



# Apoio Técnico para a Consulta Pública MME nº 109 sobre aversão ao risco com foco na parametrização do CVaR

Preparado para  
Abraceel

## Resumo executivo

- ▶ Objetivo deste trabalho é analisar os elementos de aversão ao risco que são ou podem ser utilizados nos modelos computacionais e apresentar uma discussão conceitual sobre sua definição, para uniformizar o conhecimento dos associados e permitir a discussão sobre a alteração dos seus parâmetros no escopo da CP do MME 109.
- ▶ Mostrou-se que os diferentes elementos de aversão ao risco podem utilizar abordagem econômica ou física. Atualmente são utilizados: Custo de déficit de 1 patamar no planejamento da expansão e operação, taxa de desconto diferentes entre expansão e operação e medidas de aversão ao risco adicional: CVaR-Custo e VminOP, por usina e por conjunto de reservatórios.
- ▶ Além disso, o próprio modelo hidrológico e o critério de suprimento influenciam na aversão ao risco:
  - O modelo hidrológico atual não representa bem a possibilidade de vários meses consecutivos com vazões muito baixas, como ocorrido em 2020 e agora. A tendência do modelo é de vazões favoráveis ocorrerem pouco depois das desfavoráveis. Como consequência, a soma das vazões ao longo do tempo em cada cenário tende rapidamente para a média de longo termo, um processo conhecido como “reversão à média”. Uma alteração neste modelo, afeta a aversão ao risco do sistema.
  - O critério de suprimento define a expansão, que influencia a curva de ordem de mérito da operação, e que por sua vez influencia a aversão ao risco que...influencia a definição do critério de suprimento.
- ▶ Portanto, hoje no Brasil, a aversão ao risco é uma superposição de elementos, que possuem impactos físicos e comerciais. Deve ser tratada de forma integrada e no futuro, idealmente, ser revisada.

## Resumo executivo

- ▶ Na CP 109, foram propostas alterações em três elementos principais de aversão ao risco: adicionado um termo a mais na regressão do modelo hidrológico PAR(p), alterados volumes mínimos operativos e os parâmetros do CVaR.
- ▶ Em nossa opinião, a adição de um termo a mais na regressão do modelo hidrológico PAR(p) e maiores volumes mínimos operativos já aumentam a aversão ao risco do sistema. Isto é corroborado pelos *backtests* apresentados na CP e pelas simulações prospectivas da PSR, não apresentadas no relatório da CP 109.
- ▶ No entanto, a parametrização (50/50) do CVaR foi escolhida sem que, em nossa opinião, fossem apontadas justificativas explícitas para sua adoção dentre as demais parametrizações analisadas:
  - A parametrização 50/50 foi escolhida, aparentemente, por ser a parametrização que resulta em geração termoelétrica e energia armazenada maiores que os valores realizados – isto é o que é possível concluir do capítulo 8 do relatório.
  - Porém as simulações não utilizaram a carga líquida (demanda por energia elétrica e montante de geração renováveis) verificada.
  - As comparações deveriam ter sido feitas, em todo momento, entre os casos das diferentes parametrizações e o "Caso Vigente". Ao comparar apenas as simulações, ignorando as curvas do realizado, a parametrização (50/35) já ofereceria aumento nos níveis de armazenamento e de geração termoelétrica.

## Resumo da nossa recomendação

- ▶ Pelos resultados apresentados na CP e nas simulações realizadas, a elevação do VminOP e a utilização do PAR(p)A sinalizam melhoria quando comparados aos volumes utilizados pelo ONS na tomada de decisão e nas ENAs projetadas. A calibração do CVaR deve ser realizada buscando a melhor relação custo benefício, e as simulações realizadas não mostram essa melhoria com a alteração para (50, 50).
- ▶ Assim, dadas as considerações anteriores, a análise conceitual apresentada neste relatório e as simulações numéricas prospectivas, sugerimos manter os valores atuais e a continuação das análises sobre alterações das metodologias de aversão ao risco (já sinalizadas pela CPAMP a continuação dos estudos), sob o risco de adversamente afetar estruturalmente o sistema de forma excessiva, desnecessária e indesejada.



# Temário

- ▶ Objetivo
- ▶ Critérios de Suprimento
- ▶ Metodologias de Aversão ao Risco
- ▶ Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109
- ▶ Simulações prospectivas com os parâmetros de aversão da CP MME 109

# Temário

- ▶ Objetivo

- ▶ Critérios de Suprimento

- ▶ Metodologias de Aversão ao Risco

- ▶ Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109

- ▶ Simulações prospectivas com os parâmetros de aversão da CP MME 109

# Objetivo

- ▶ Objetivo deste trabalho é analisar os elementos de aversão ao risco que são ou podem ser utilizados nos modelos computacionais e apresentar uma discussão conceitual sobre sua definição, de forma uniformizar o conhecimento dos associados e permitir a discussão sobre a alteração dos seus parâmetros.
- ▶ Aversão ao risco é um conjunto de elementos que aqui serão analisados da seguinte forma:
  - Critérios de Suprimento, que estabelecem o ponto de equilíbrio entre o custo da energia e a qualidade do suprimento: apresentamos sua análise histórica, ressaltando como estes critérios impactam a segurança de suprimento do sistema e como afetam - e são afetados - pela aversão ao risco.
  - Metodologias de Aversão ao Risco: são aquelas usadas na operação – e no planejamento – para garantir maiores níveis de confiabilidade em situações adversas. Diversas metodologias de aversão ao risco podem ser utilizadas para aumentar a segurança operativa, dado que existem simplificações na representação do sistema nos modelos computacionais e, portanto, a vida real é mais complexa. Essas metodologias podem ser diretas (físicas) ou indiretas.
- ▶ Este relatório também analisa as propostas e discussões trazidas na CP MME 109 em relação ao PAR(p), Volumes mínimos Operativos e o CVaR Custo; e apresenta um conjunto de simulações numéricas prospectivas (e não apresentadas na CP) para avaliar os impactos das escolhas realizadas.

# Temário

- ▶ Objetivo
- ▶ Critérios de Suprimento
- ▶ Metodologias de Aversão ao Risco
- ▶ Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109
- ▶ Simulações prospectivas com os parâmetros de aversão da CP MME 109

## Critérios de Suprimento

- ▶ O objetivo do planejamento da expansão da geração/transmissão é determinar uma estratégia de expansão e/ou um cronograma de obras que atenda o consumo de energia elétrica previsto ao longo do horizonte de planejamento, **minimizando o custo de investimento mais o custo de operação** e ainda respeitando determinados **níveis de segurança**.
- ▶ Os requisitos de segurança energética, também chamados de critério de garantia de suprimento, podem ser classificados em determinísticos ou probabilísticos, em função da representação ou não das incertezas.
- ▶ Um sistema absolutamente à prova de falhas seria um sistema infinitamente caro, e como ninguém pagará por este sistema, é necessário definir um nível de falha que seja considerado aceitável para o sistema como um todo.
- ▶ Os **critérios** de garantia de **suprimento** estabelecem **o ponto de equilíbrio entre o custo da energia e a qualidade** do suprimento.

## Critérios de Suprimento - Histórico

- ▶ Até 1986: A capacidade de produção de energia das usinas era determinada de modo a garantir o atendimento da demanda sem a ocorrência de déficits, na hipótese de repetição do registro histórico de vazões: “Energia Firme”
- ▶ 2004: critério de garantia de suprimento seria baseado no risco explícito da insuficiência de oferta de energia (ou risco explícito de déficit de energia). O risco não deveria exceder a 5% em cada um dos subsistemas que compõem o Sistema Interligado Nacional (SIN).
- ▶ 2008: risco de déficit  $< 5\%$  e igualdade entre os custos marginais de operação e o custo marginal de expansão: “ $CMO=CME$ ”
  - Esta propriedade quer dizer que, uma vez encontrada a solução ótima do problema, o custo de atender um pequeno aumento na demanda com um pequeno acréscimo na expansão será igual ao custo esperado de atender este aumento na demanda sem nenhuma expansão adicional, utilizando apenas os recursos existentes de forma mais intensiva.
  - O mecanismo de implementação da garantia de suprimento tem como alicerces a obrigatoriedade de contratação formal de 100% do consumo e a obrigação de um respaldo físico de geração para todos os contratos reconhecidos pelo sistema. Desta forma, todo consumo terá, em princípio, um respaldo físico de geração.

