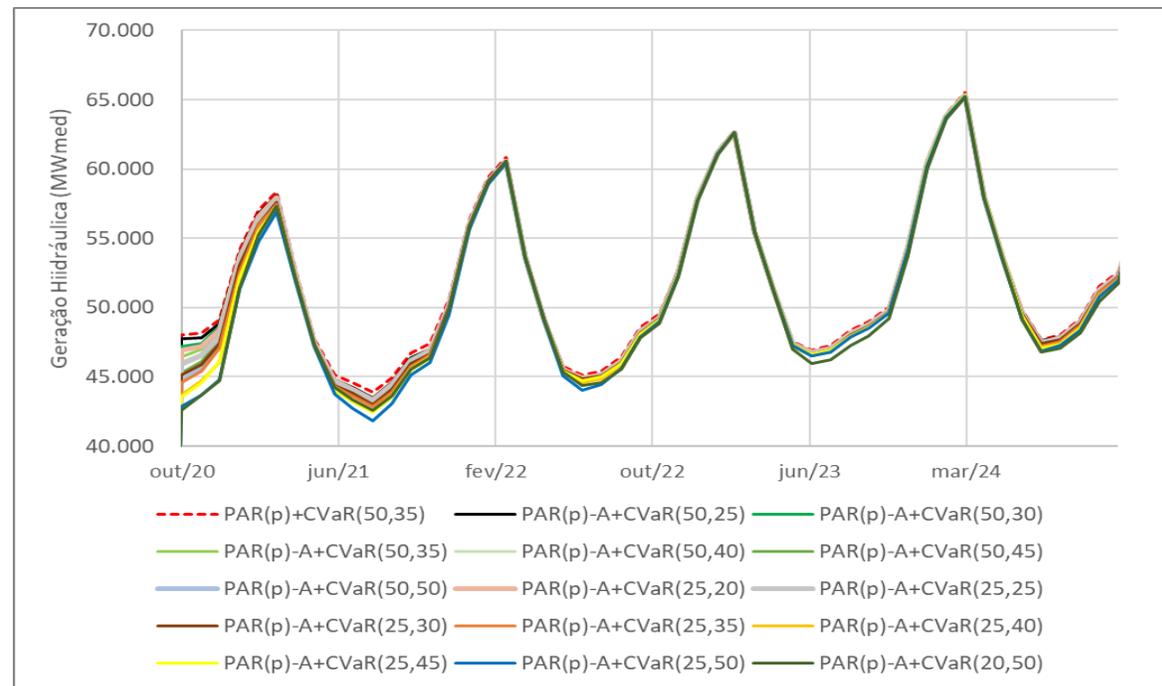
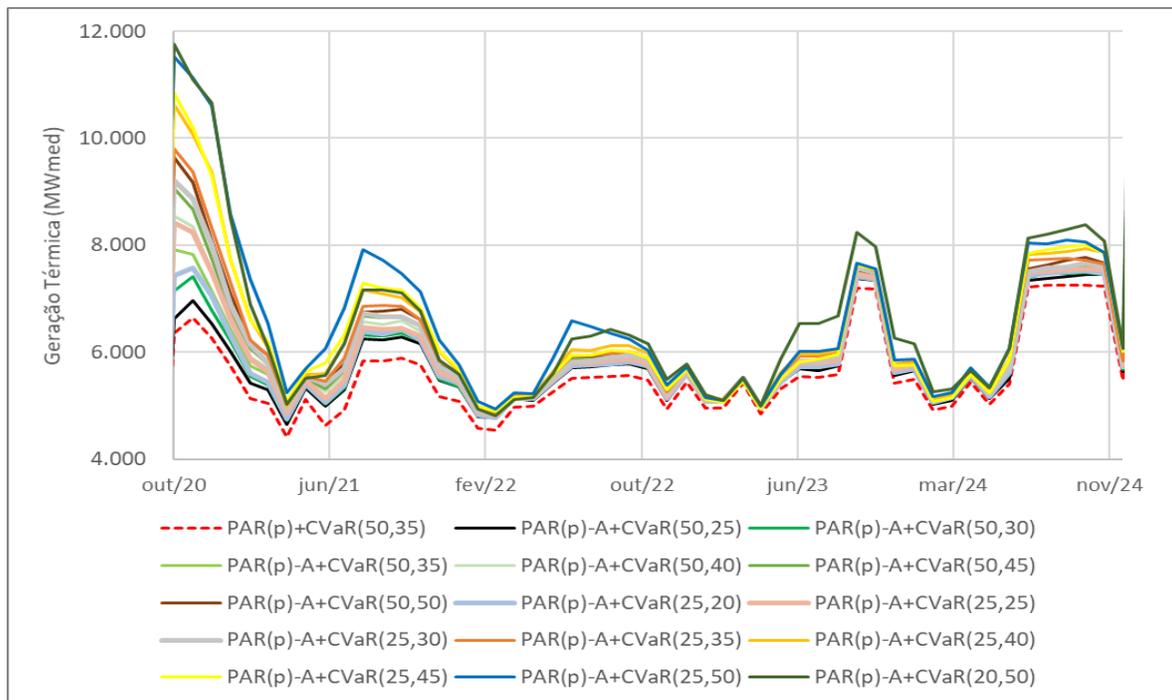
- PAR(p)+CVaR(50,35)
- PAR(p)-A+CVaR(50,35)
- PAR(p)-A+CVaR(XX,XX)
- PAR(p)-A+CVaR(XX,XX)
- PAR(p)-A+CVaR(XX,XX)
- PAR(p)-A+CVaR(XX,XX)



$$Z = \min (1-\lambda) \times E[\text{CTO}] + \lambda \times \text{CVaR}$$

Explorar principalmente as duas famílias de % de casos críticos (α)

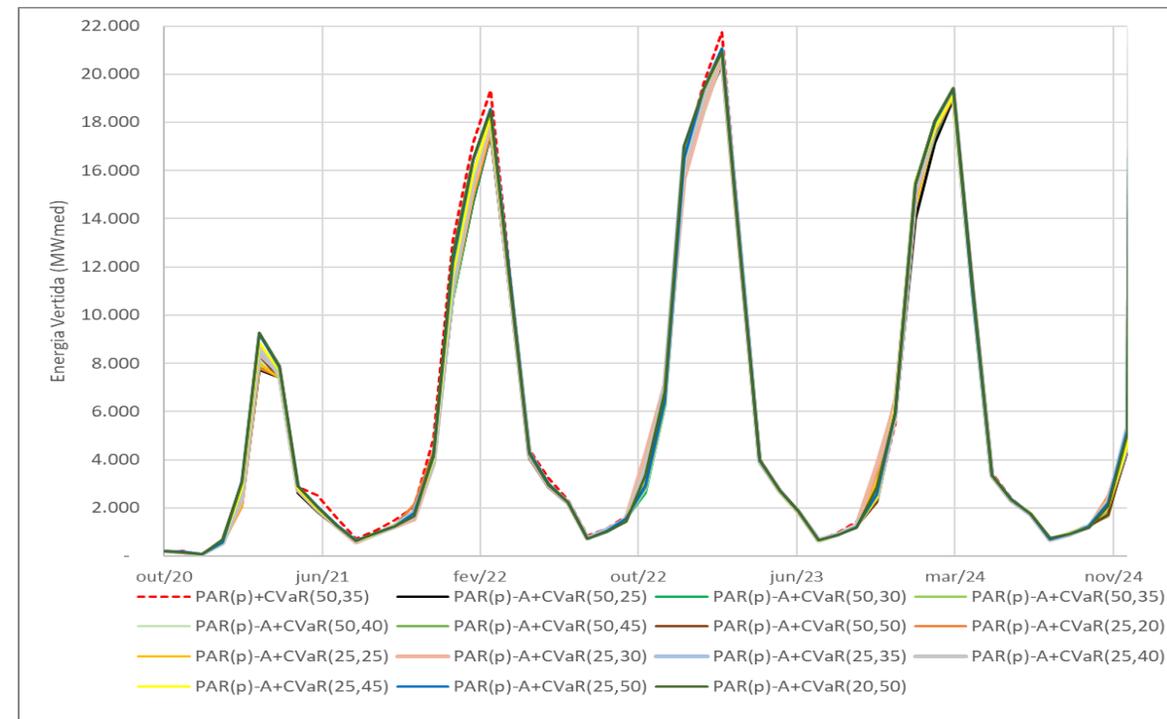
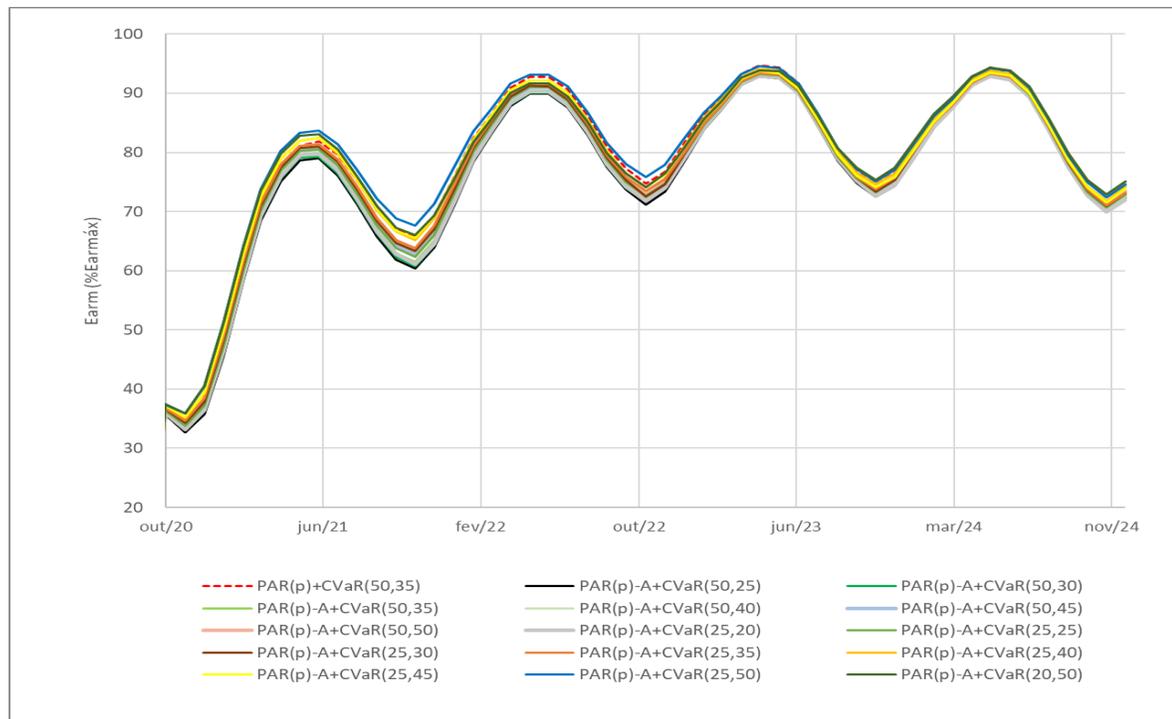
Caso CCEE: Outubro/2020 – GT e GH



Médias Anuais	2020	2021	2022	2023	2024
PAR(p)+CVaR(50,35)	6.422	5.287	5.163	5.614	6.079
PAR(p)-A+CVaR(50,25)	6.706	5.614	5.361	5.748	6.219
PAR(p)-A+CVaR(50,30)	7.116	5.686	5.383	5.774	6.272
PAR(p)-A+CVaR(50,35)	7.626	5.813	5.415	5.797	6.284
PAR(p)-A+CVaR(50,40)	8.131	5.932	5.437	5.822	6.312
PAR(p)-A+CVaR(50,45)	8.497	6.009	5.478	5.832	6.321
PAR(p)-A+CVaR(50,50)	8.967	6.134	5.501	5.846	6.388
PAR(p)-A+CVaR(25,20)	7.353	5.742	5.396	5.774	6.282
PAR(p)-A+CVaR(25,25)	8.051	5.861	5.430	5.814	6.332
PAR(p)-A+CVaR(25,30)	8.697	6.056	5.465	5.859	6.367
PAR(p)-A+CVaR(25,35)	9.164	6.202	5.532	5.897	6.444
PAR(p)-A+CVaR(25,40)	10.030	6.397	5.592	5.919	6.520
PAR(p)-A+CVaR(25,45)	10.111	6.489	5.546	5.856	6.523
PAR(p)-A+CVaR(25,50)	11.088	6.895	5.767	5.935	6.627
PAR(p)-A+CVaR(20,50)	11.174	6.480	5.676	6.224	6.744

Médias Anuais	2020	2021	2022	2023	2024
PAR(p)+CVaR(50,35)	48.431	49.444	51.104	52.723	54.829
PAR(p)-A+CVaR(50,25)	48.146	49.117	50.905	52.588	54.690
PAR(p)-A+CVaR(50,30)	47.737	49.045	50.884	52.562	54.636
PAR(p)-A+CVaR(50,35)	47.226	48.918	50.852	52.540	54.625
PAR(p)-A+CVaR(50,40)	46.722	48.799	50.830	52.514	54.596
PAR(p)-A+CVaR(50,45)	46.356	48.722	50.788	52.504	54.588
PAR(p)-A+CVaR(50,50)	45.885	48.597	50.765	52.490	54.520
PAR(p)-A+CVaR(25,20)	47.499	48.989	50.871	52.562	54.626
PAR(p)-A+CVaR(25,25)	46.801	48.870	50.836	52.523	54.576
PAR(p)-A+CVaR(25,30)	46.156	48.674	50.801	52.478	54.541
PAR(p)-A+CVaR(25,35)	45.689	48.529	50.735	52.439	54.465
PAR(p)-A+CVaR(25,40)	44.822	48.334	50.674	52.418	54.389
PAR(p)-A+CVaR(25,45)	44.742	48.242	50.720	52.480	54.387
PAR(p)-A+CVaR(25,50)	43.765	47.836	50.499	52.402	54.281
PAR(p)-A+CVaR(20,50)	43.678	48.251	50.591	52.112	54.164