## Critérios de Suprimento - Histórico

- ▶ 2019<sup>1</sup>: CNPE definiu as métricas e o MME os parâmetros para garantia de suprimento de energia e potência:
  - Energia: (i) o valor esperado de insuficiência da oferta de energia (Energia Não Suprida - ENS), condicionado ao nível de confiança de 99%,  $CVaR_{99\%}(ENS)$ , calculado em base anual, limitado a 5% da demanda anual por energia do SIN; e
  - (ii) o valor esperado do Custo Marginal de Operação - CMO, condicionado ao nível de confiança de 90%,  $CVaR_{90\%}(CMO)$ , calculado em base mensal, limitado a R\$ 800/MWh para cada subsistema.
  - Potência: (i) o risco explícito de insuficiência de oferta de potência (LOLP - *Loss of Load Probability*), calculado em base anual, limitado a 5% para o SIN; e
  - (ii) o valor esperado de insuficiência da oferta de potência (PNS – Potência Não Suprida), condicionado ao nível de confiança de 95%,  $CVaR_{95\%}(PNS)$ , calculado em base mensal, limitado a 5% da demanda máxima instantânea do SIN.

O critério de suprimento afeta as decisões de operação, expansão e contratação dos agentes, com impacto na geração de cada usina, PLD, tarifas e preços no mercado livre. Ou seja, está no coração do setor elétrico.



# Temário

- ▶ Objetivo
- ▶ Critérios de Suprimento
- ▶ Metodologias de Aversão ao Risco
- ▶ Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109
- ▶ Simulações prospectivas com os parâmetros de aversão da CP MME 109

## Coerência entre planejamento da expansão e operação

- Uma questão que já existia desde a origem da formulação dos critérios é a necessidade da **coerência entre a expansão e a operação do sistema** resultante desta expansão. Por exemplo, de nada adianta executar uma expansão que resulte em um sistema com capacidade atender a demanda 99% do tempo, se no momento de operar o sistema o operador relutar em acionar as usinas térmicas exceto em caso de extrema necessidade, e com isso o sistema passe a atender a demanda apenas 95% do tempo. Da mesma forma, seria ineficiente realizar uma expansão buscando atender a demanda 95% do tempo, e na hora de operar buscar atingir 100% de confiabilidade, mantendo todas as usinas térmicas ligadas 100% do tempo.
- Por isso existe a necessidade de representar de forma mais realista possível as restrições operativas nos modelos de planejamento da expansão e operação.

## Metodologias de Aversão ao Risco

- Uma característica crucial do problema operativo é que a **decisão** deve ser tomada **sob incerteza**, isto é, sem saber se as afluências futuras são favoráveis ou desfavoráveis; apenas se conhece sua probabilidade de ocorrência (esta probabilidade é estimada a partir de análises estatísticas dos registos históricos das vazões).
- Os objetivos de minimizar o custo operativo e maximizar a segurança de suprimento são conflitantes; o que se pode fazer é procurar o melhor ponto de equilíbrio entre ambos.
- O problema de operação real do sistema é, obviamente, muito mais complexo que o representado nos modelos computacionais. Além disso, a dificuldade em definir o valor da falta de energia ou o valor que a sociedade atribui à energia elétrica, incluindo o impacto social da falta de energia resulta na incorporação de mecanismos de aversão ao déficit de suprimento.

# Temário

- ▶ Objetivo
- ▶ Critérios de Suprimento
- ▶ **Metodologias de Aversão ao Risco**
- ▶ Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109
- ▶ Simulações prospectivas com os parâmetros de aversão da CP MME 109

## Metodologias de Aversão ao Risco

- Os objetivos da operação econômica de sistemas hidrotérmicos x confiabilidade de suprimento de energia são *conflitantes*
  - Política mais econômica:
    - Não utilizar geração térmica → é a menos confiável
  - Política que maximiza a confiabilidade:
    - Corresponde ao uso o máximo da geração térmica, mantendo assim os níveis dos reservatórios elevados → é a menos econômica
- É necessário estabelecer um *tradeoff* entre os dois objetivos
  - Estabelecendo um nível mínimo de risco aceitável para o atendimento à demanda (Min CO + restrição no déficit de energia); ou
  - Atribuindo uma penalização ao déficit de energia (Min CO + penalização):
    - **Abordagem utilizada no Brasil**

# Metodologias de Aversão ao Risco

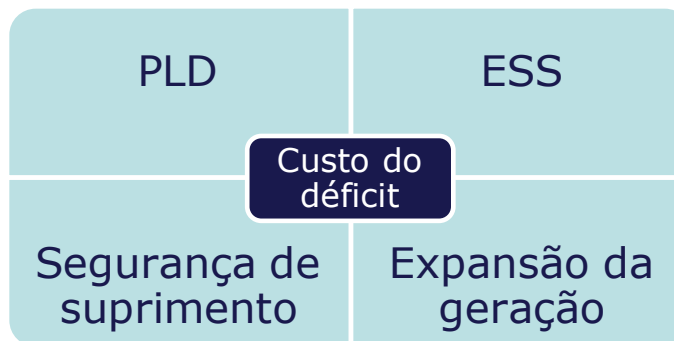
- As diferentes metodologias de aversão ao risco podem ser classificadas em três categorias:
  - (i) adicionar um “prêmio de risco” ao custo econômico do déficit;
    - Custo de déficit
    - Taxa de desconto
    - CVaR Déficit
  - (ii) uso de uma reserva energética de segurança que evite a ocorrência de déficits caso ocorra um cenário desfavorável; e
    - Curvas Guia
    - Curva de Aversão ao Risco (CAR)
    - Procedimento Operativo de Curto Prazo (POCP)
    - Volumes Mínimos Operativos (VminOP)
    - Superfície de Aversão ao Risco (SAR)
  - (iii) dar maior peso aos cenários de vazão desfavoráveis no cálculo do custo esperado
    - CVaR Custo
    - Projeções de vazões pessimistas (ou realistas)
- ▶ Portanto, as metodologias podem utilizar abordagem econômica ou física

# Custo de Déficit

- ▶ Atualmente o Setor Elétrico Brasileiro utiliza a Função de Custo de Déficit Econômica (FCDE) como Função de Penalização do Déficit (FPD)



**Implicações:**





## Taxa de desconto (ou taxa de juros)

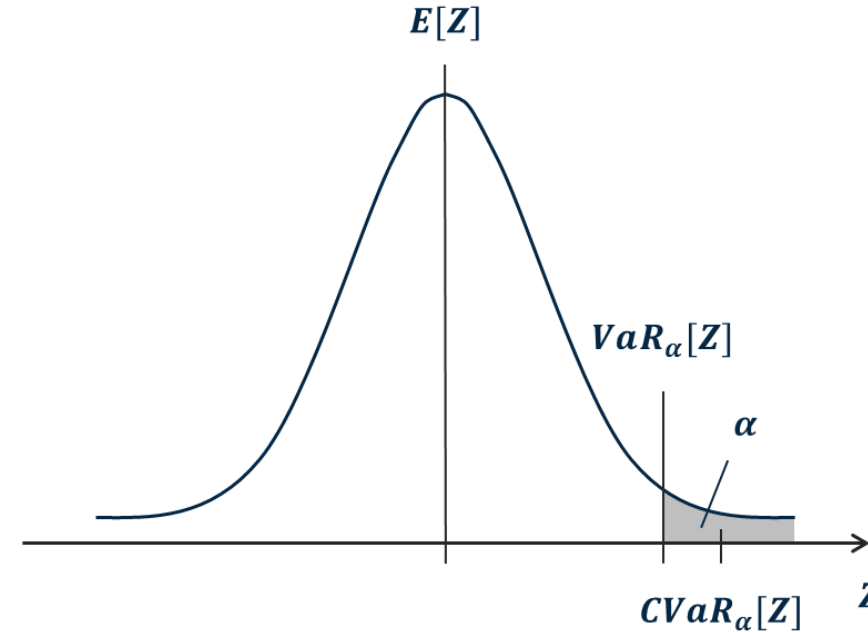
- ▶ Quanto menor a taxa maior valor é dado para o custo futuro. A alteração dessa taxa já foi discutida diversas vezes no setor. As conclusões a seguir foram apresentadas nos relatórios da CP 109.

Tabela 1 – Tabela de síntese das conclusões.

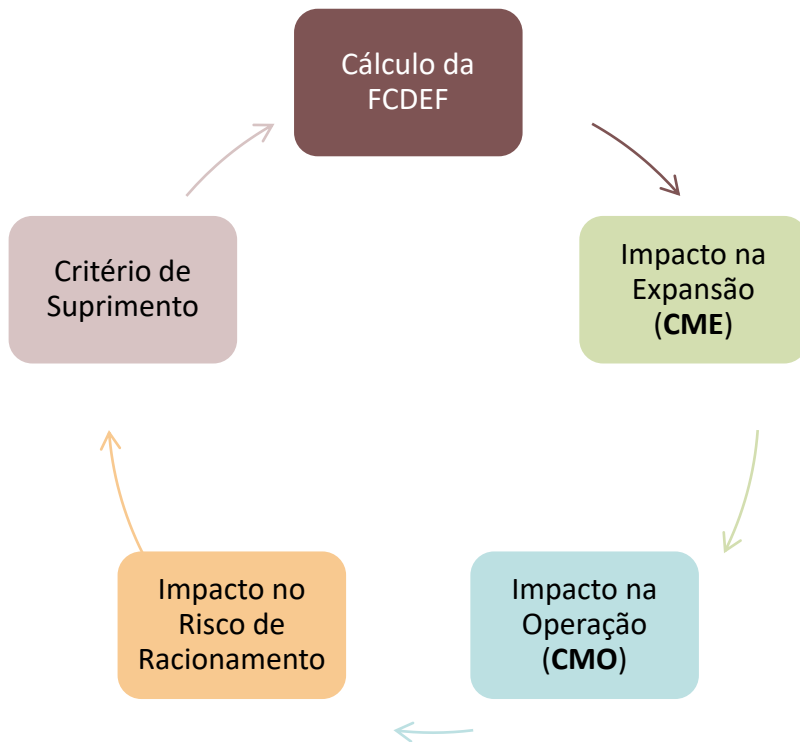
Conclusões
A influência da taxa de desconto tem função distinta entre o planejamento da operação e planejamento da expansão.
Foi verificado nos modelos de operação que uma maior a taxa de desconto implica na postergação da geração térmica e redução do valor da água no curto prazo.
A taxa de desconto acaba por ter uma influência indireta na aversão ao risco nos modelos de operação.
Nos modelos de expansão, se observa que a taxa de desconto atua na preferência entre operar e expandir. Conforme se reduz a taxa, verifica-se a preferência por ativos de custo de investimento elevado, mas com custo de operação baixo, assim como o oposto é verificado conforme se aumenta o valor da taxa de desconto.

# CVaR Déficit

► Conditioned Value at Risk (CVaR) calculado em relação ao deficit, ou energia não suprida.



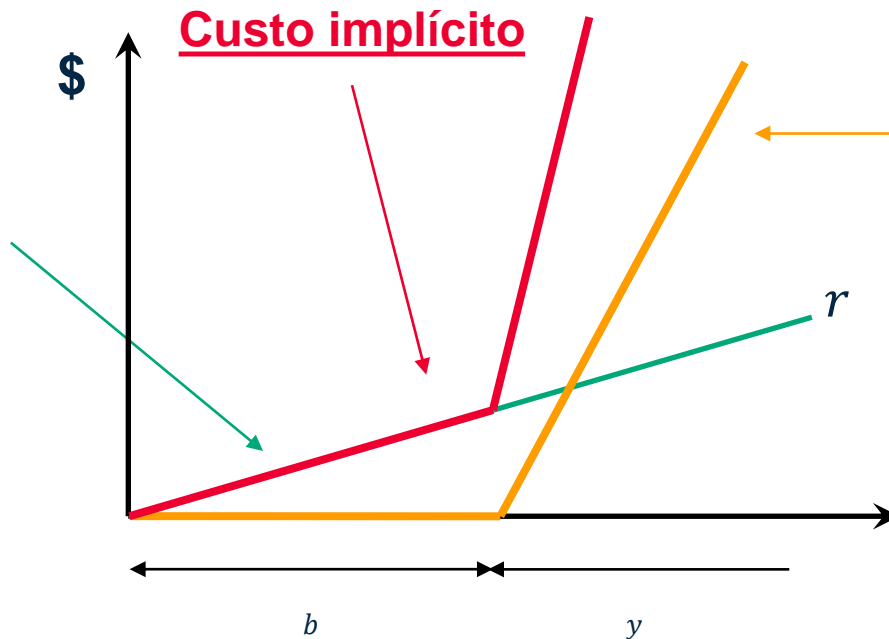
► Núcleo da metodologia: definição de função de penalização de déficit (**FPD**) que represente **simultaneamente** o verdadeiro critério de suprimento de energia elétrica e o impacto econômico para país, equilibrando custos e benefícios para a sociedade.



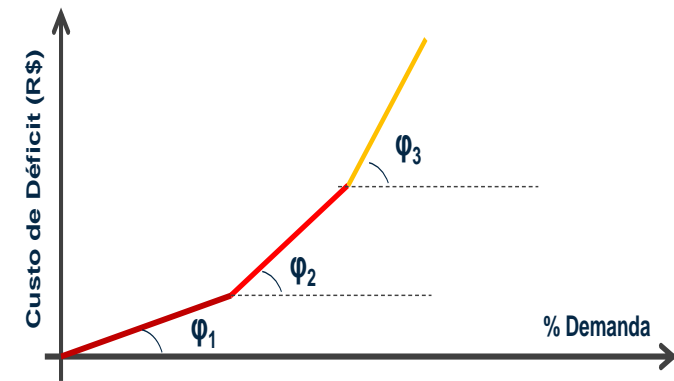
# CVaR Déficit

- Função de Penalização do Déficit de 1 patamar é equivalente a restrição de  $E[\text{déficit}]$
- Função de Penalização do Déficit de 2 patamares é equivalente a restrições de  $E[\text{déficit}]$  e CVaR (déficit)

Função linear associada a  $E[\text{déficit}]$   
inclinação =  $\delta$



Prêmio de risco  
Função linear por partes associada ao CVaR[déficit]  
Profundidade =  $b$   
inclinação =  $\frac{\gamma}{\alpha}$