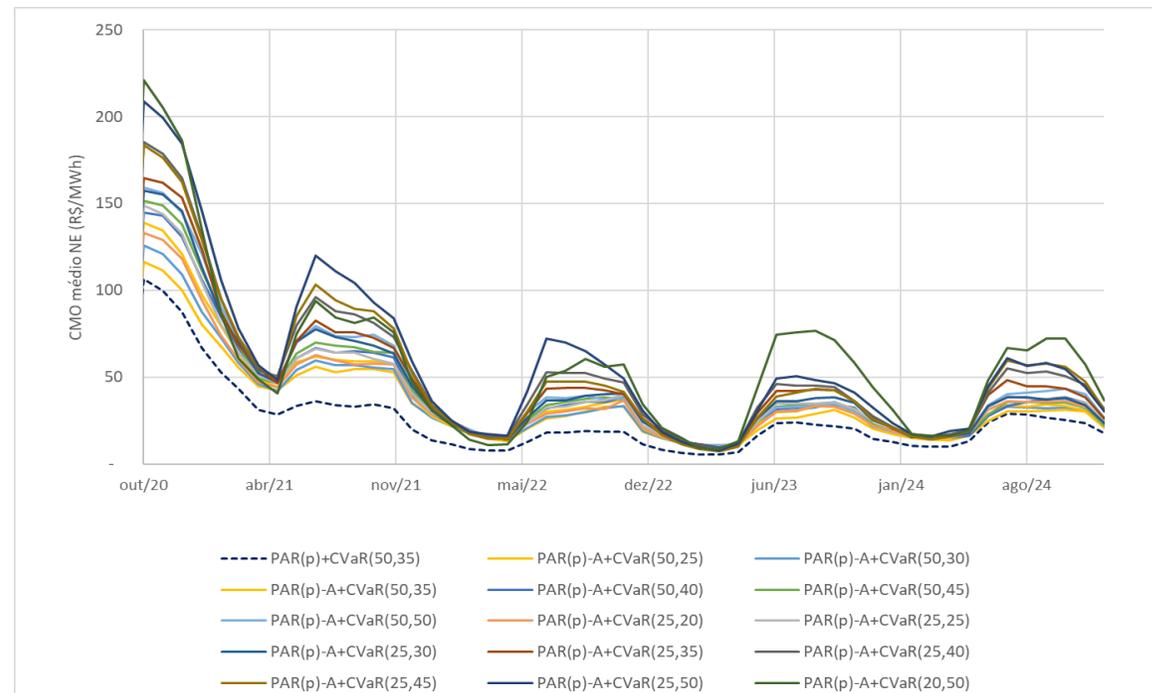
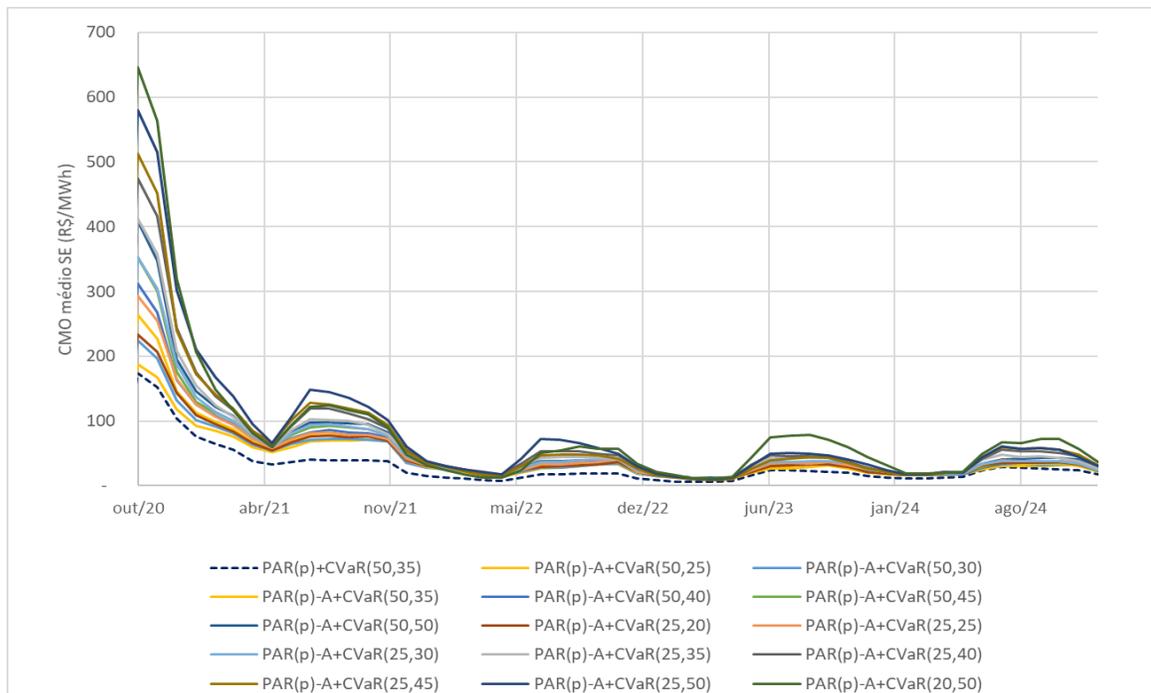
Caso CCEE: Outubro/2020 – EARM e EVERT



Médias Anuais	2020	2021	2022	2023	2024
PAR(p)+CVaR(50,35)	35	71	84	86	84
PAR(p)-A+CVaR(50,25)	35	67	81	83	83
PAR(p)-A+CVaR(50,30)	35	68	81	84	83
PAR(p)-A+CVaR(50,35)	35	68	81	84	83
PAR(p)-A+CVaR(50,40)	36	69	82	84	83
PAR(p)-A+CVaR(50,45)	36	69	82	84	83
PAR(p)-A+CVaR(50,50)	37	70	83	85	84
PAR(p)-A+CVaR(25,20)	35	68	81	84	83
PAR(p)-A+CVaR(25,25)	36	69	82	84	83
PAR(p)-A+CVaR(25,30)	36	70	82	84	84
PAR(p)-A+CVaR(25,35)	37	70	83	84	84
PAR(p)-A+CVaR(25,40)	37	71	83	85	84
PAR(p)-A+CVaR(25,45)	37	71	83	85	84
PAR(p)-A+CVaR(25,50)	38	73	85	86	85
PAR(p)-A+CVaR(20,50)	38	72	83	85	85

Médias Anuais	2020	2021	2022	2023	2024
PAR(p)+CVaR(50,35)	163	3.027	7.165	7.499	6.649
PAR(p)-A+CVaR(50,25)	152	2.635	6.453	7.255	6.459
PAR(p)-A+CVaR(50,30)	144	2.691	6.277	7.241	6.620
PAR(p)-A+CVaR(50,35)	144	2.718	6.353	7.259	6.607
PAR(p)-A+CVaR(50,40)	142	2.773	6.414	7.161	6.650
PAR(p)-A+CVaR(50,45)	143	2.762	6.450	7.461	6.564
PAR(p)-A+CVaR(50,50)	141	2.780	6.577	7.306	6.613
PAR(p)-A+CVaR(25,20)	144	2.741	6.411	7.416	6.706
PAR(p)-A+CVaR(25,25)	142	2.684	6.474	7.305	6.628
PAR(p)-A+CVaR(25,30)	142	2.738	6.640	7.353	6.706
PAR(p)-A+CVaR(25,35)	143	2.811	6.608	7.420	6.765
PAR(p)-A+CVaR(25,40)	143	2.832	6.662	7.342	6.706
PAR(p)-A+CVaR(25,45)	145	2.881	6.667	7.409	6.707
PAR(p)-A+CVaR(25,50)	148	2.980	6.759	7.418	6.799
PAR(p)-A+CVaR(20,50)	149	2.988	6.803	7.453	6.805

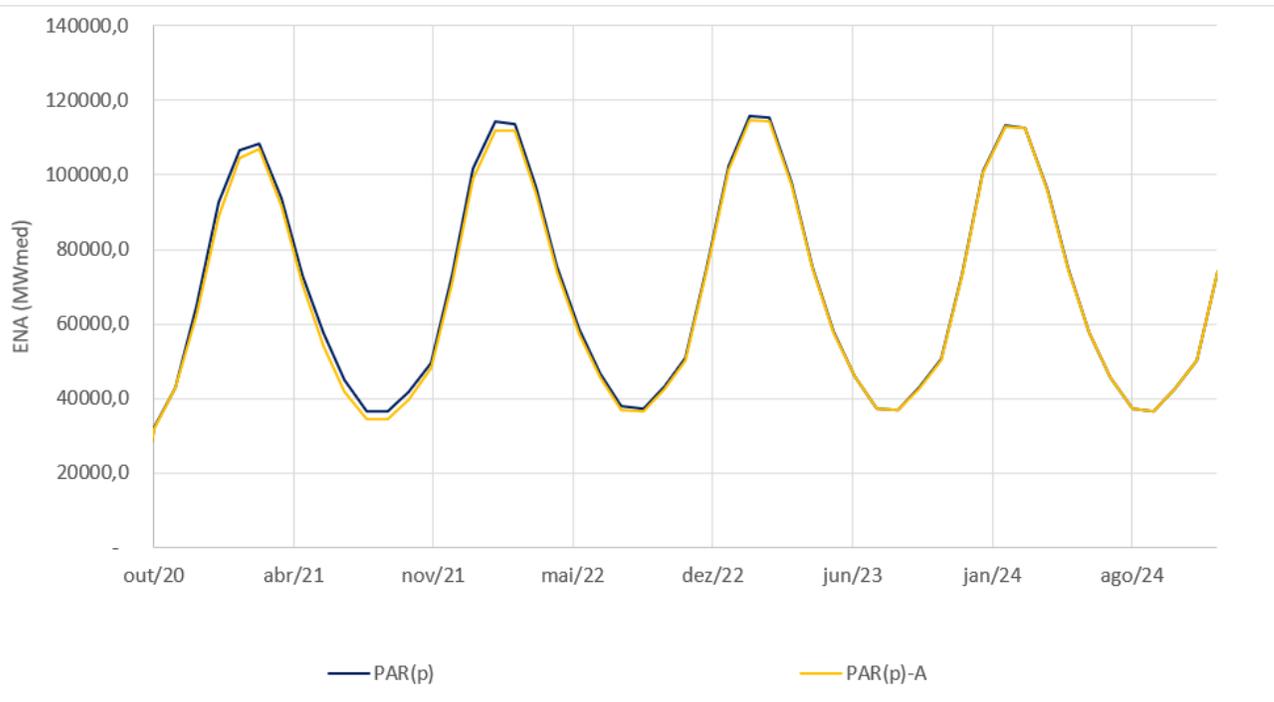
Caso CCEE: Outubro/2020 – CMO SE e NE



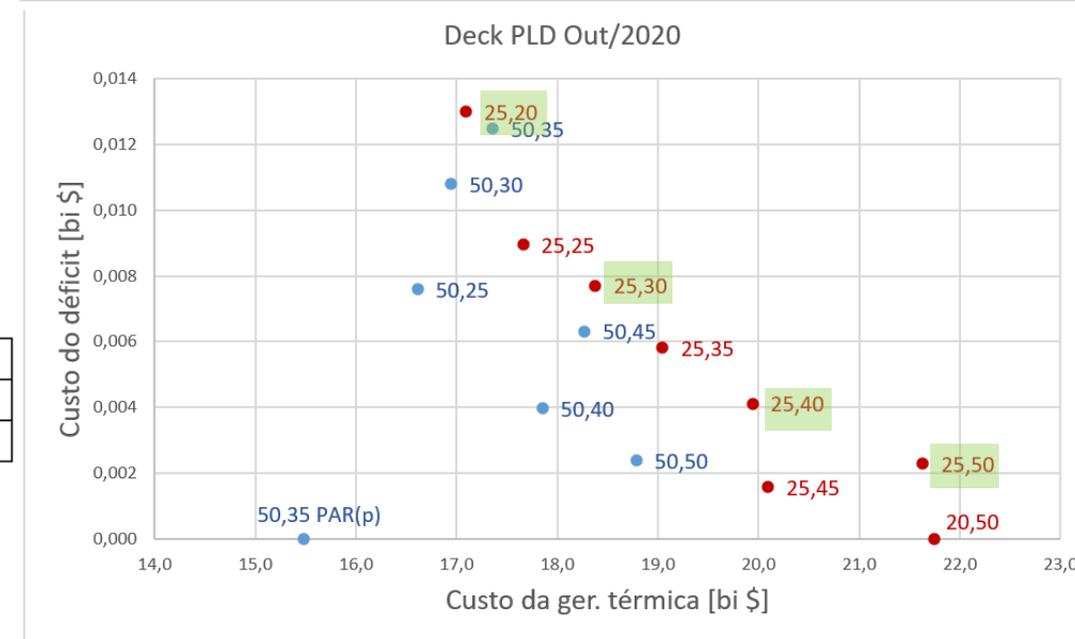
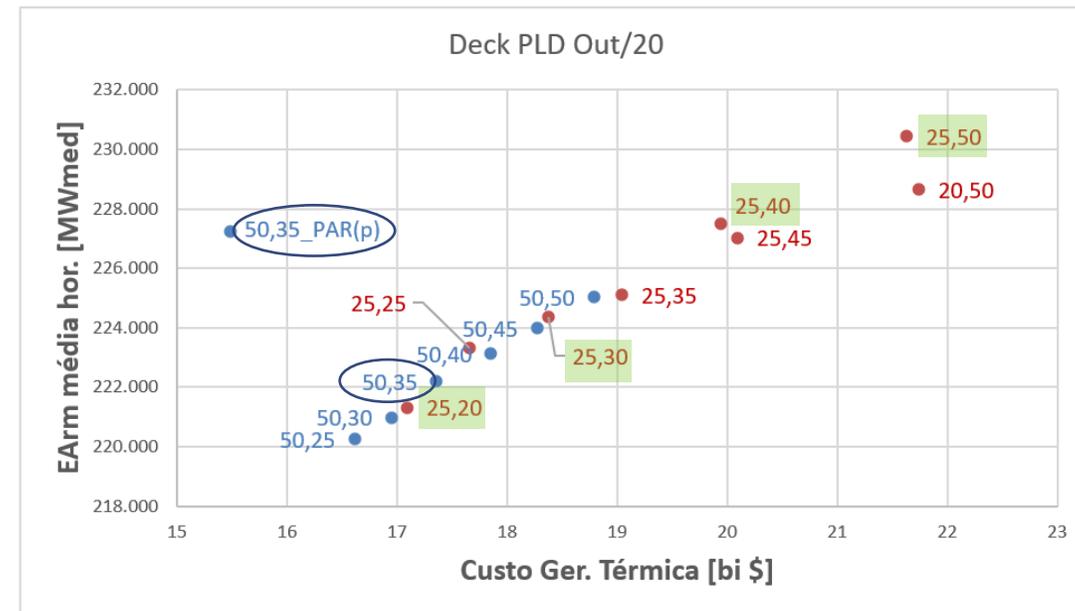
Médias Anuais	2020	2021	2022	2023	2024
PAR(p)+CVaR(50,35)	143	44	14	15	20
PAR(p)-A+CVaR(50,25)	158	67	25	20	24
PAR(p)-A+CVaR(50,30)	184	71	25	23	25
PAR(p)-A+CVaR(50,35)	213	77	27	23	26
PAR(p)-A+CVaR(50,40)	248	82	28	23	27
PAR(p)-A+CVaR(50,45)	277	86	29	24	26
PAR(p)-A+CVaR(50,50)	318	93	31	23	30
PAR(p)-A+CVaR(25,20)	194	74	27	22	27
PAR(p)-A+CVaR(25,25)	238	80	28	24	29
PAR(p)-A+CVaR(25,30)	282	88	30	25	28
PAR(p)-A+CVaR(25,35)	326	95	33	28	32
PAR(p)-A+CVaR(25,40)	378	106	37	29	36
PAR(p)-A+CVaR(25,45)	401	110	34	26	38
PAR(p)-A+CVaR(25,50)	465	125	44	31	38
PAR(p)-A+CVaR(20,50)	510	110	37	44	44

Médias Anuais	2020	2021	2022	2023	2024
PAR(p)+CVaR(50,35)	98	37	14	15	19
PAR(p)-A+CVaR(50,25)	109	54	24	20	23
PAR(p)-A+CVaR(50,30)	119	57	24	22	25
PAR(p)-A+CVaR(50,35)	131	61	26	22	25
PAR(p)-A+CVaR(50,40)	140	65	27	23	26
PAR(p)-A+CVaR(50,45)	146	67	28	23	26
PAR(p)-A+CVaR(50,50)	153	72	29	23	29
PAR(p)-A+CVaR(25,20)	127	59	26	22	26
PAR(p)-A+CVaR(25,25)	142	63	27	24	28
PAR(p)-A+CVaR(25,30)	153	70	29	25	27
PAR(p)-A+CVaR(25,35)	160	73	31	27	31
PAR(p)-A+CVaR(25,40)	176	80	36	29	35
PAR(p)-A+CVaR(25,45)	174	83	33	26	37
PAR(p)-A+CVaR(25,50)	198	91	42	30	37
PAR(p)-A+CVaR(20,50)	204	76	36	43	43