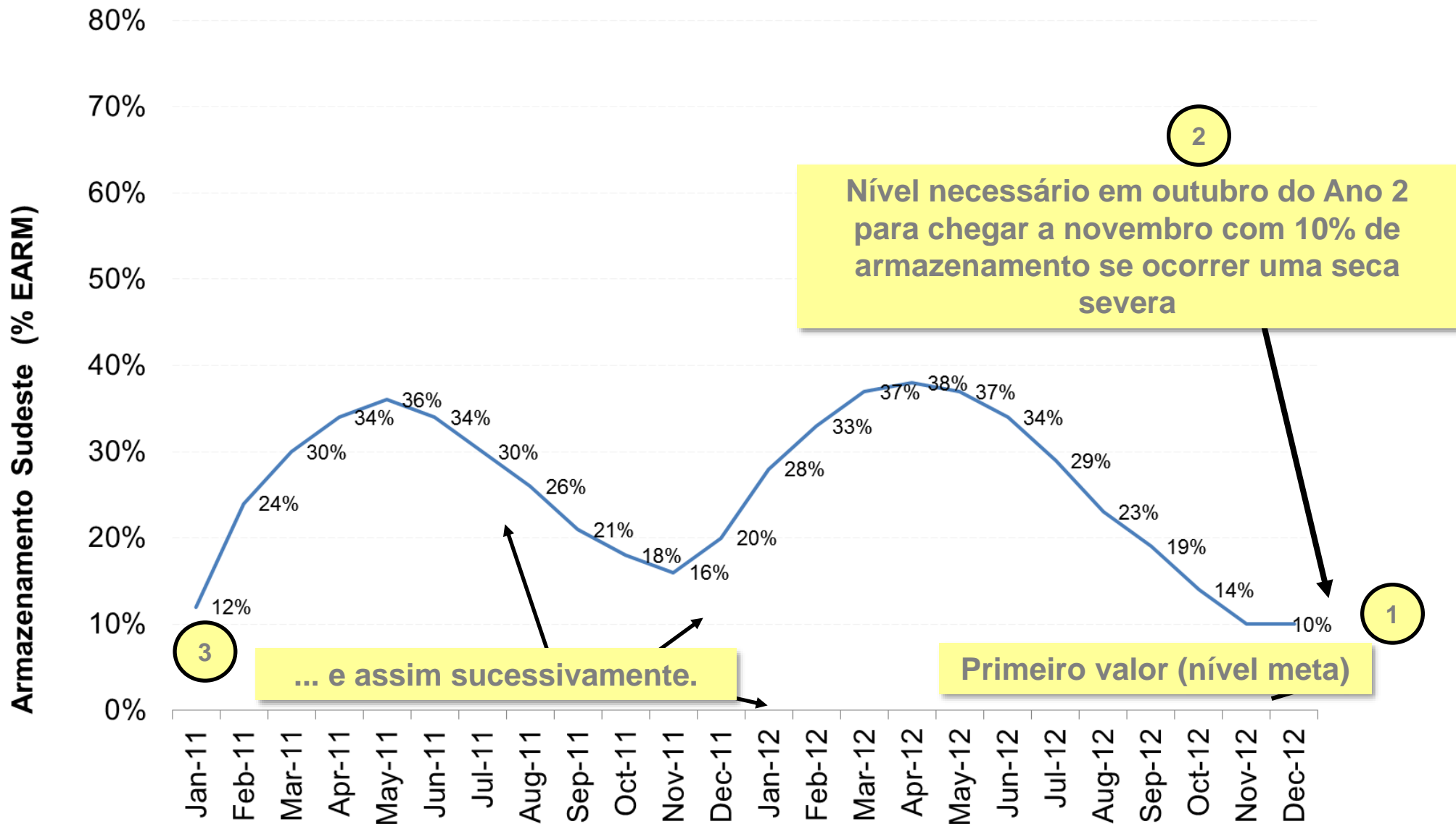


Ref: Luiz Carlos da Costa Júnior, "Representação de restrições de aversão à risco de CVaR na PDDE com aplicação ao planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos", Tese de Doutorado, 2013

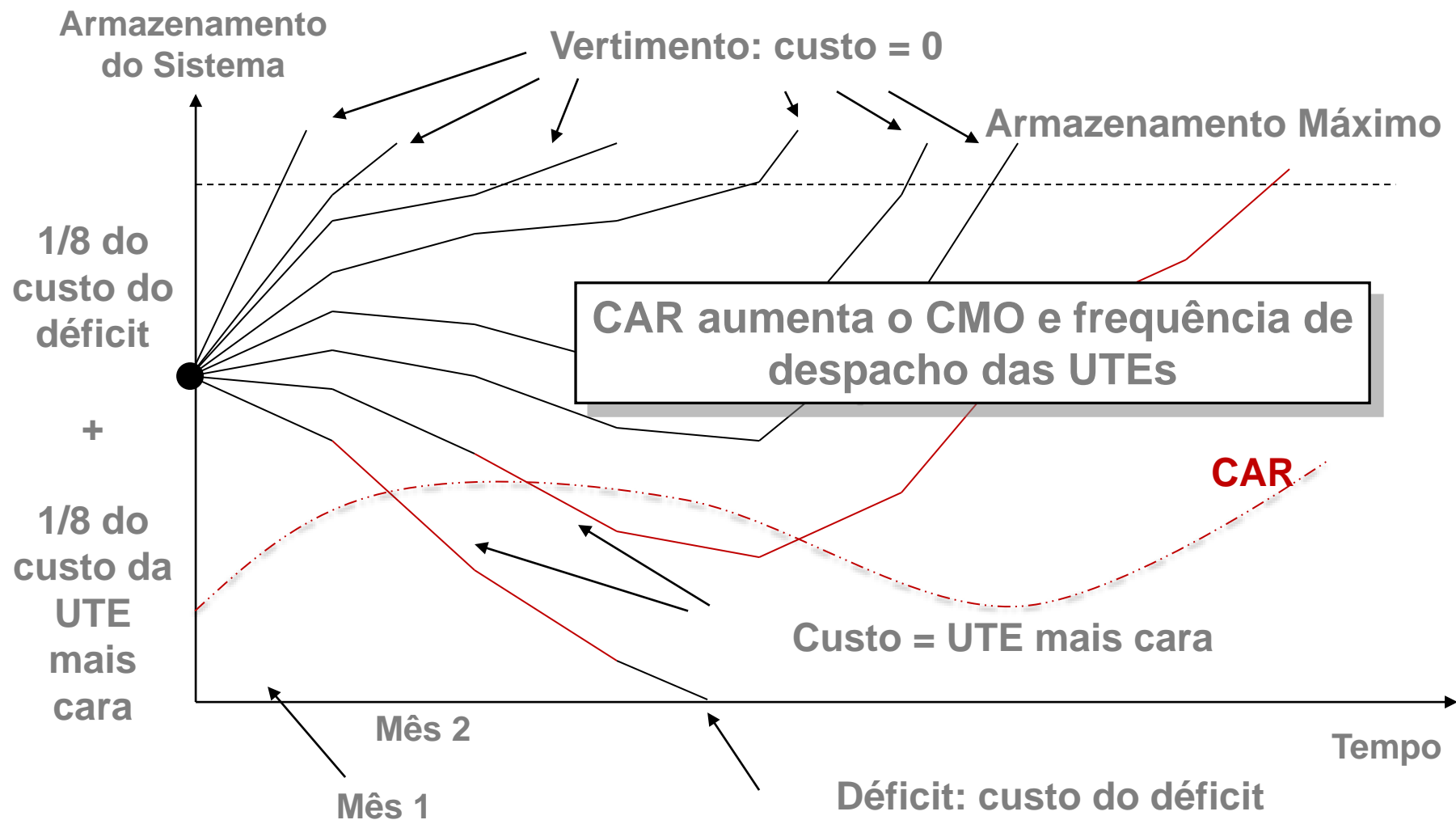
## A Curva de Aversão a Risco (CAR)