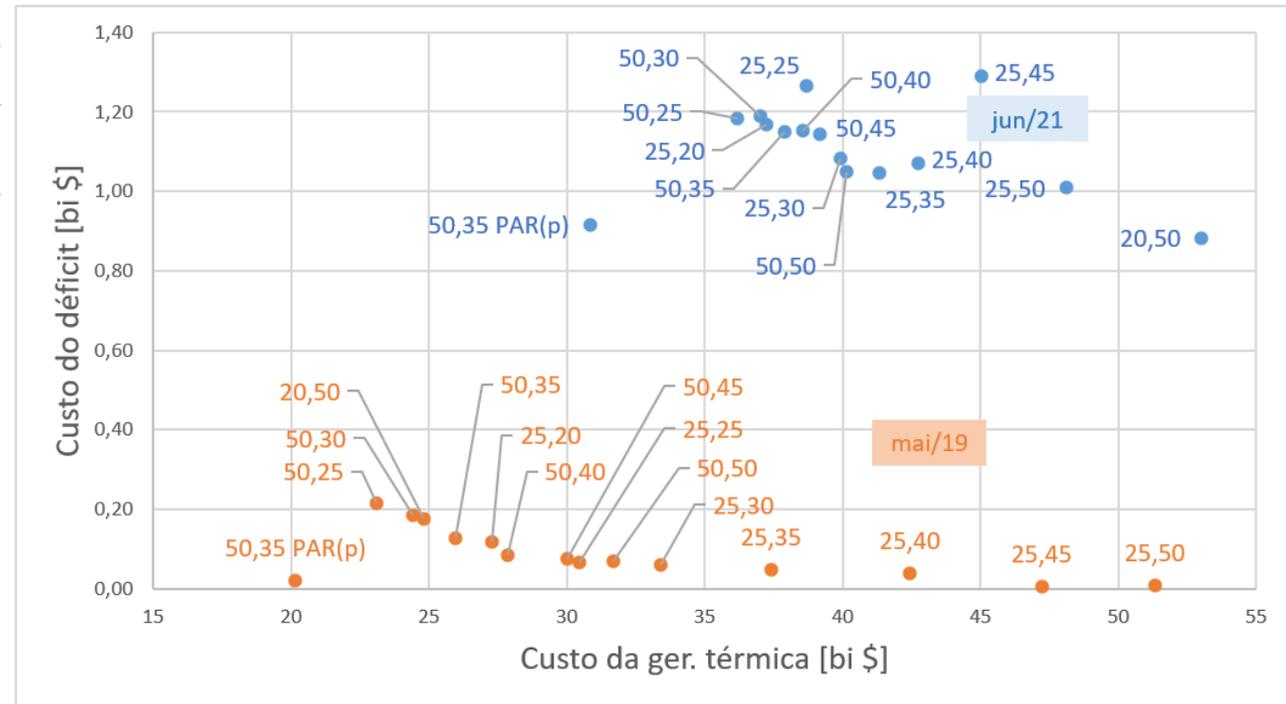
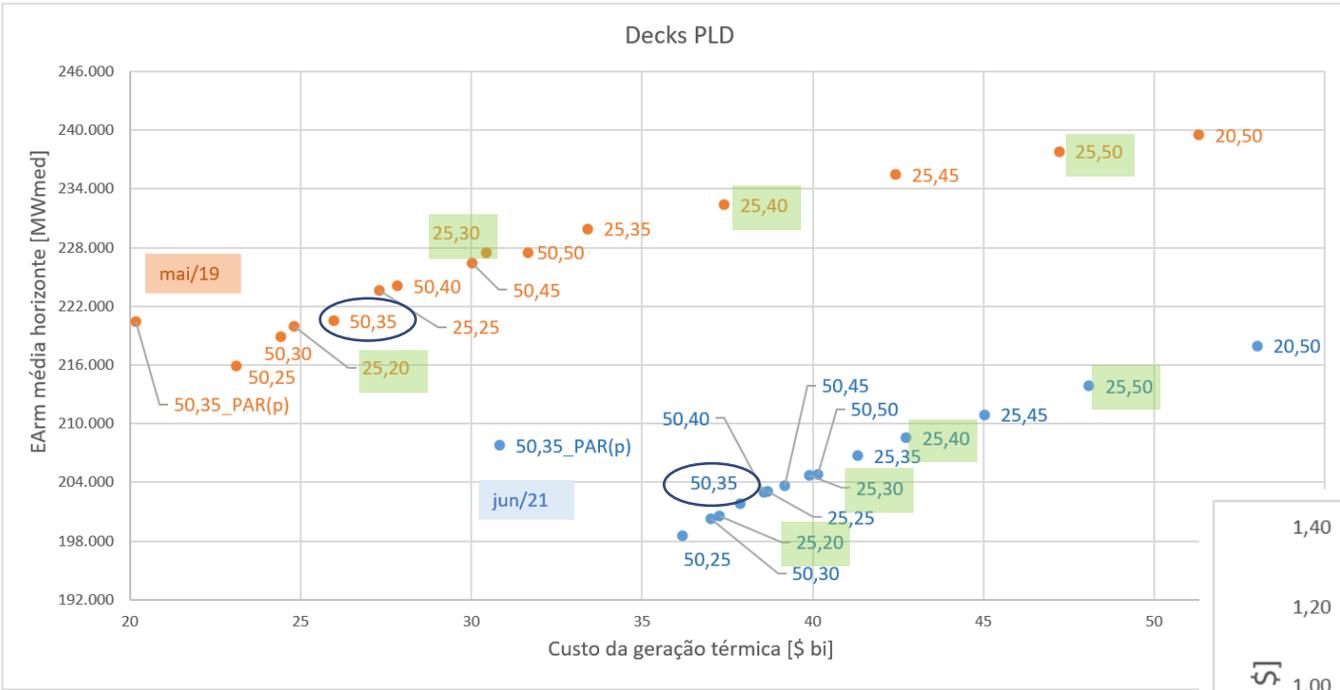
Caso CCEE: Outubro/2020 – ENA (MWmed)



Médias Anuais	2020	2021	2022	2023	2024
PAR(p)	17.497	67.874	70.980	70.980	70.170
PAR(p)-A	17.127	65.568	69.575	70.498	70.021

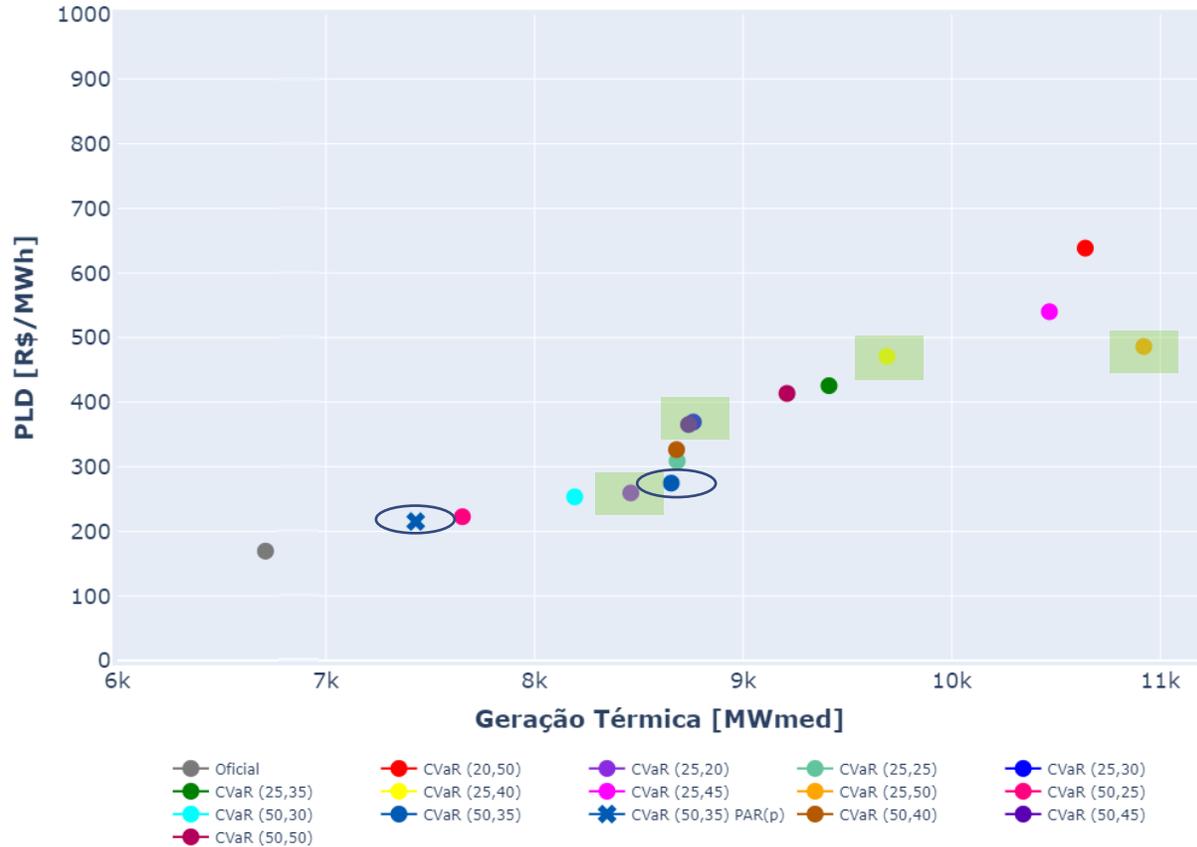


Casos CCEE: Paretos EARM x Custo GT e Custo Déficit x Custo GT



Caso CCEE: Outubro/2020 – Paretos DESSEM – PLD (sem teto) x Geração Térmica

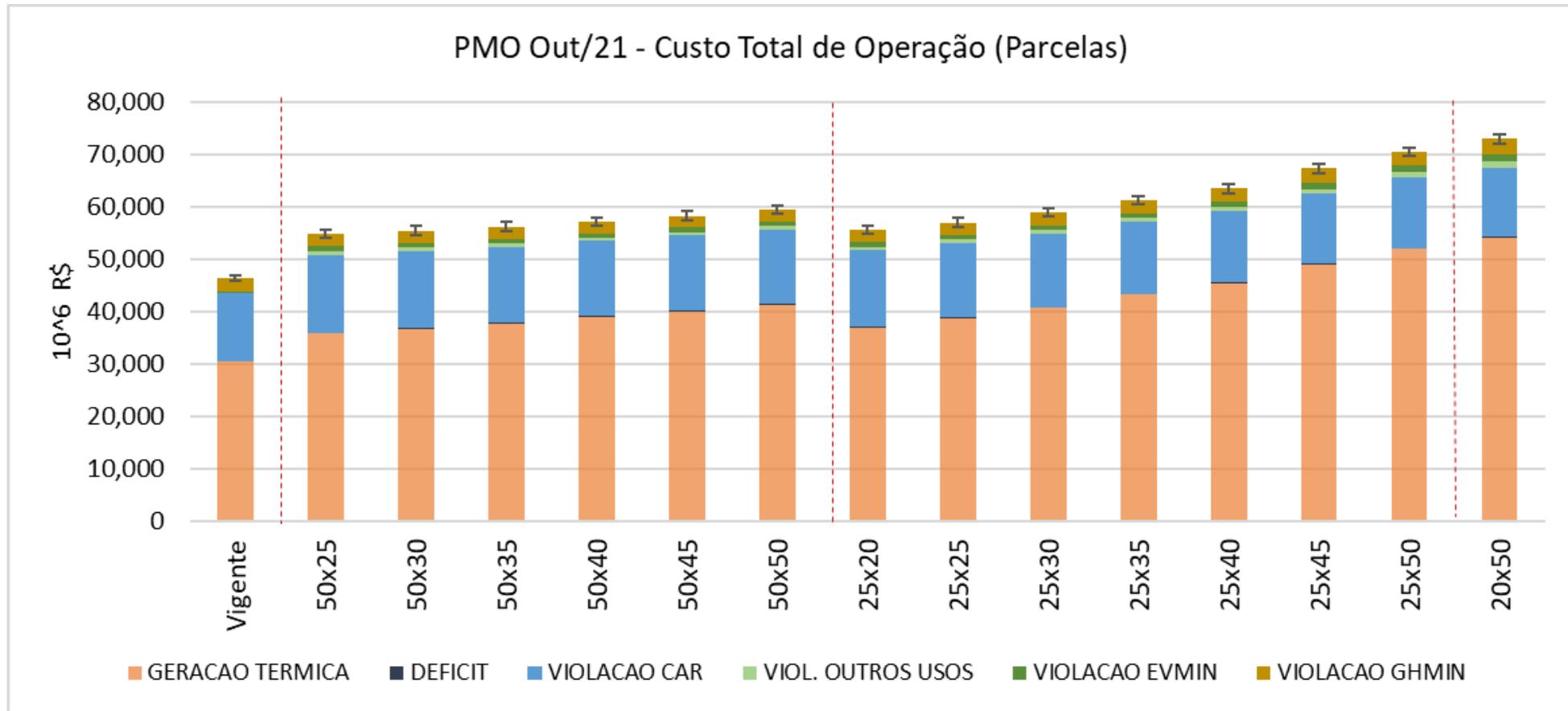
28/09/2020



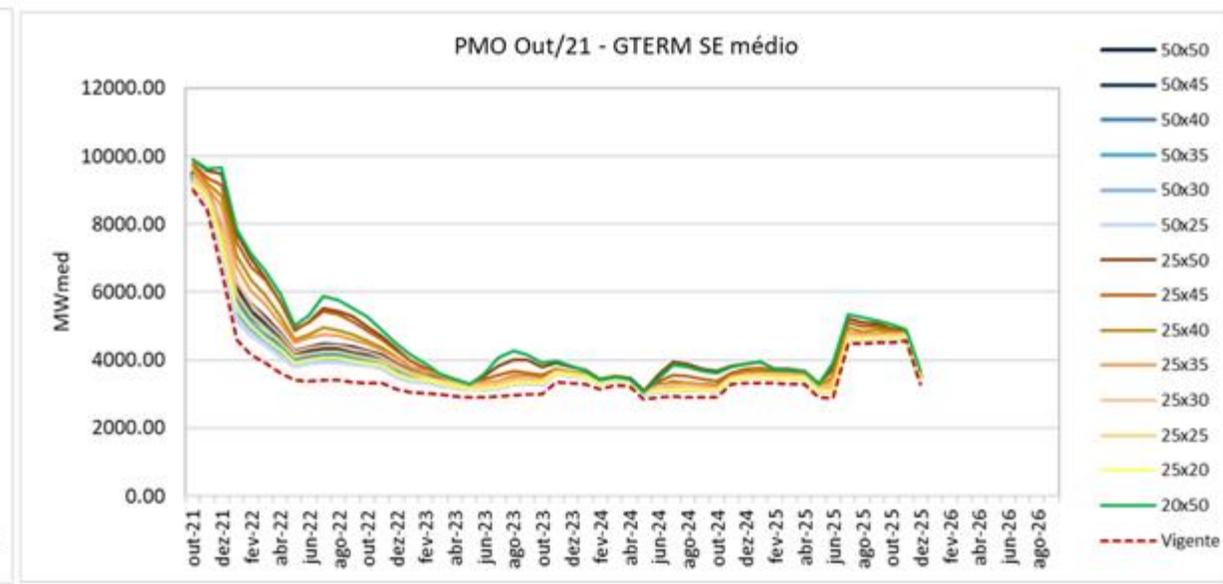
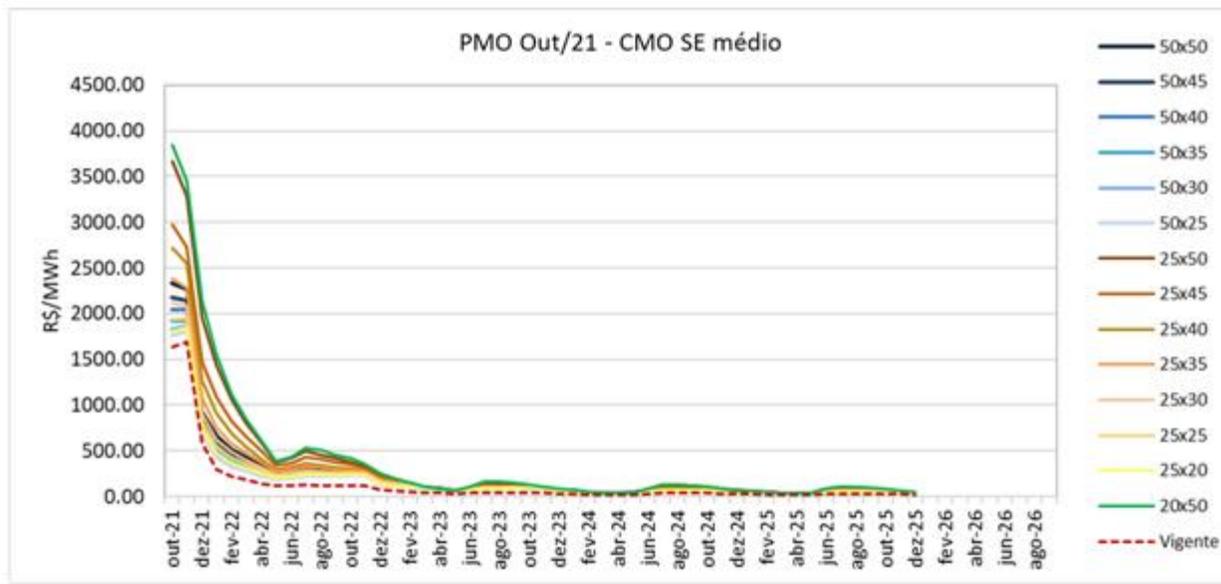
Disp. 17.980 MW

Caso	Geração Térmica (MWmed)	PLD (R\$/MWh)	Δ PLD Oficial (R\$/MWh)
Oficial	6710	169	-
CVaR (20,50)	10640	638	469
CVaR (25,20)	8461	259	90
CVaR (25,25)	8684	309	139
CVaR (25,30)	8761	369	200
CVaR (25,35)	9411	425	256
CVaR (25,40)	9689,05	470,74	301,35
CVaR (25,45)	10468,04	540,06	370,67
CVaR (25,50)	10920	486	317
CVaR (50,25)	7654	223	53
CVaR (50,30)	8193	253	84
CVaR (50,35)	8655	275	105
CVaR (50,35) PAR(p)	7430	215	46
CVaR (50,40)	8680	327	157
CVaR (50,45)	8738	365	196
CVaR (50,50)	9210	413	244

Caso ONS: Custos – PMO OUT/21



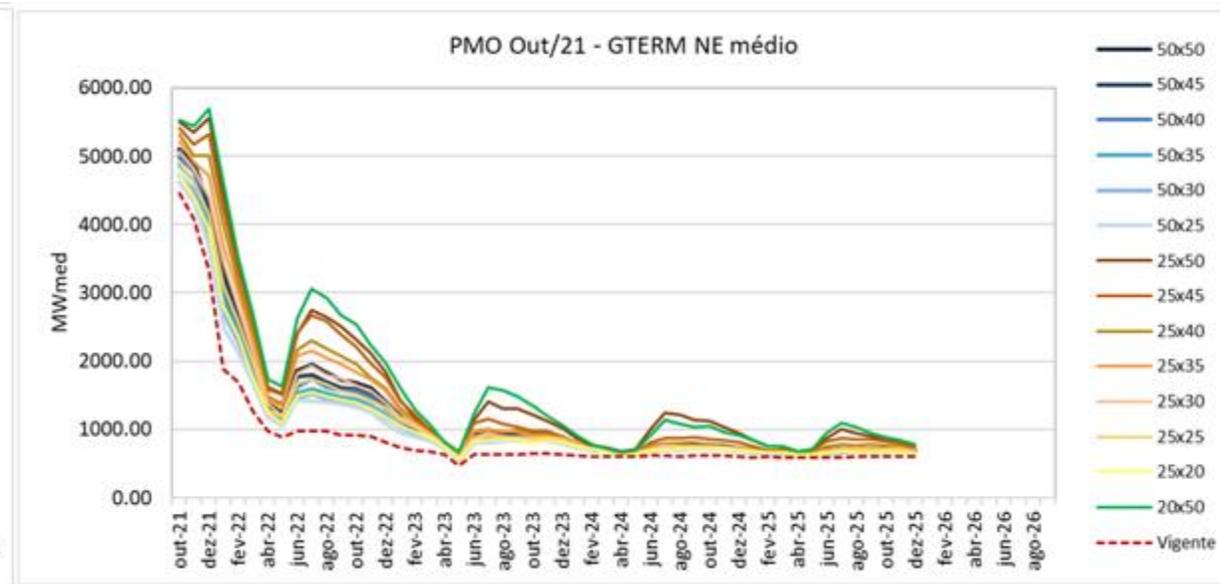
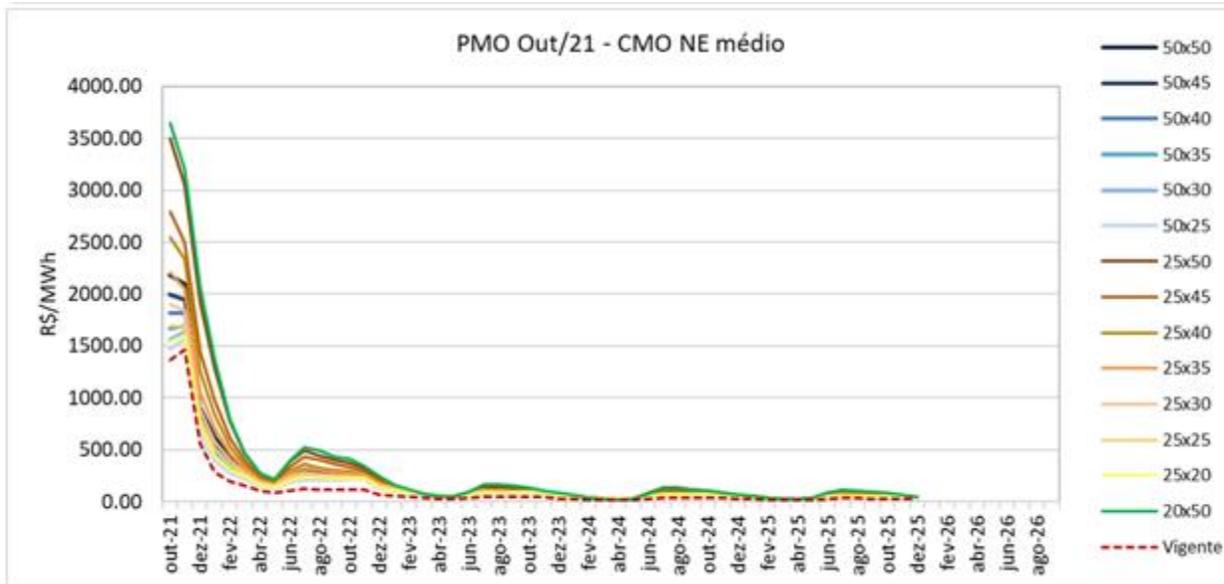
Caso ONS: Evoluções – PMO OUT/21



PARp	CVAR	2021	2022	2023	2024	2025
PAR(p)	Vigente	1305.2	145.3	39.9	28.4	25.6
PAR(p)-A	50x50	1842.4	330.3	96.9	61.0	47.9
PAR(p)-A	50x45	1738.0	307.8	94.1	60.3	46.8
PAR(p)-A	50x40	1632.3	290.5	91.2	57.6	44.6
PAR(p)-A	50x35	1540.2	272.0	89.6	55.3	43.4
PAR(p)-A	50x30	1478.3	257.8	86.8	52.3	40.4
PAR(p)-A	50x25	1424.7	241.9	83.3	50.7	39.1
PAR(p)-A	25x50	2972.4	580.6	115.4	80.7	65.7
PAR(p)-A	25x45	2395.3	488.5	108.4	66.9	61.0
PAR(p)-A	25x40	2180.6	412.8	99.4	59.5	55.6
PAR(p)-A	25x35	1912.4	370.0	98.6	57.3	50.6
PAR(p)-A	25x30	1700.2	317.5	95.2	58.4	49.7
PAR(p)-A	25x25	1562.5	287.3	90.6	54.8	45.0
PAR(p)-A	25x20	1466.8	260.4	86.7	52.5	41.9
PAR(p)-A	20x50	3147.0	619.7	126.6	79.6	70.0

PARp	CVAR	2021	2022	2023	2024	2025
PAR(p)	Vigente	8023.1	3583.8	3030.4	3084.7	3739.4
PAR(p)-A	50x50	8822.1	4674.4	3476.2	3372.2	3997.6
PAR(p)-A	50x45	8730.6	4537.5	3429.5	3347.4	3972.3
PAR(p)-A	50x40	8619.1	4424.6	3398.4	3312.2	3954.6
PAR(p)-A	50x35	8525.7	4295.8	3362.7	3284.8	3916.6
PAR(p)-A	50x30	8427.5	4186.2	3330.4	3257.7	3895.0
PAR(p)-A	50x25	8320.3	4089.1	3294.9	3242.0	3878.3
PAR(p)-A	25x50	9645.1	5587.4	3739.5	3644.9	4251.4
PAR(p)-A	25x45	9441.8	5493.4	3606.8	3459.9	4185.1
PAR(p)-A	25x40	9262.7	5132.2	3529.3	3381.9	4099.2
PAR(p)-A	25x35	9064.4	4960.8	3513.3	3348.5	4026.8
PAR(p)-A	25x30	8821.9	4655.2	3444.6	3330.1	3994.3
PAR(p)-A	25x25	8645.7	4454.8	3396.6	3291.2	3947.3
PAR(p)-A	25x20	8461.7	4236.3	3344.0	3262.7	3896.5
PAR(p)-A	20x50	9737.9	5806.9	3843.5	3596.6	4306.6

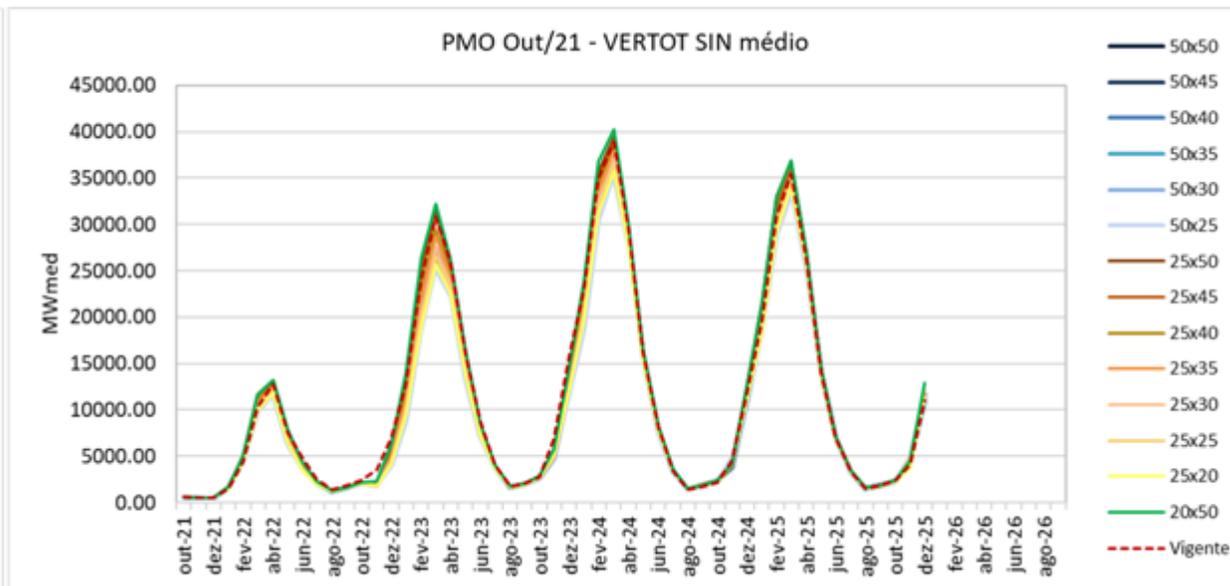
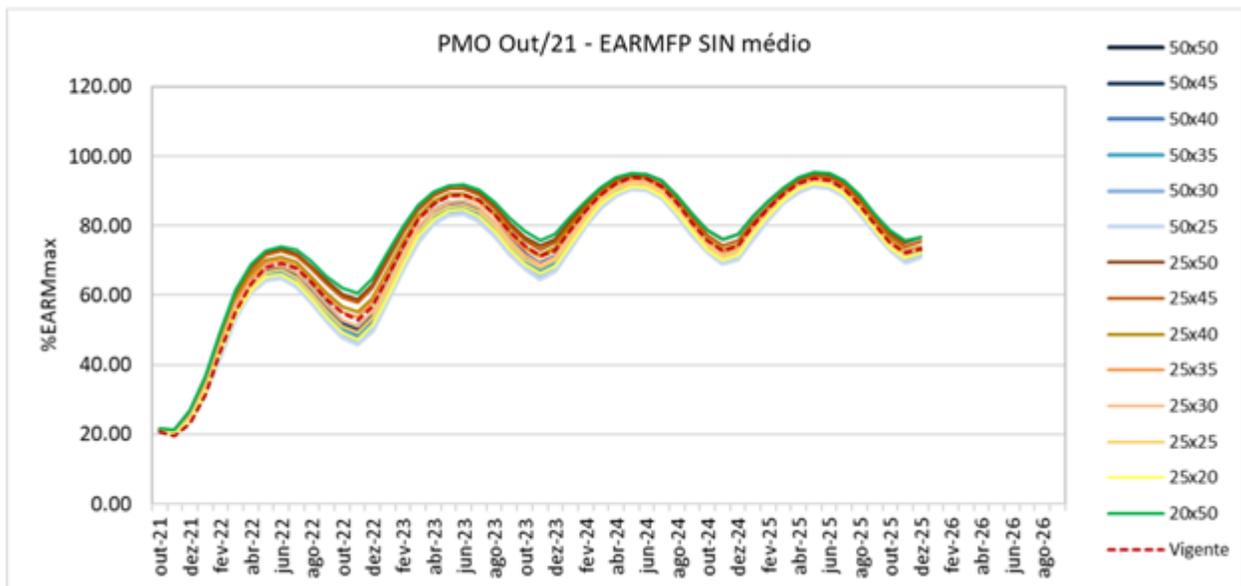
Caso ONS: Evoluções – PMO OUT/21



PARp	CVAR	2021	2022	2023	2024	2025
PAR(p)	Vigente	1128.3	132.0	37.3	26.8	24.2
PAR(p)-A	50x50	1731.9	282.6	85.4	55.0	43.2
PAR(p)-A	50x45	1604.7	264.8	83.2	54.1	42.3
PAR(p)-A	50x40	1479.8	252.7	81.2	52.3	40.9
PAR(p)-A	50x35	1373.1	239.0	80.3	50.8	39.2
PAR(p)-A	50x30	1303.2	228.1	78.4	48.0	36.9
PAR(p)-A	50x25	1237.8	215.0	75.6	46.5	35.5
PAR(p)-A	25x50	2822.6	467.7	102.9	75.4	60.1
PAR(p)-A	25x45	2243.5	398.6	95.1	61.4	55.1
PAR(p)-A	25x40	2047.9	344.8	87.5	54.2	50.9
PAR(p)-A	25x35	1771.9	312.8	86.4	52.2	45.7
PAR(p)-A	25x30	1541.8	274.3	84.8	53.6	45.2
PAR(p)-A	25x25	1394.3	250.5	81.1	50.0	41.3
PAR(p)-A	25x20	1292.4	230.9	78.5	48.3	38.8
PAR(p)-A	20x50	2970.0	494.7	113.6	73.5	64.5

PARp	CVAR	2021	2022	2023	2024	2025
PAR(p)	Vigente	3956.4	1098.8	642.5	609.4	597.2
PAR(p)-A	50x50	4765.6	1906.1	914.3	745.2	686.5
PAR(p)-A	50x45	4699.7	1800.2	881.3	735.3	680.9
PAR(p)-A	50x40	4611.2	1723.4	869.9	714.9	670.2
PAR(p)-A	50x35	4490.0	1625.1	840.9	705.2	664.4
PAR(p)-A	50x30	4358.3	1558.6	830.6	696.8	655.8
PAR(p)-A	50x25	4213.0	1483.8	805.8	694.6	653.9
PAR(p)-A	25x50	5472.1	2521.2	1131.9	955.4	822.5
PAR(p)-A	25x45	5300.6	2437.0	1026.5	788.4	773.4
PAR(p)-A	25x40	5110.7	2209.1	961.4	745.2	725.8
PAR(p)-A	25x35	4946.3	2095.0	944.0	730.3	691.7
PAR(p)-A	25x30	4757.7	1906.7	903.8	721.8	686.3
PAR(p)-A	25x25	4553.7	1751.6	872.2	707.5	673.0
PAR(p)-A	25x20	4358.9	1593.8	838.7	698.4	657.5
PAR(p)-A	20x50	5555.5	2683.4	1245.7	906.8	855.8