- Até 2013, o modelo de despacho obedecia a uma **restrição de segurança** adicional:
  - Os níveis de armazenamento ao final de cada mês devem ficar acima de determinados **volumes meta**, conhecidos como **Curva de Aversão a Risco**
  - Representa a evolução dos níveis mínimos operativos de cada subsistema necessários ao atendimento da carga do mês corrente até o final do próximo ano, sob hipóteses pré-definidas de (severas) afluências, intercâmbios e demanda e com a geração térmica despachada na base
- Caso algum subsistema esteja abaixo da CAR seu Valor da Água é acrescido de uma Penalidade de Referência, que automaticamente provoca o acionamento de todas as fontes de geração
- A CAR é representada nos modelos computacionais (política operativa) mas o custo do acionamento de térmicas por violação (ultrapassagem) da CAR não é alocado no PLD e sim no ESS

# Como calcular as Curvas de Aversão a Risco (CAR)?



# Impacto da CAR na política operativa e no cálculo do CMO



## Procedimento operativo de curto prazo (POCP)

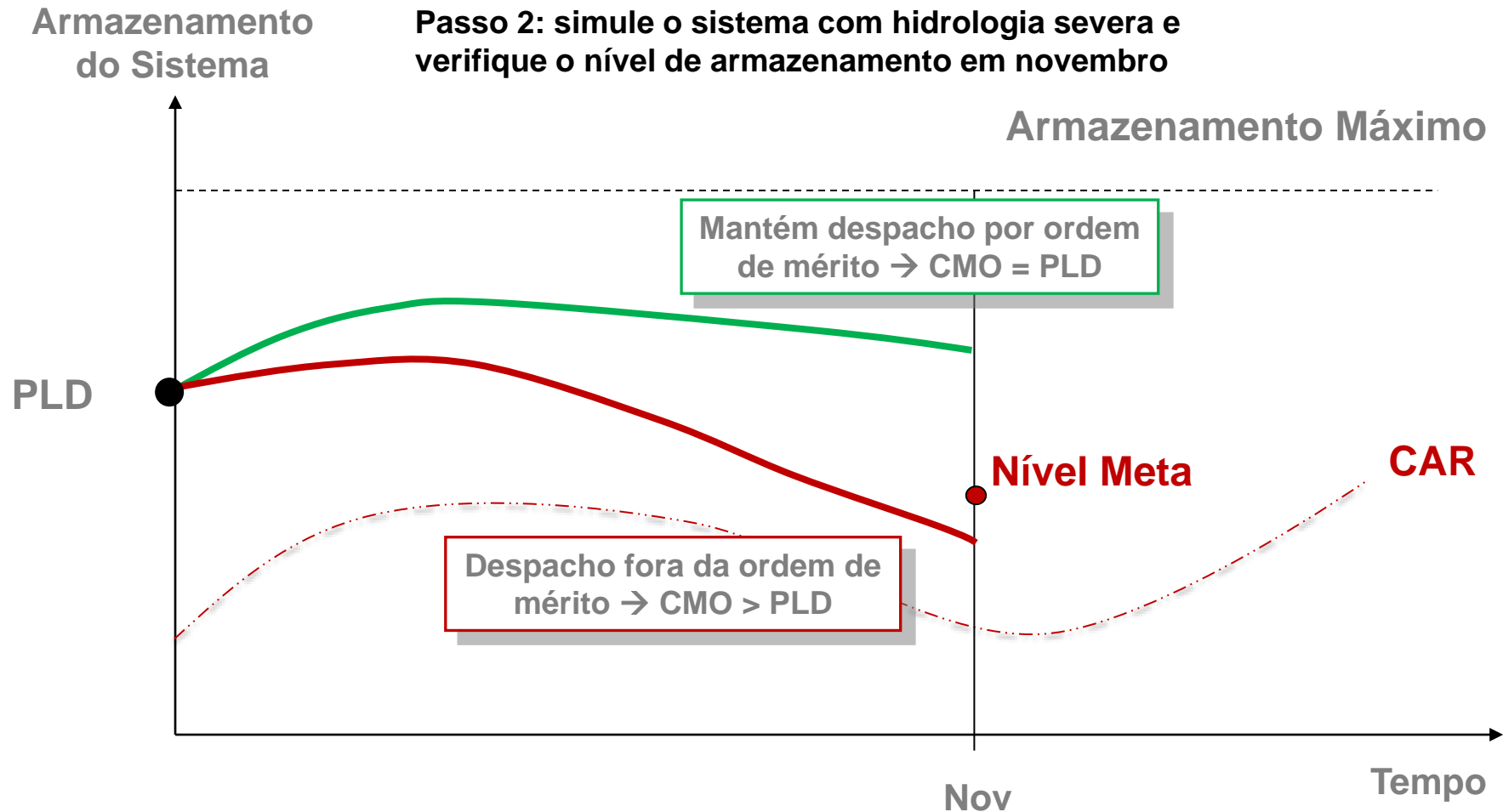
- Em 2009 o ONS propôs uma mudança na metodologia operativa, visando aumentar a segurança de suprimento energética.
  - De maneira simplificada, procura-se operar o sistema de forma a atingir níveis de armazenamento considerados “seguros” ao final de Novembro (início da estação chuvosa) no Sudeste e Nordeste
    - Em 2011: 42% no Sudeste e 25% no Nordeste e em 2012, 39% (SE) e 22% (NE)
    - Em Agosto de 2012 foram revisados para 41% no SE e 33% no NE
  - Esta segurança é atingida através de despacho de termoelétricas “fora da ordem” de mérito econômico, ou seja, através do despacho de termoelétricas que não estavam despachadas pelo modelo computacional (POCP)
  - POCP não representado explicitamente nos modelos computacionais (não forma preços): custo é recuperado através do ESS (segurança energética)



# Procedimento operativo de curto prazo (POCP)

Passo 1: define despacho por mérito

Passo 2: simule o sistema com hidrologia severa e verifique o nível de armazenamento em novembro



## Volumes Mínimos Operativos<sup>2</sup>

“Motivação: Durante os últimos anos do histórico observou-se sucessivas reduções do nível de armazenamento do Sistema Interligado Nacional sem o movimento de recuperação estrutural nos períodos nos quais, normalmente, ocorre o replecionamento dos reservatórios (período úmido)”

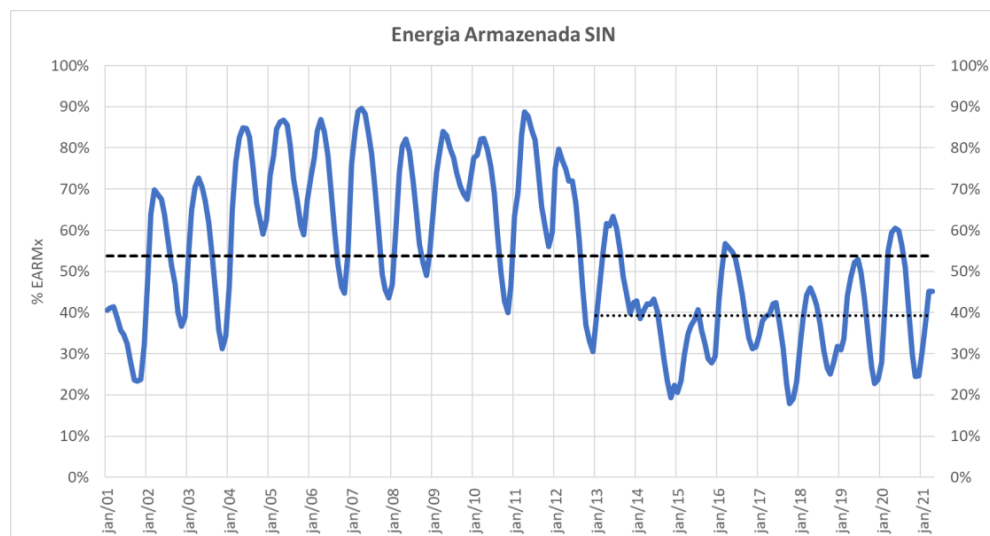


Tabela 5 – Níveis Volume Mínimo Operativo Atuais (NEWAVE)

REE	Subsistema	VMinOp [%EARMx]
Sudeste	SE	10%
Paraná	SE	10%
Parapanema	SE	10%
Sul	S	30%
Iguaçu	S	30%
Nordeste	NE	22.5%
Norte	N	10.7%

A violação desses níveis deve ser penalizada na função objetivo do modelo de otimização, de forma que a função de custo futuro do modelo de planejamento da operação possa ter informações de que o valor da água deveria ser ainda maior à medida que os níveis de armazenamento se aproximam dos níveis críticos. Através da função de custo futuro, essa informação também é passada ao modelo de programação da operação, possibilitando ganhos de armazenamento.