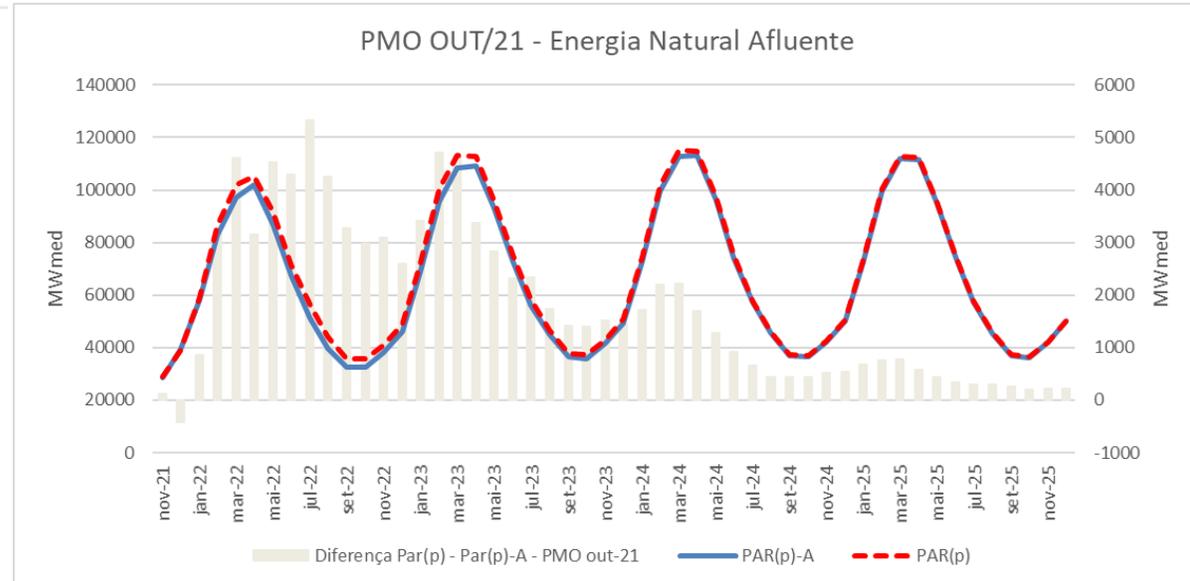
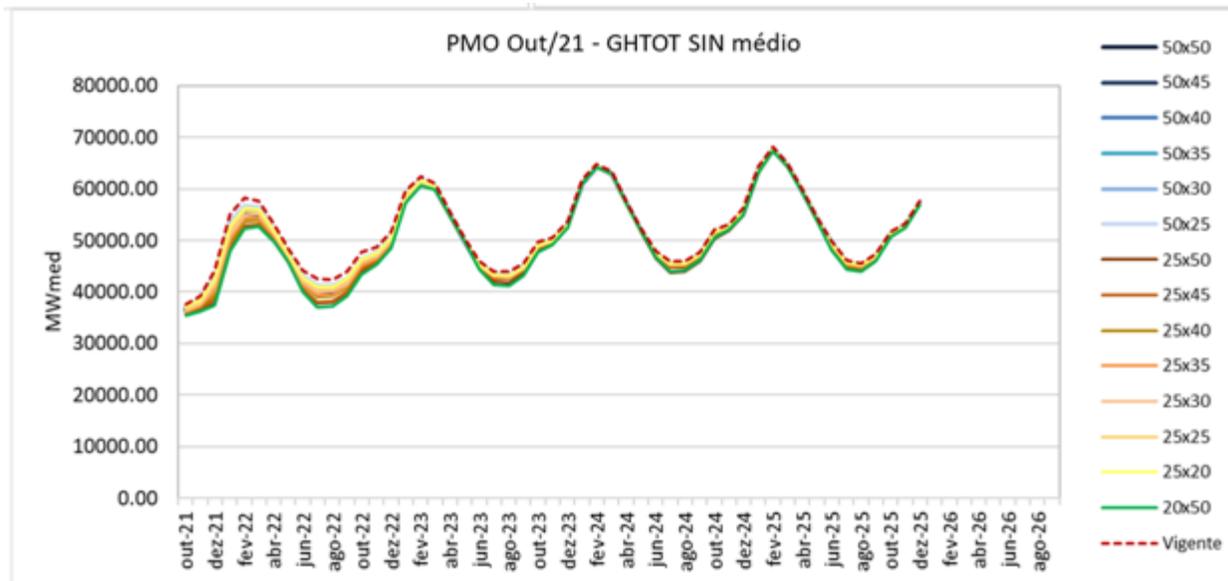
Caso ONS: Evoluções SIN – PMO OUT/21



PARp	CVAR	2021	2022	2023	2024	2025
PAR(p)	Vigente	21.1	57.1	79.4	84.4	84.2
PAR(p)-A	50x50	22.1	56.6	77.2	83.4	83.8
PAR(p)-A	50x45	22.0	55.8	76.4	82.7	83.3
PAR(p)-A	50x40	21.9	55.1	75.7	82.3	82.9
PAR(p)-A	50x35	21.8	54.3	74.7	81.6	82.5
PAR(p)-A	50x30	21.6	53.5	74.0	81.2	82.2
PAR(p)-A	50x25	21.4	52.7	73.1	80.6	81.6
PAR(p)-A	25x50	23.2	62.2	82.3	86.5	86.5
PAR(p)-A	25x45	22.9	61.5	81.7	85.5	85.5
PAR(p)-A	25x40	22.6	59.6	80.0	84.5	84.4
PAR(p)-A	25x35	22.4	58.5	79.2	84.1	84.2
PAR(p)-A	25x30	22.1	56.7	77.4	83.2	83.6
PAR(p)-A	25x25	21.9	55.3	76.1	82.6	83.0
PAR(p)-A	25x20	21.6	53.9	74.5	81.5	82.6
PAR(p)-A	20x50	23.3	63.2	83.5	86.8	86.7

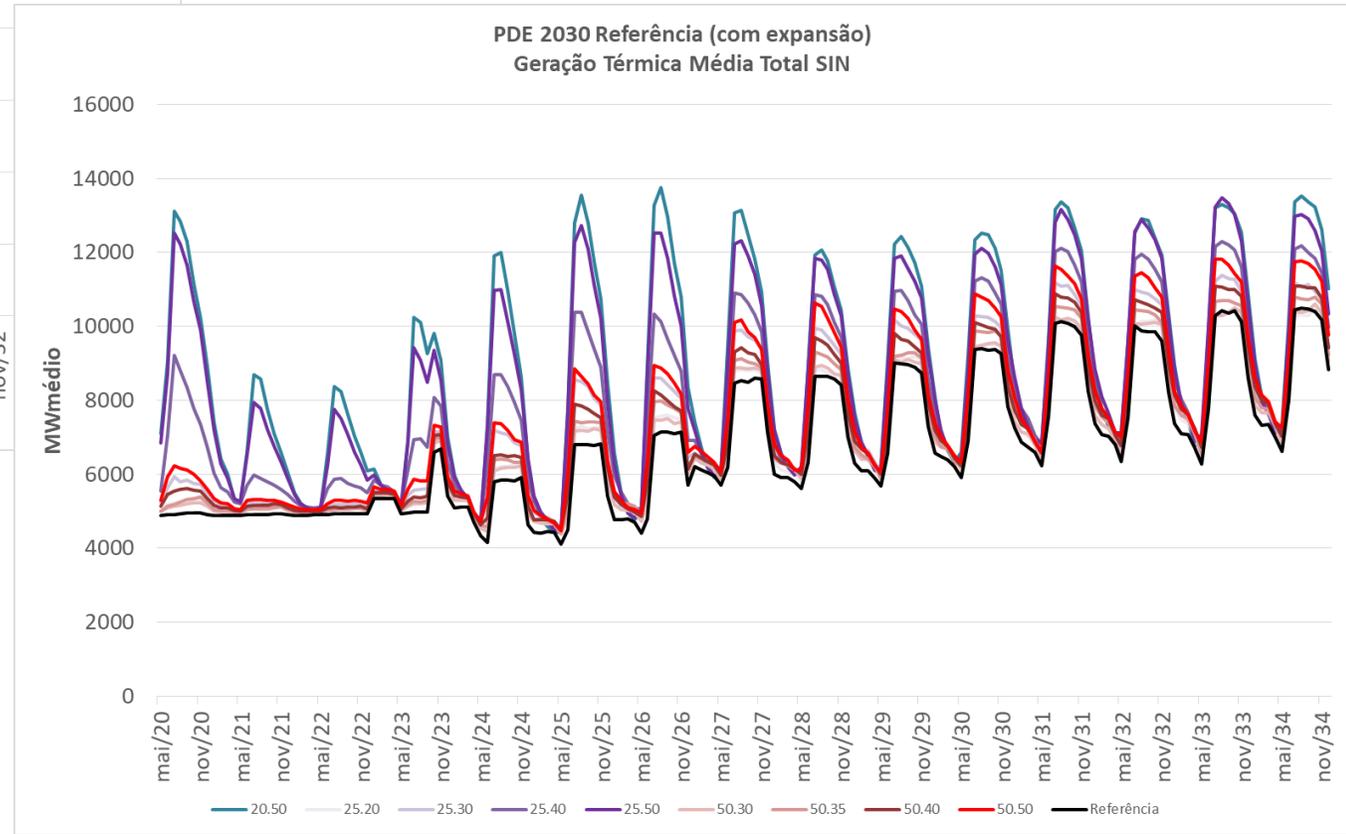
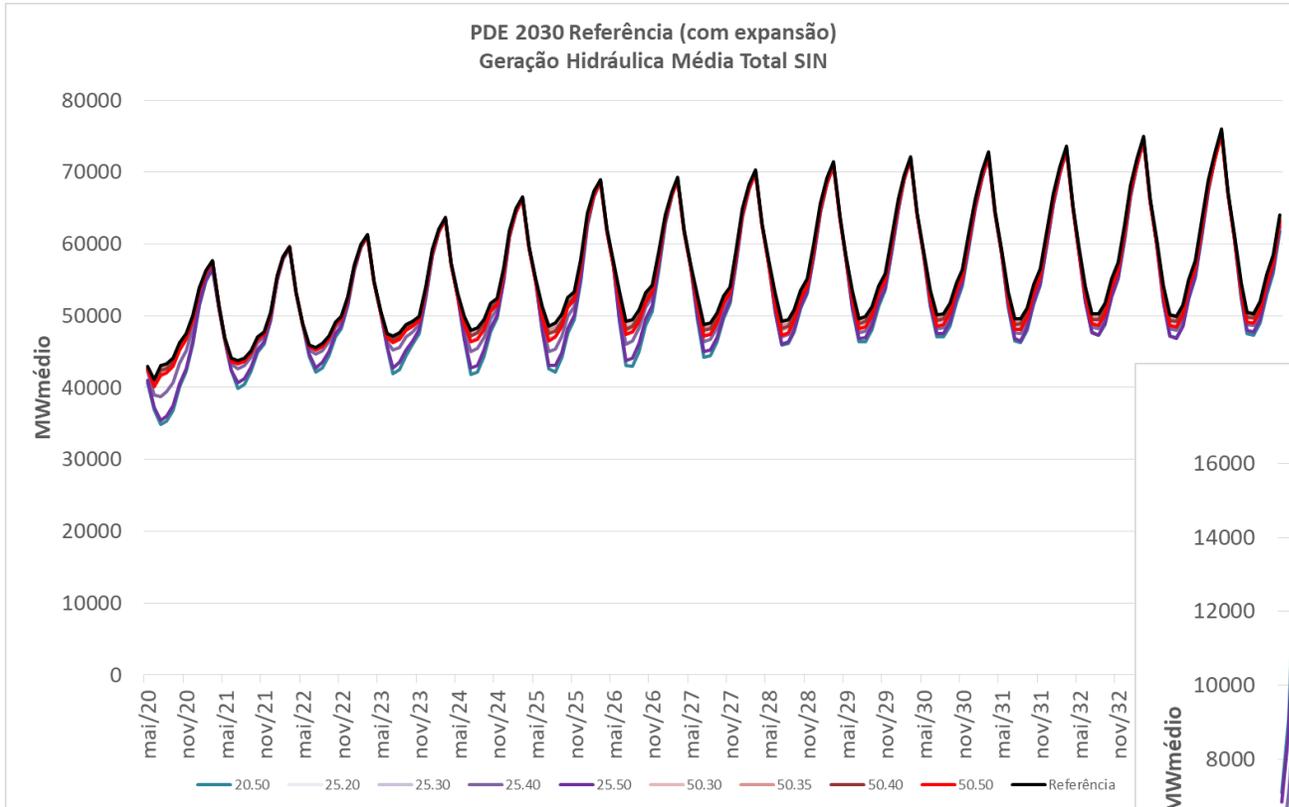
PARp	CVAR	2021	2022	2023	2024	2025
PAR(p)	Vigente	532.6	5029.4	12641.4	14638.8	13101.0
PAR(p)-A	50x50	534.1	4407.1	10967.1	13827.3	13065.3
PAR(p)-A	50x45	534.9	4352.2	10813.3	13737.1	12871.4
PAR(p)-A	50x40	537.1	4300.6	10597.9	13669.1	12900.4
PAR(p)-A	50x35	538.8	4263.1	10410.3	13495.0	12648.8
PAR(p)-A	50x30	541.2	4189.6	10195.3	13427.0	12665.9
PAR(p)-A	50x25	538.3	4150.3	10171.4	13333.6	12581.2
PAR(p)-A	25x50	533.9	4889.3	12534.2	14859.3	13752.7
PAR(p)-A	25x45	527.3	4736.0	12249.2	14618.0	13417.4
PAR(p)-A	25x40	525.2	4591.8	11648.1	14318.3	13261.6
PAR(p)-A	25x35	525.4	4481.0	11394.3	14148.7	13076.6
PAR(p)-A	25x30	528.4	4371.1	10965.0	13921.9	12947.6
PAR(p)-A	25x25	534.1	4292.1	10639.2	13722.8	12996.7
PAR(p)-A	25x20	533.9	4206.9	10418.3	13465.5	12652.9
PAR(p)-A	20x50	532.6	5000.6	12890.5	15137.2	13873.7

Caso ONS: Evoluções SIN – PMO OUT/21

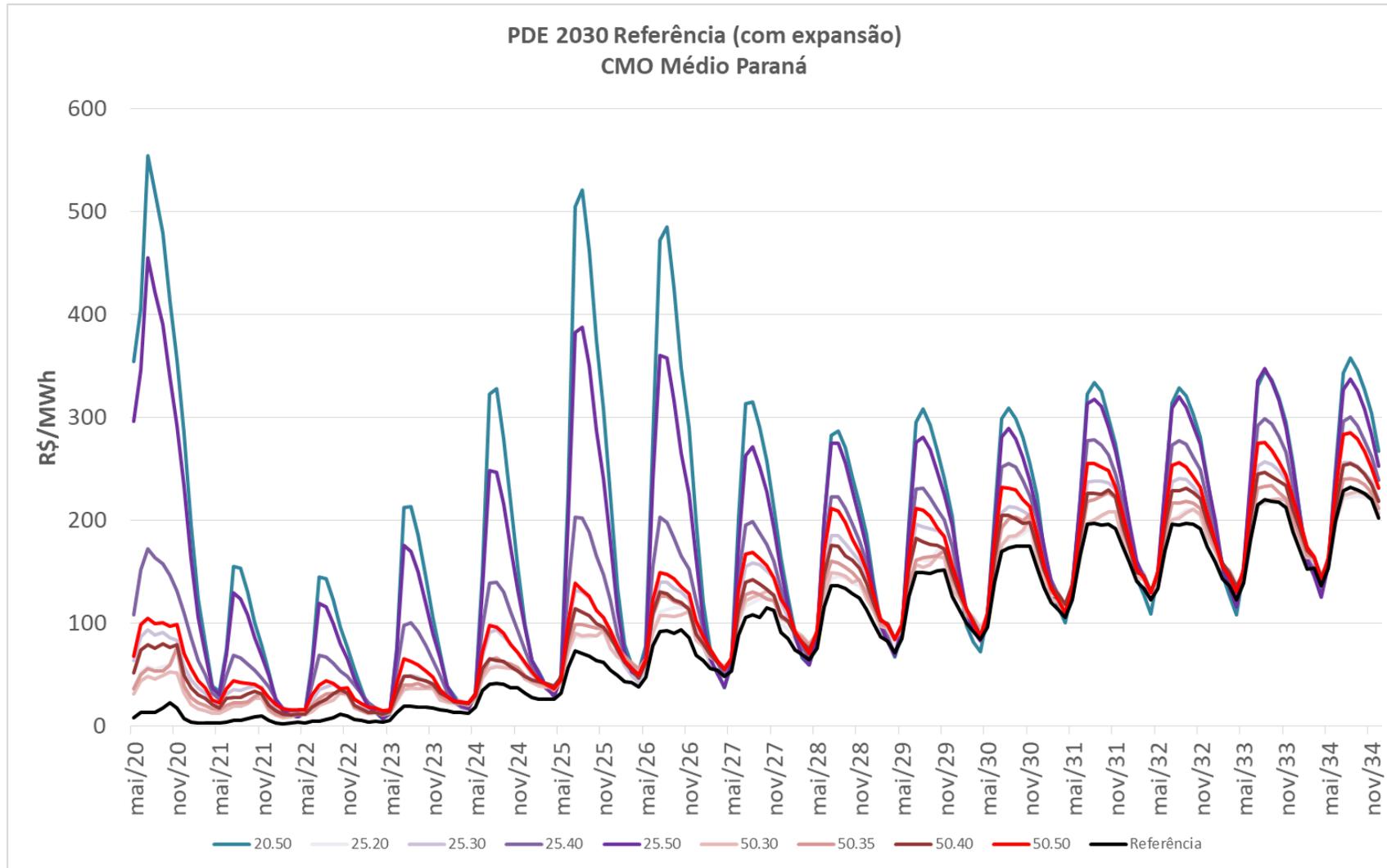


PARp	CVAR	2021	2022	2023	2024	2025
PAR(p)	Vigente	40351.4	49442.6	51885.5	54074.3	55292.0
PAR(p)-A	50x50	38422.0	47119.7	50961.6	53491.6	54833.4
PAR(p)-A	50x45	38602.6	47403.6	51055.2	53532.6	54866.9
PAR(p)-A	50x40	38830.7	47625.7	51105.2	53604.6	54900.2
PAR(p)-A	50x35	39088.9	47896.4	51179.4	53651.1	54961.5
PAR(p)-A	50x30	39365.3	48109.2	51234.4	53706.4	55008.0
PAR(p)-A	50x25	39668.8	48337.1	51312.9	53737.8	55035.5
PAR(p)-A	25x50	36597.4	45369.6	50413.6	52887.7	54349.0
PAR(p)-A	25x45	37043.7	45566.1	50692.4	53316.2	54485.8
PAR(p)-A	25x40	37489.3	46245.7	50851.4	53481.2	54647.4
PAR(p)-A	25x35	37909.7	46565.7	50886.2	53540.2	54780.8
PAR(p)-A	25x30	38421.5	47134.4	51005.3	53570.7	54827.0
PAR(p)-A	25x25	38868.2	47551.3	51101.7	53642.9	54909.0
PAR(p)-A	25x20	39308.7	48007.4	51205.5	53698.1	54996.2
PAR(p)-A	20x50	36379.4	44927.8	50162.2	53005.2	54230.9

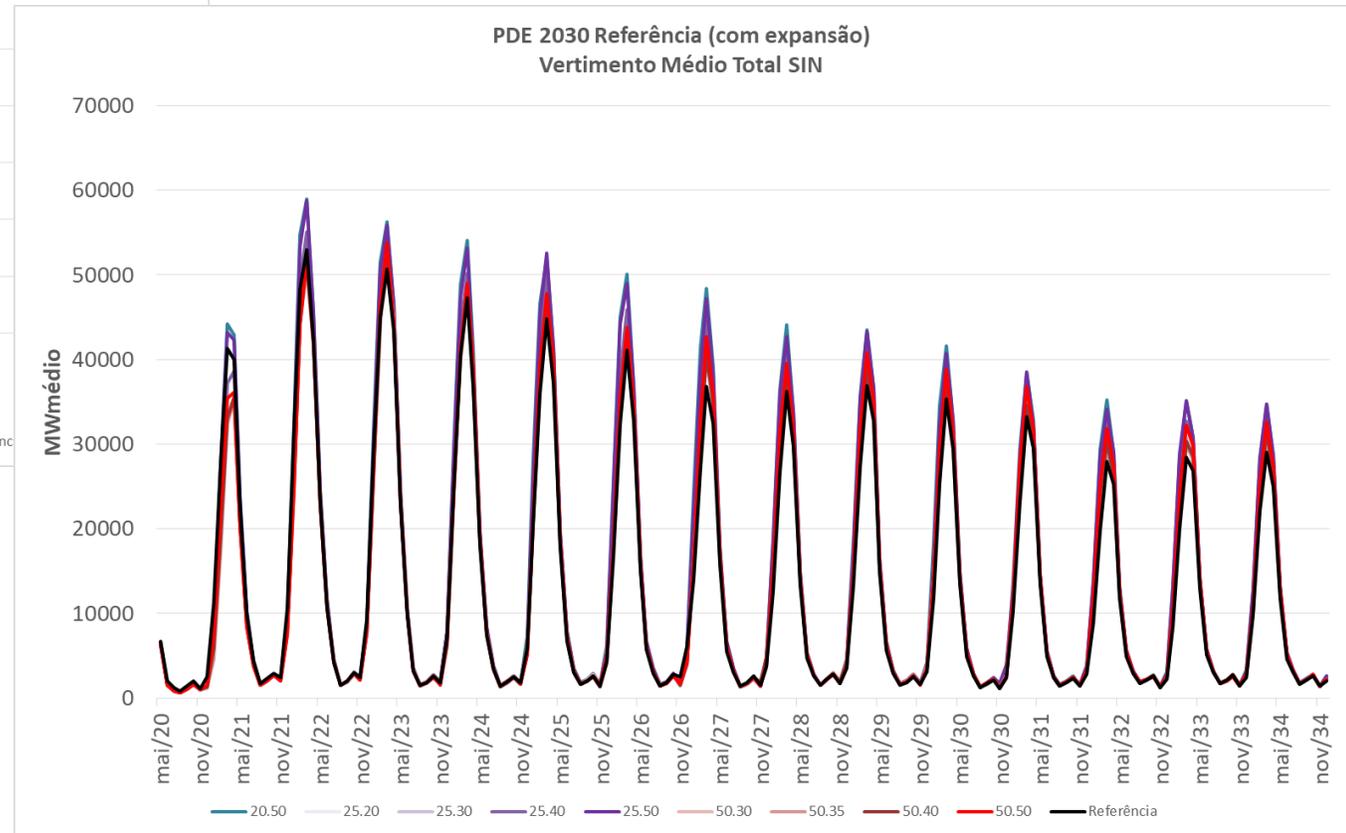
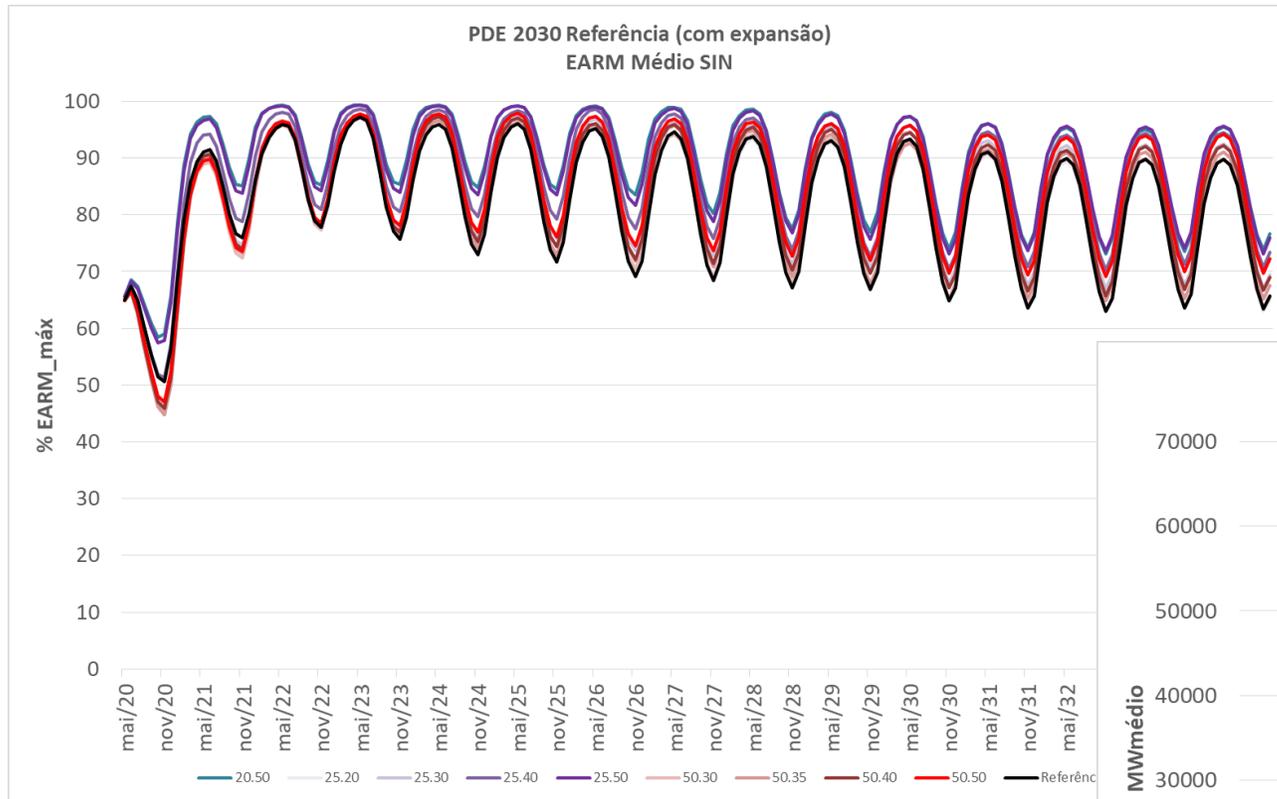
Caso EPE: PDE 2030 | Caso Referência (com expansão)



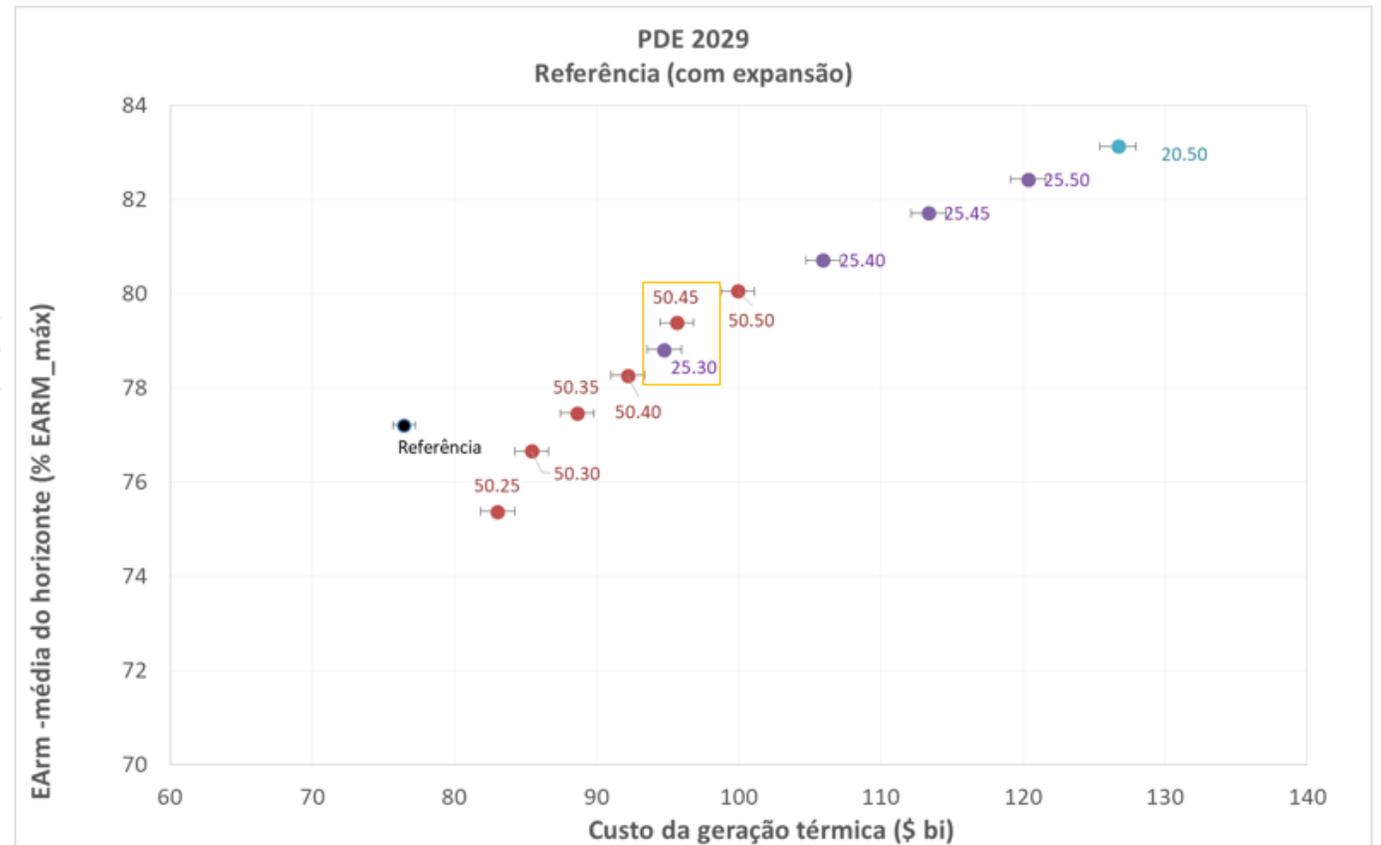
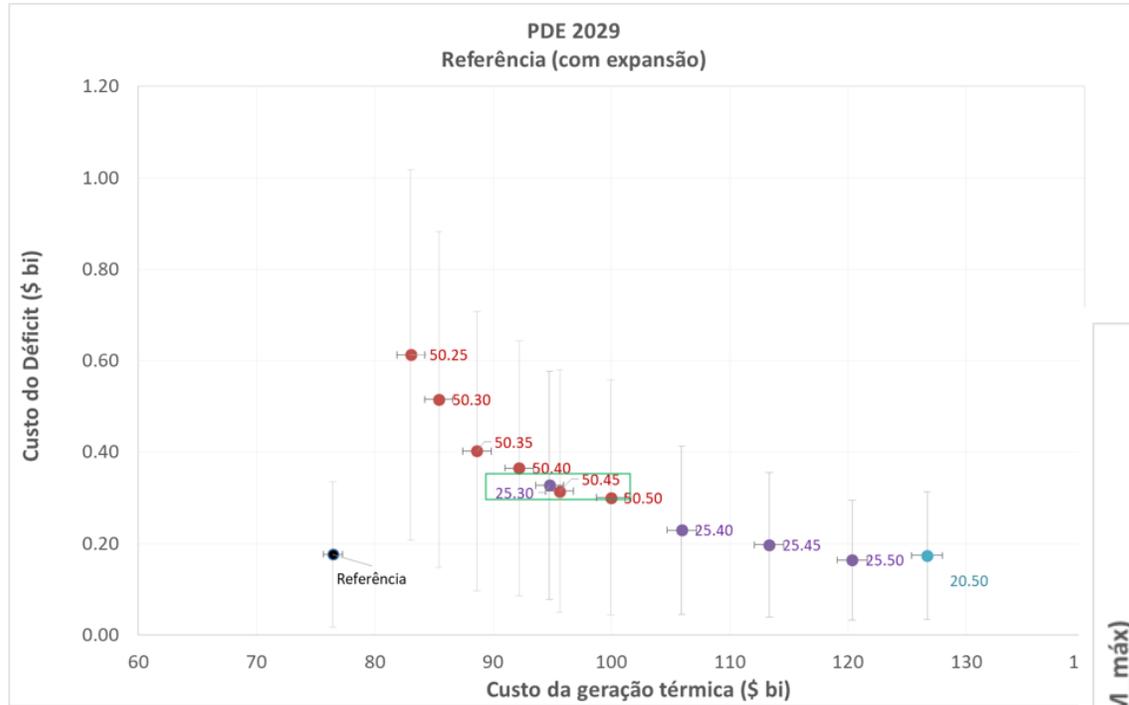
Caso EPE: PDE 2030 | Caso Referência (com expansão)