# A Superfície de Aversão a Risco (SAR)

► Em 2008\*, a PSR mostrou como generalizar o algoritmo da CAR para o caso de múltiplos reservatórios

- O nome SAR vem do fato de um espaço multi-dimensional ser conhecido pelos matemáticos como uma superfície

De maneira simplificada, a SAR representa a aversão a risco de maneira implícita, como a solução de um modelo de otimização determinística que, a cada estágio, garante que não haveria problemas de suprimento caso ocorra uma seca severa

► SAR já é representada no Newave e poderia ser utilizada

## 12 ANEXO C: A SUPERFÍCIE DE AVERSÃO A RISCO (SAR)

Este anexo apresenta uma metodologia para a incorporação dos níveis-meta no procedimento de programação dinâmica estocástica dual (PDDE).

### 12.1 Conceitos básicos

#### 12.1.1 Problema de despacho para o estágio $t$

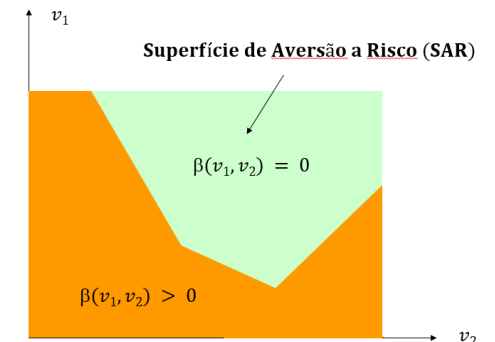
O despacho hidrotérmico no estágio  $t$  é usualmente representado pelo seguinte problema de programação linear:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{j \in G} c_j g_j + \alpha_{t+1} \\ \text{sujeito a} \quad & \\ & v_{1t+1} + M_{1t} + S_{1t} + v_{1t} = v_{1t} + d_{1t} && \text{balanço hídrico para a hidro 1} \\ & v_{2t+1} + M_{2t} + S_{2t} = v_{2t} + d_{2t} && \text{idem para a hidro 2} \\ & v_{1t+1} \leq \bar{v}_1 & \quad & v_{2t+1} \leq \bar{v}_2 && \text{limites de armazenamento} \\ & M_{1t} \leq \bar{m}_1 & \quad & M_{2t} \leq \bar{m}_2 && \text{limites de turbinamento} \\ & \sum_{j \in R_1} g_j + \rho_1 M_{1t} + f_{12t} - f_{21t} = d_{1t} && \text{atendimento à demanda da região 1} \\ & \sum_{j \in R_2} g_j + \rho_2 M_{2t} + f_{12t} - f_{21t} = d_{2t} && \text{idem para a região 2} \\ & f_{12t} \leq \bar{f}_{12} & \quad & f_{21t} \leq \bar{f}_{21} && \text{limites de intercâmbio entre 1 e 2} \\ & g_t \leq \bar{g}_t && \text{limites de geração térmica} \\ & \alpha_{t+1} - \phi_1^s v_{1t+1} - \phi_2^s v_{2t+1} \geq \delta^s && \text{função de custo futuro} \\ & \text{para } g = 1, \dots, Q \end{aligned} \tag{1}$$

#### 12.1.2 Região de segurança operativa

O objetivo do problema de despacho (1) é minimizar a soma dos custos totais de geração: custo imediato (soma dos custos térmicos  $\sum c_j g_j$ ) mais o valor esperado do custo futuro (função de custo futuro  $\alpha_{t+1}$ ). A partir de 2002 se requer, adicionalmente à minimização dos custos totais, o atendimento à seguinte condição de segurança operativa (CSO): o suprimento da demanda nos próximos meses deve ser garantido mesmo que se repitam as hidrologias mais severas observadas no histórico.

A CSO é implementada através da determinação de uma *região operativa segura* para os volumes armazenados ao final do mês  $t$ ,  $v_{1t}$  e  $v_{2t}$ , como ilustrado na figura C.1.



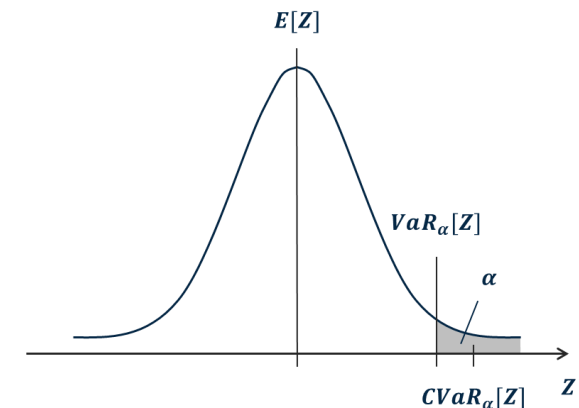
## CVaR - Custo

- ▶ Ideia básica: dar mais *peso* aos cenários hidrológicos *desfavoráveis* na recursão de PDDE

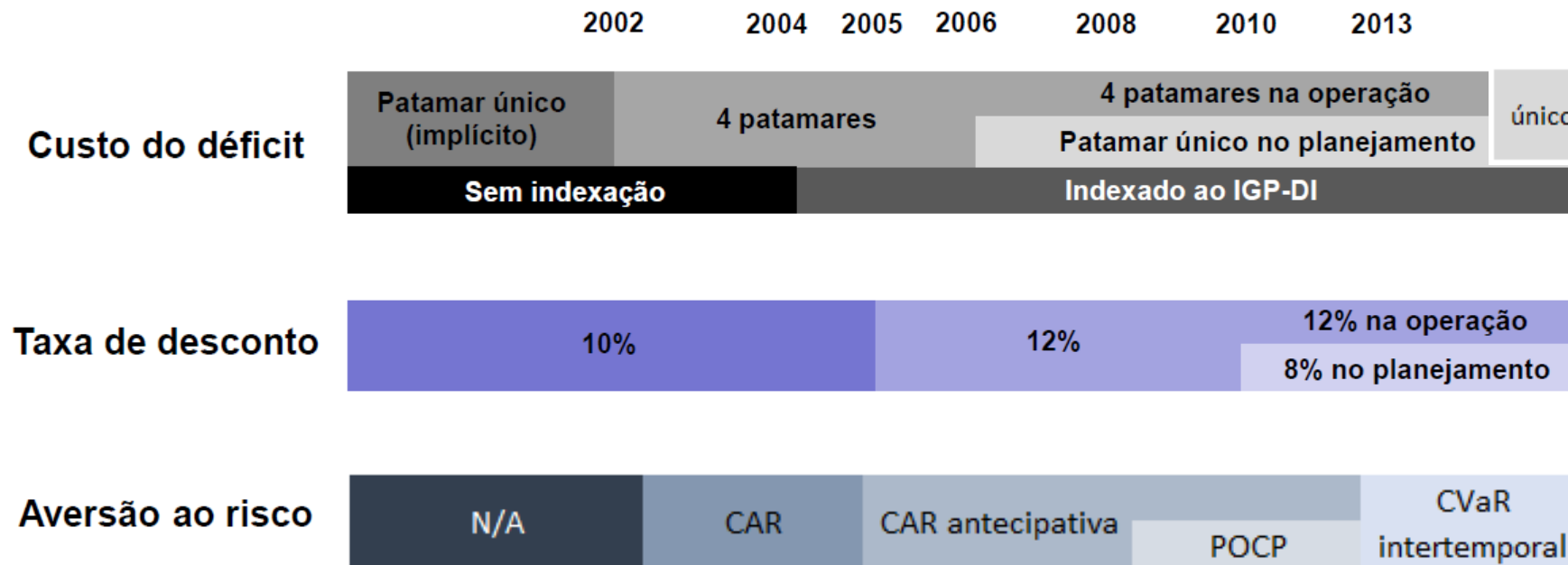
$$\text{Min } (1 - \lambda)E(CO) + \lambda CVaR(CO)$$