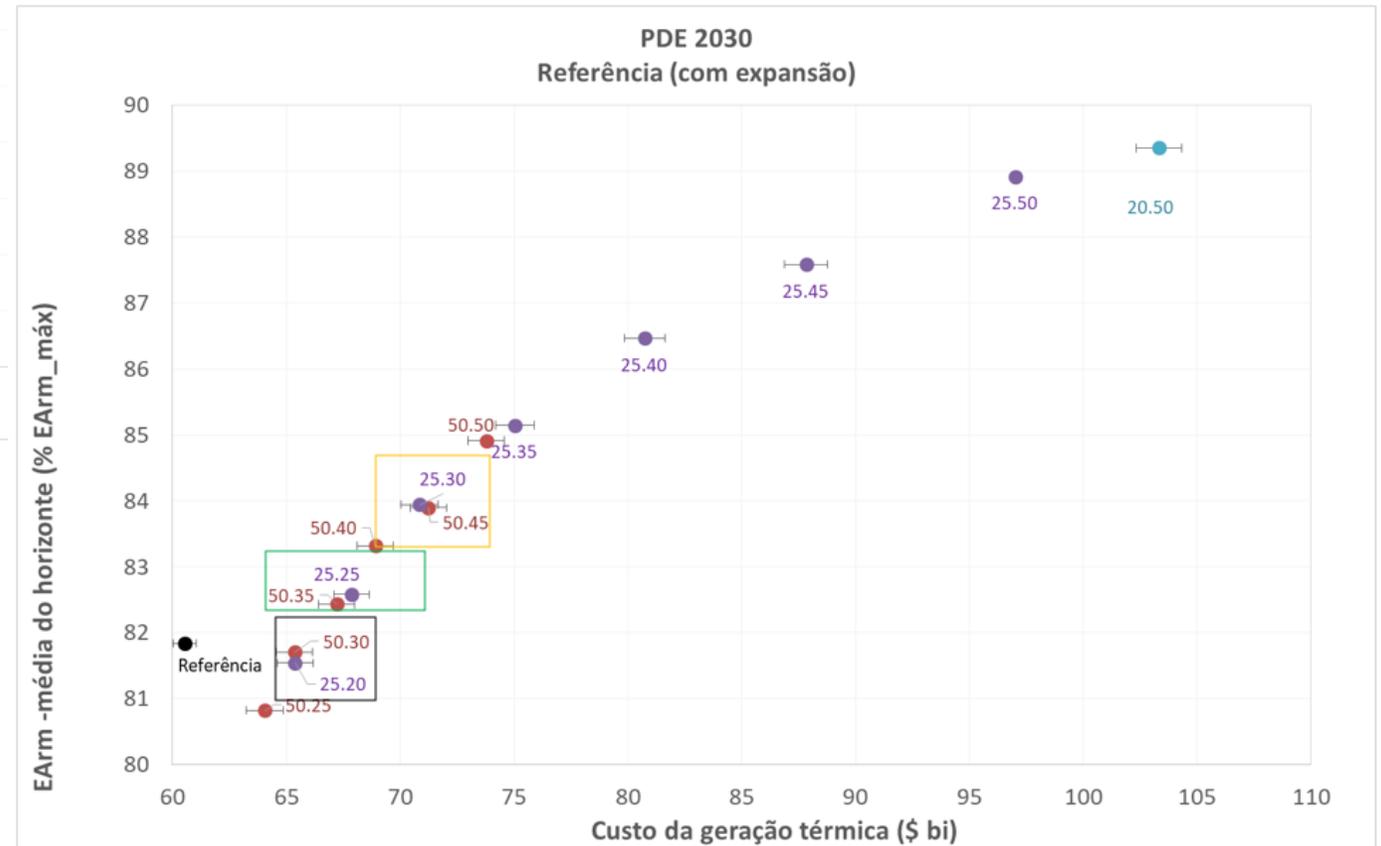
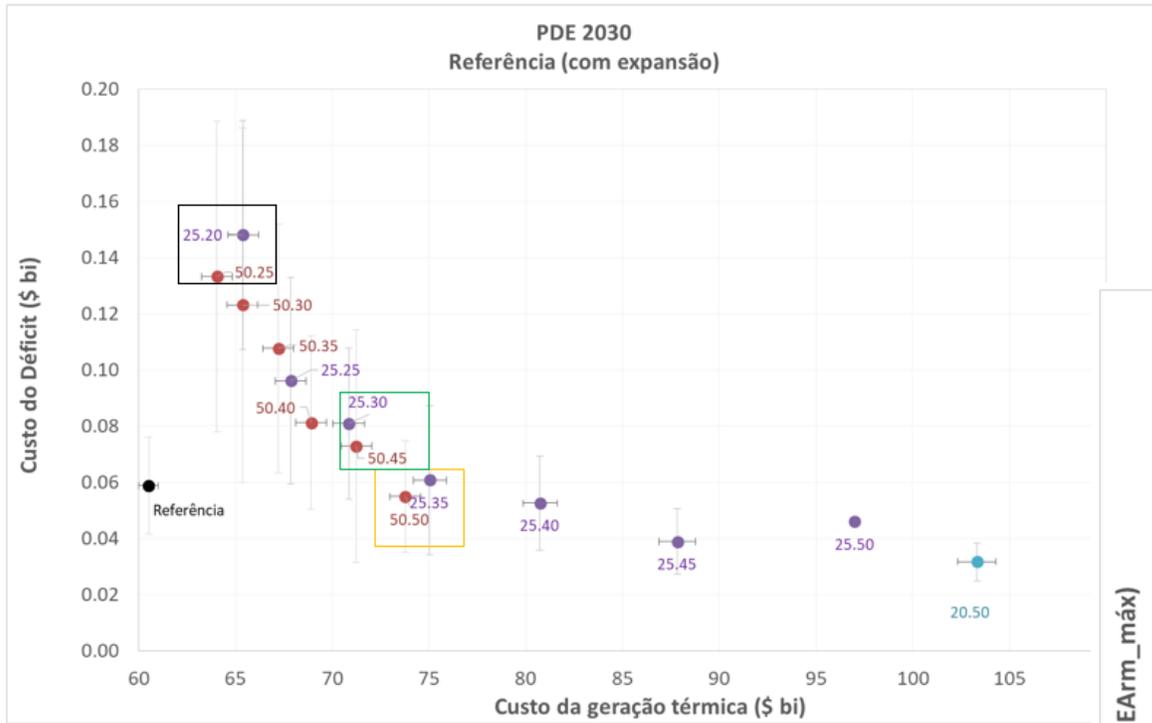
Caso EPE: PDE 2030 | Caso Referência (com expansão)



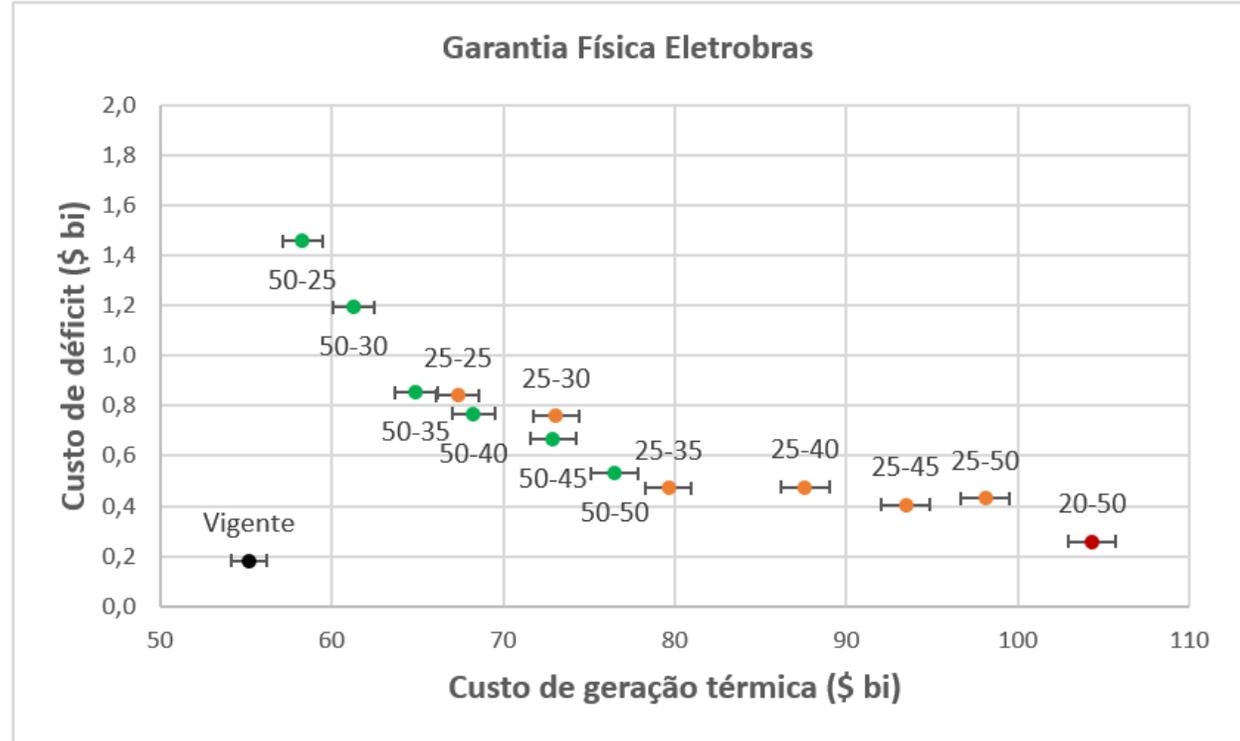
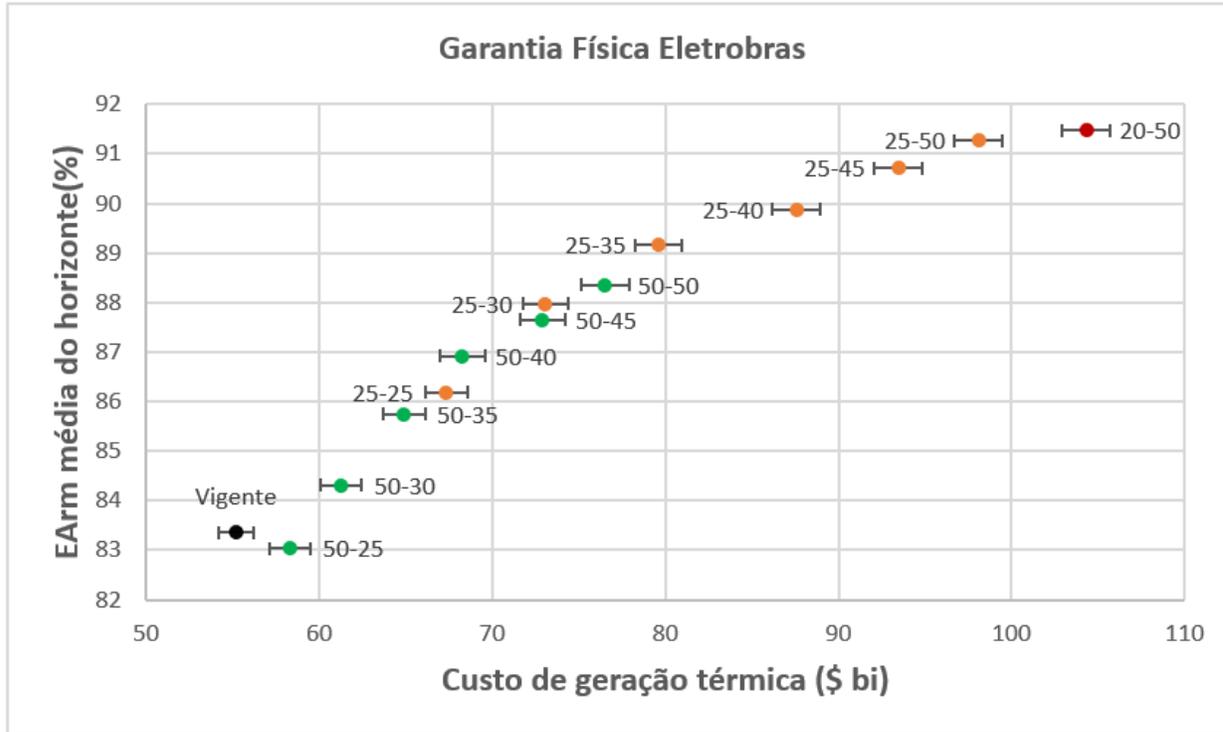
Caso EPE: PDE 2029 | Caso Referência (com expansão)



Caso EPE: PDE 2030 | Caso Referência (com expansão)



Paretos do Caso de Garantia Física da Eletrobrás da EPE



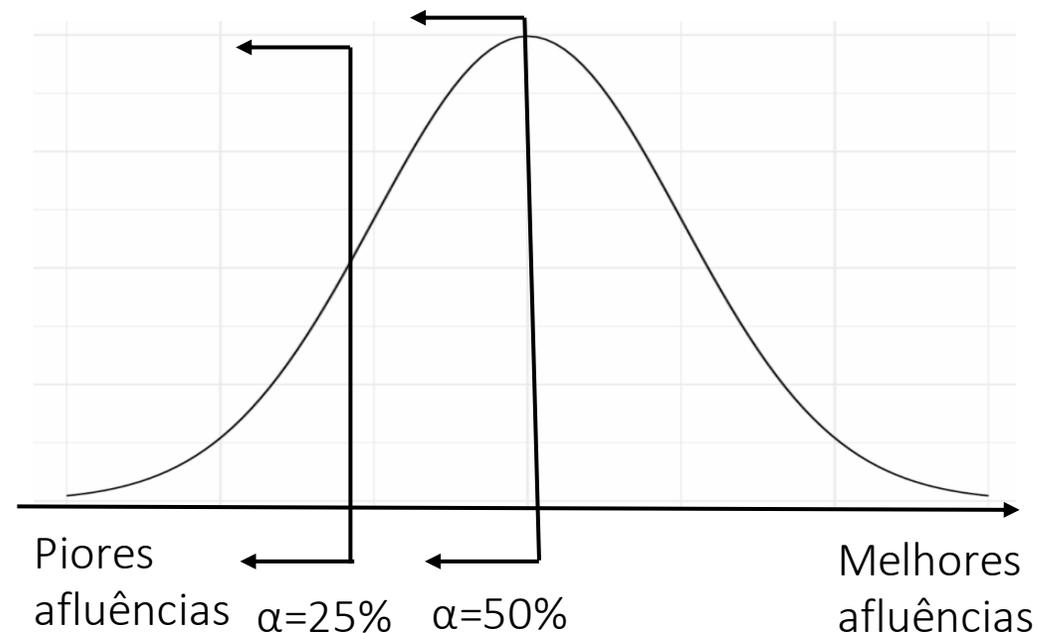
Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Objetivo Final: Definir quatro pares (α, λ) de CVaR que apresentem um trade-off entre diferentes políticas operativas e dispersão da aversão ao risco.

- PAR(p)+CVaR(50,35)
- PAR(p)-A+CVaR(50,35)
- PAR(p)-A+CVaR(25,20)
- PAR(p)-A+CVaR(25,30)
- PAR(p)-A+CVaR(25,40)
- PAR(p)-A+CVaR(25,50)

Casos Base

Sensibilidades



$$Z = \min (1-\lambda) \times E[CTO] + \lambda \times CVaR$$

Proposta: A família $\alpha=25\%$ apresentou uma boa dispersão de políticas operativas, sensibilizando as séries mais críticas para diferentes níveis de aversão ao risco. A proposta é utilizar essa família de percentuais de séries críticas, utilizando quatro pesos λ que tornem possíveis as análises dos *trade-offs* entre métricas físicas e financeiras.

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Backtest e análises prospectivas - Definição após contribuições dos agentes

Metodologia	<ul style="list-style-type: none">Seleção dos pares a partir de resultados nos modelos NEWAVE-DECOMP-DESSEM ("Análise paretos")
Premissas backtest	<ul style="list-style-type: none">Backtest encadeado para casos de PMOPeríodo de simulação: Dez/2015 a Jun/20212 bases (PAR(p) / PAR(p)-A e risco atual) + 4 sensibilidades de parâmetros do CVaR
Premissas análises prospectivas	<ul style="list-style-type: none">Casos de PLD2 bases (PAR(p) / PAR(p)-A e risco atual) + 4 sensibilidades de parâmetros do CVaRPeríodo de simulação: Dez/2021 a Nov/20224 cenários hidrológicos, com volumes iniciais diferentes<ul style="list-style-type: none">120% MLT – EARM inicial = equivalente dez/201160% MLT – EARM inicial = equivalente dez/201180% MLT – EARM inicial = equivalente dez/202060% MLT – EARM inicial = equivalente dez/2020Premissas :<ul style="list-style-type: none">Se disponível na data corte utilizar os dados de cadastro das UHEs do 2º ciclo do GTDPRestrições hidráulicas ordinárias (não flexibilizadas) - Deck vigente outubro/2021Execução sem corte de carga (sem déficit)

Outubro 2021							
Nº	Se	Te	Qu	Qu	Se	Sá	Do
39					1	2	3
40	4	5	6	7	8	9	10
41	11	12	13	14	15	16	17
42	18	19	20	21	22	23	24
43	25	26	27	28	29	30	31

Início da Etapa 2

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Backtest e análises prospectivas - Definição após contribuições dos agentes

Métricas físicas	<ul style="list-style-type: none">• Energia Armazenada• Geração térmica/hidráulica• Índice de Eficiência (Custo x EARM)• Vertimento 
Métricas financeiras	<ul style="list-style-type: none">• CMO/PLD e volatilidade• Custos do despacho térmico• GSF e impacto no MRE• Impacto na Garantia Física• Impacto no Planejamento da Expansão (Análise de Requisitos)• Impacto nas distribuidoras• Impacto tarifário<ul style="list-style-type: none">• GSF (risco hidrológico)• CCEAR-D (contrato de disponibilidade)• Encargo de energia de reserva (ERR)• Exposição da distribuidora no MCP (balanço contratual) 

Dezembro 2021

Nº	Se	Te	Qu	Qu	Se	Sá	Do
48			1	2	3	4	5
49	6	7	8	9	10	11	12
50	13	14	15	16	17	18	19
51	20	21	22	23	24	25	26
52	27	28	29	30	31		



Final da Etapa 2

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Contribuições dos agentes/universidades:

- Criar uma métrica para sinalizar se houve violação das restrições de defluência mínima nos cenários simulados nos *backtests* e estudos prospectivos;
- Uma sugestão que ajudaria tanto a identificar a necessidade de flexibilização quanto a aproximar o modelo da operação real seria representar essas **restrições com penalidades diferentes para cada nível de flexibilização (restrições “soft”)**. Inclusive, o risco de flexibilização em meses futuros seria identificado em uma análise de cenários.
 - As violações de restrições de defluência mínima são inerentes ao processo de convergência dos modelos e **auxiliam a manter a coerência com a representação da realidade do sistema**. Conforme observados nos estudos de RHE que utilizaram restrições *soft* nos estágios semanais (alternativa que foi abandonada), **restrições *soft* de defluência mínima podem ocasionar acúmulos de penalidades entre os estágios do modelo DECOMP**, volatilizando a operação e os custos. Podemos computar a **frequência da necessidade de flexibilizações para convergência dos casos**. De todo modo, os decks utilizados para **backtests e estudos prospectivos estarão disponíveis aos agentes, possibilitando a observação pelos próprios agentes sobre as restrições específicas flexibilizadas** (ajuste de inviabilidades).
- Utilizar os resultados dos cenários forward nas avaliações do critério de parada.
 - Para o processo de avaliação do critério de parada do atual ciclo, para cada iteração, **as políticas foram avaliadas através de 2000 simulações *out-of-sample***. Na PDDE, para cada passo *forward*, as variáveis aleatórias são reamostradas, de forma que os resultados médios trarão uma **variação estatística inerente ao próprio processo de reamostragem**. Contudo, essa é uma sugestão interessante que pode ser avaliada em ciclos futuros.

Agenda

1. Cronograma
2. Análises metodológicas e testes preliminares
3. Critério de parada
4. Backtests e análises prospectivas: premissas e métricas
5. **FTs NEWAVE/DECOMP**
6. Dúvidas, contribuições e comentários

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

FTs NEWAVE/DECOMP

Setembro a 15/Octubro



FT NEWAVE **Em andamento**

- Validar a versão 27.4.14 (PAR(p)-A exato na formulação da PDDE)

FT DECOMP **Finalizada**

- Validada a versão 30.16



Pouca participação dos agentes na execução dos testes!!!

Agenda

1. Cronograma
2. Análises metodológicas e testes preliminares
3. Critério de parada
4. *Backtests* e análises prospectivas: premissas e métricas
5. FTs NEWAVE/DECOMP
6. **Dúvidas, contribuições e comentários**

Ciclo de trabalho 2021/2022: PAR(p)-A + Calibração do CVaR

Dúvidas, contribuições e comentários



- Definição do critério de parada
- Definição dos paretos a serem utilizados no Backtest e Prospectivo
- Outras contribuições técnicas

Solicitar a abertura do microfone pelo ícone



Próximos passos

- Contribuições dos agentes até dia **25/outubro**
- Início dos estudos Prospectivos e Backtests

Dúvidas e contribuições podem ser enviadas para
gtmet.cpamp@ccee.org.br

- Workshop **10/novembro**:
- Andamento dos estudos Prospectivos e Backtests

Próximas datas do Workshop:



- 10/11 - 9h às 11h
- 13/12 - 15h às 17h

Novembro 2021							
Nº	Se	Te	Qu	Qu	Se	Sá	Do
44	1	2	3	4	5	6	7
45	8	9	10	11	12	13	14
46	15	16	17	18	19	20	21
47	22	23	24	25	26	27	28
48	29	30					

Dezembro 2021							
Nº	Se	Te	Qu	Qu	Se	Sá	Do
48			1	2	3	4	5
49	6	7	8	9	10	11	12
50	13	14	15	16	17	18	19
51	20	21	22	23	24	25	26
52	27	28	29	30	31		

Obrigado

Coordenação do GT Metodologia:  ccee
gtmet.cpamp@ccee.org.br

CPAMP - Comissão Permanente para Análise de Metodologias
e Programas Computacionais do Setor Elétrico

GT METODOLOGIA

Membros:

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

 **ANEEL**
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

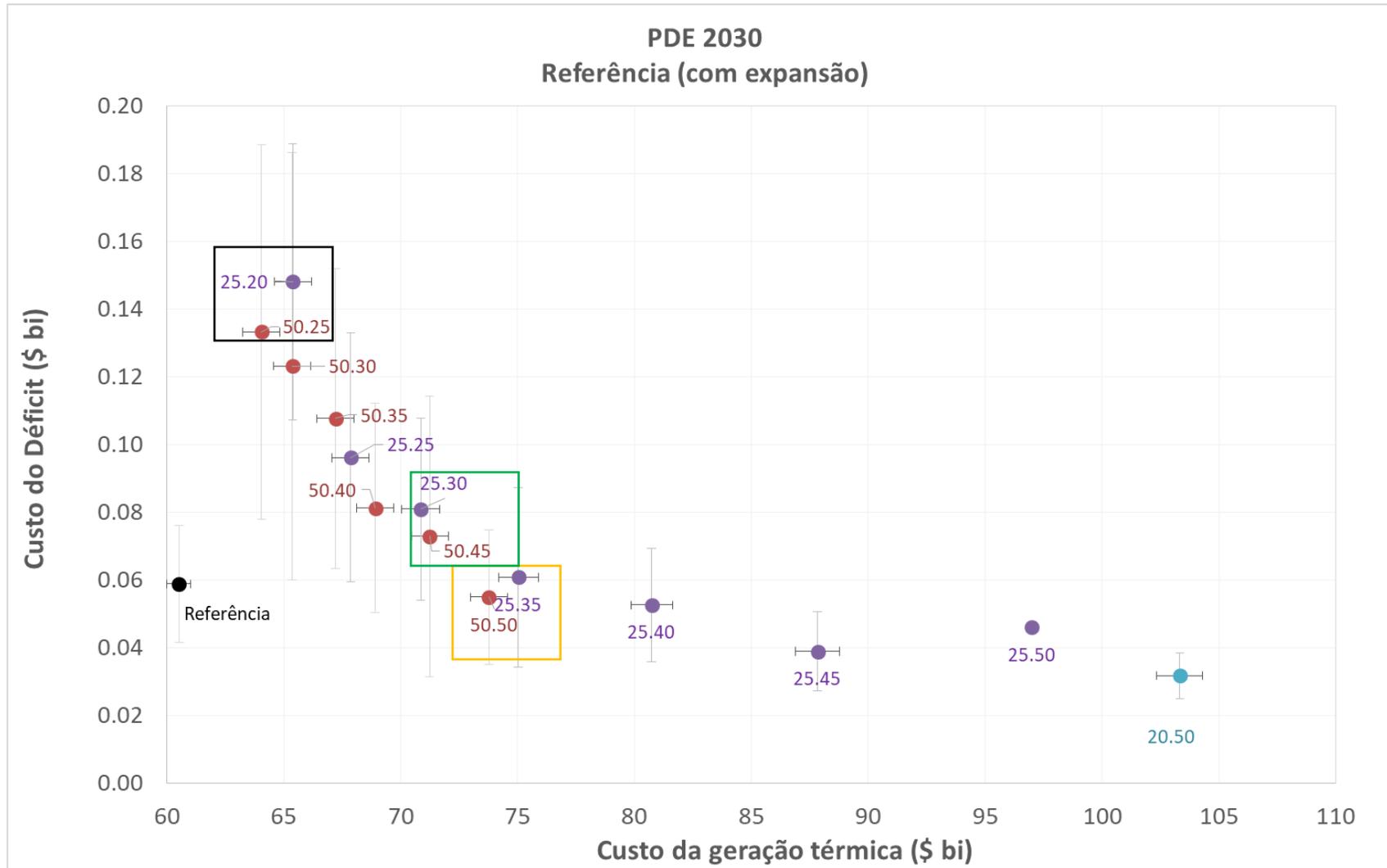
 **ONS**

 **epe**

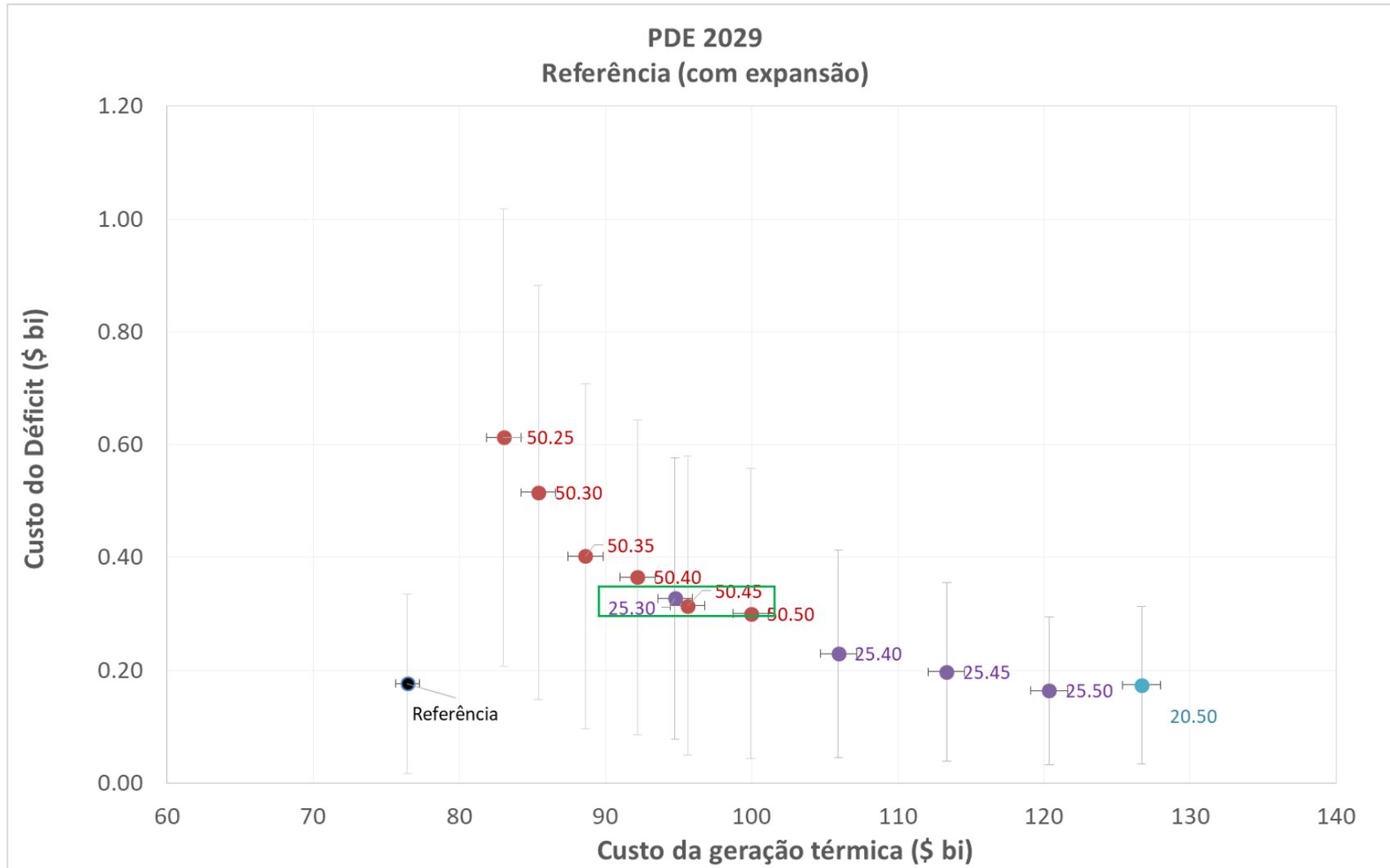
Assessoria Técnica:

 Eletrobras
Cepel

Caso EPE: PDE 2030 | Caso Referência (com expansão)



Caso EPE: PDE 2029 | Caso Referência (com expansão)



Caso EPE: Tempos de Processamento