Onde  $\lambda$  é definido pelo usuário

- ▶ A abordagem de CVaR-custo representa *indiretamente* o critério de segurança de suprimento
  - maior  $\lambda \Rightarrow$  maior peso para os cenários desfavoráveis  $\Rightarrow$  maior despacho térmico preventivo  $\Rightarrow$  maior segurança de suprimento
- ▶ Não corresponde ao POCP
  - $\Rightarrow$  Se implementado na PDDE, pode haver ESS energético residual
- ▶ Requer calibração de dois parâmetros ( $\lambda$  e  $\alpha$ )
  - Não diretamente relacionados com a segurança de suprimento
  - Existe a penalização independentemente da situação do sistema



# Histórico das metodologias utilizadas no Brasil



► Atualmente são utilizados:

- Custo de déficit: 1 patamar no planejamento da expansão e operação
- Taxa de desconto diferentes entre expansão e operação
- Aversão ao risco adicional: CVaR Custo e VminOP

# Temário

- ▶ Objetivo
- ▶ Critérios de Suprimento
- ▶ Metodologias de Aversão ao Risco
- ▶ **Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109**
- ▶ Simulações prospectivas com os parâmetros de aversão da CP MME 109
  - Casos Analisados

# Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109

## Análise da parametrização do CVaR: principais conclusões

► A parametrização (50/50) foi escolhida, porém sem que fossem apontadas justificativas explícitas para sua adoção dentre as demais parametrizações analisadas.

► Em suas conclusões, o relatório aponta (página 15) que todas as parametrizações são eficientes na elevação do nível de armazenamento operativo, sendo as mais avessas ao risco propiciando maiores níveis – como esperado.

► O relatório aponta (também na página 15) que a parametrização (50/50) foi aquela que obteve um custo de geração termoelétrica mais próximo do realizado no período 2020/21.

Período 2020-2021		Realizado	Avaliações com os modelos				
			Vigente	(50,25)	(50,35)	(50,50)	(25,50)
Δ de armazenamento no SIN [p.p.] em relação ao vigente		11,8	Ref	4,8	8,6	12,4	15,7
Custo da geração térmica [Bi R\$]		19,4	10,6	13,5	16,7	21,6	24,2
CMO/PLD médio do período [R\$/MWh]		182,5	189,1	292,7	354,9	516,2	792,0
Impacto nas distribuidoras	Δ Redução do encargo GFOM [Bi R\$]	0,10	Ref	-0,50	-3,57	-3,57	-3,57
	Δ Aumento Conta Bandeiras <sup>1</sup> [Bi R\$]	7,46	Ref	5,64	9,92	14,39	17,80
	Δ Redução do Deslocamento Hidráulico [Bi R\$]	0,09	Ref	-0,15	-0,46	-0,46	-0,46
	<b>Total [Bi R\$] [%]<sup>2</sup></b>	<b>7,65</b> 4%	<b>Ref</b>	<b>4,99</b> 3%	<b>5,88</b> 3%	<b>10,36</b> 5%	<b>13,76</b> 7%
Impacto no consumidor do ACL	Δ Redução do encargo GFOM [Bi R\$]	0,05	Ref	-0,23	-1,66	-1,66	-1,66
	Δ Redução do Deslocamento Hidráulico [Bi R\$]	0,04	Ref	-0,07	-0,21	-0,21	-0,21
	<b>Total [Bi R\$]</b>	<b>0,09</b>	<b>Ref</b>	<b>-0,30</b>	<b>-1,87</b>	<b>-1,87</b>	<b>-1,87</b>
Impacto nas usinas do MRE	GSF [%]	79,59%	88,18%	86,33%	84,98%	83,68%	82,50%
	Impacto do pagamento no MCP do ACL [Bi R\$]	-11,70	-7,27	-11,30	-14,56	-18,39	-20,84

1 - Dados até fev/2021

2 - Percentuais relativos à receita total para o segmento de distribuição para 2021

Tabela comparativa de resultados do backtest 2020-2021.



# Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109

## Análise da parametrização do CVaR: comentários

- ▶ As análises do relatório foram feitas utilizando a demanda de energia e a expectativa de geração renovável projetadas à época (as mesmas utilizadas no PMO), porém as vazões foram atualizadas para a geração com a nova metodologia.
- ▶ Portanto, não é possível fazer comparações com as curvas de armazenamento, montantes de geração termoelétrica ou hidroelétrica verificados na operação real. As análises realizadas deveriam manter-se apenas entre as simulações, isto é, entre os casos com diferentes parametrizações e aquele nomeado de “Caso Vigente”.
  - Por exemplo, a soma de geração hidroelétrica e termoelétrica fornecidas pelas curvas do perfil “Verificado” (curva tracejada preta), nos gráficos 85 e 87, respectivamente, é diferente da soma de geração hidroelétrica e termoelétrica dos casos simulados – as curvas das diferentes parametrizações e do “Caso Vigente”. É possível notar isso constatando que, por exemplo, as curvas de geração hidroelétrica e termoelétrica do caso 50/35 (curva verde) estão consistentemente acima daquelas do perfil “Verificado”.
- ▶ A comparação, portanto, deveria ser feita apenas entre as simulações com diferentes parametrizações e o “Caso Vigente”, porém não comparando com o perfil “Verificado”, como foi realizado para construir algumas das conclusões do relatório.
- ▶ Ao comparar as diferentes parametrizações com o “Caso Vigente”, todas são efetivas em propiciar a elevação do volume armazenado e do montante de geração termoelétrica praticado – conclusão que o relatório também aponta.
  - Para o *backtest* do período 2020/21, a parametrização 50/35 foi capaz (gráfico 72) de elevar o armazenamento do SIN em 8.6 p.p., ao fim do período de simulação, se comparada com o “Caso Vigente”.

# Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109

## Análise da parametrização do CVaR: comentários

- ▶ O próprio relatório menciona que, na comparação dos casos, o menos eficiente é aquele com a parametrização (50/50): (tabela 20, página 100).
  - “Observa-se que, em relação ao Vigente, as simulações apresentaram resultados muito próximos. Ainda assim, ordenando-se os casos, partindo do mais eficiente, tem-se: CVaR (50,25), CVaR (50,35), CVaR (25,50) e CVaR (50,50).”

### Em resumo

- ▶ A parametrização 50/50 foi escolhida, aparentemente, por ser a parametrização que resulta em geração termoelétrica e energia armazenada maiores que os valores realizados – isto é o que é possível concluir do capítulo 8 do relatório. Porém as simulações não utilizaram a carga líquida (demanda por energia elétrica e montante de geração renováveis) verificada.
- ▶ Não foi apontada explicitamente a razão (ou um conjunto de razões) para a adoção da parametrização recomendada (50/50).
- ▶ As comparações deveriam ter sido feitas, em todo momento, entre os casos das diferentes parametrizações e o "Caso Vigente".
- ▶ Ao comparar apenas as simulações, ignorando as curvas do realizado, a parametrização 50/35 já ofereceria aumento nos níveis de armazenamento e de geração termoelétrica.

# Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109

Análise da parametrização do CVaR: gráficos

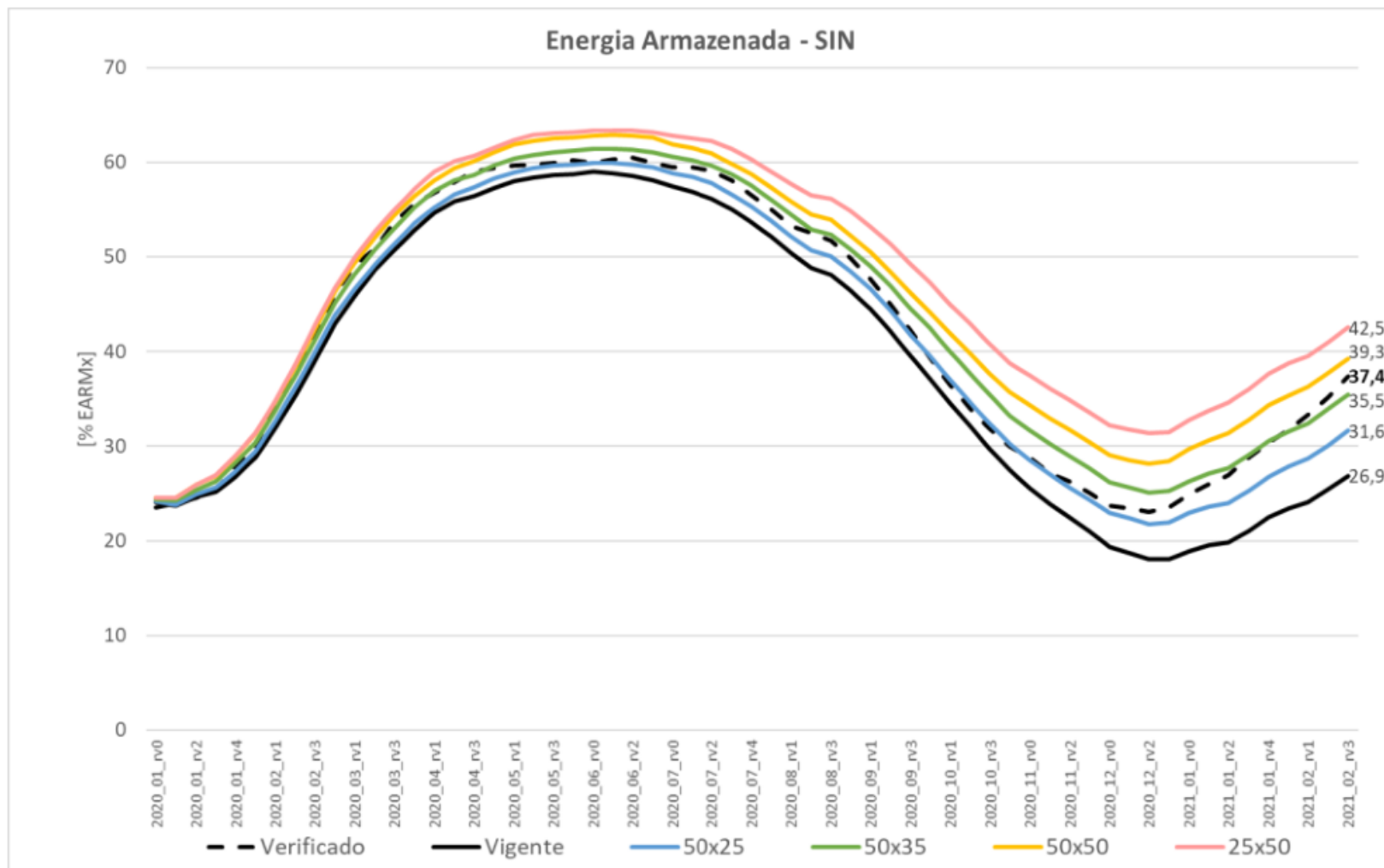


Figura 72 – Backtest 2020 a 2021: Energia armazenada do SIN

# Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109

Análise da parametrização do CVaR: gráficos

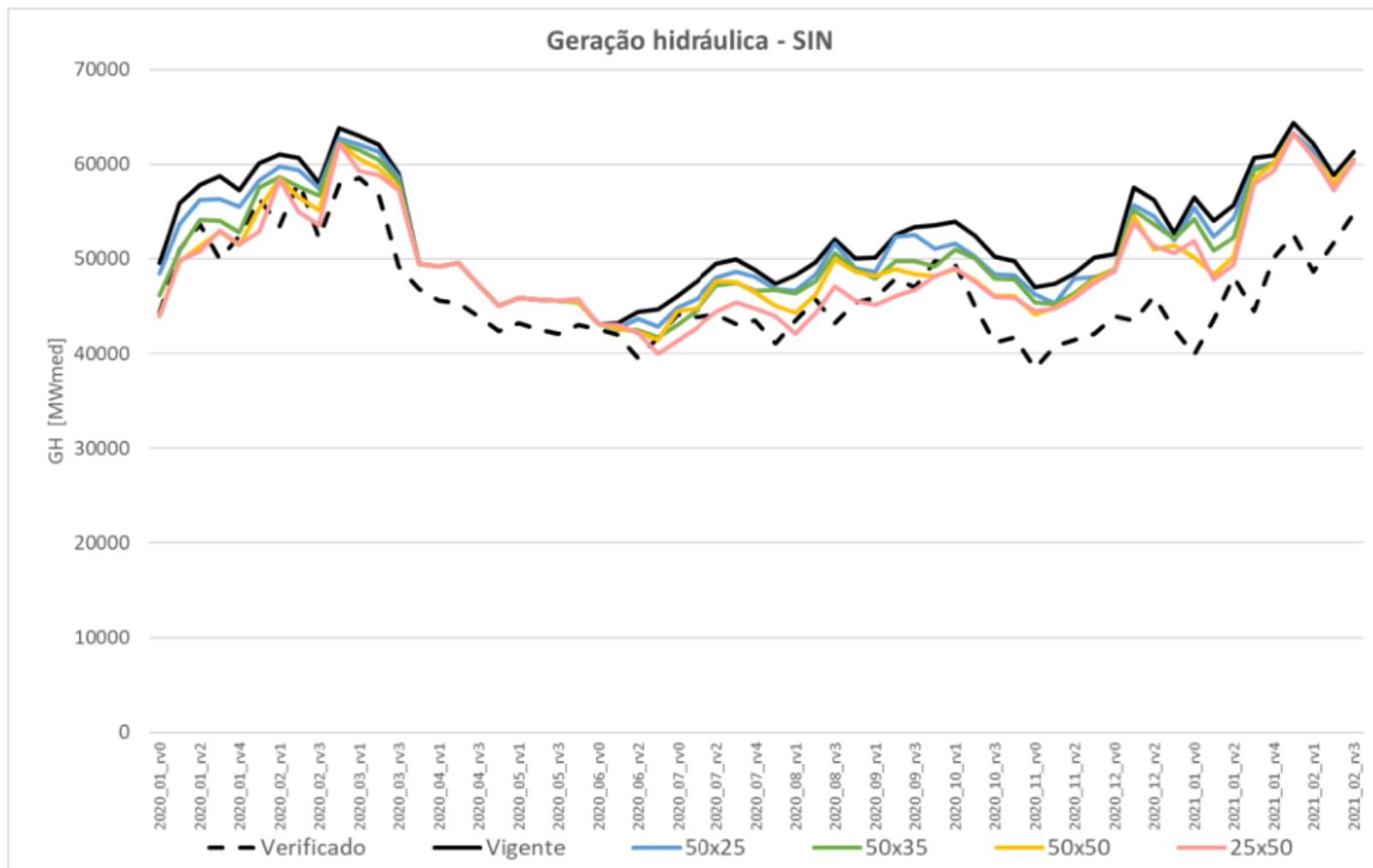


Figura 85 - Geração Hidráulica - SIN – Backtest 2020/2021

# Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109

Análise da parametrização do CVaR: gráficos

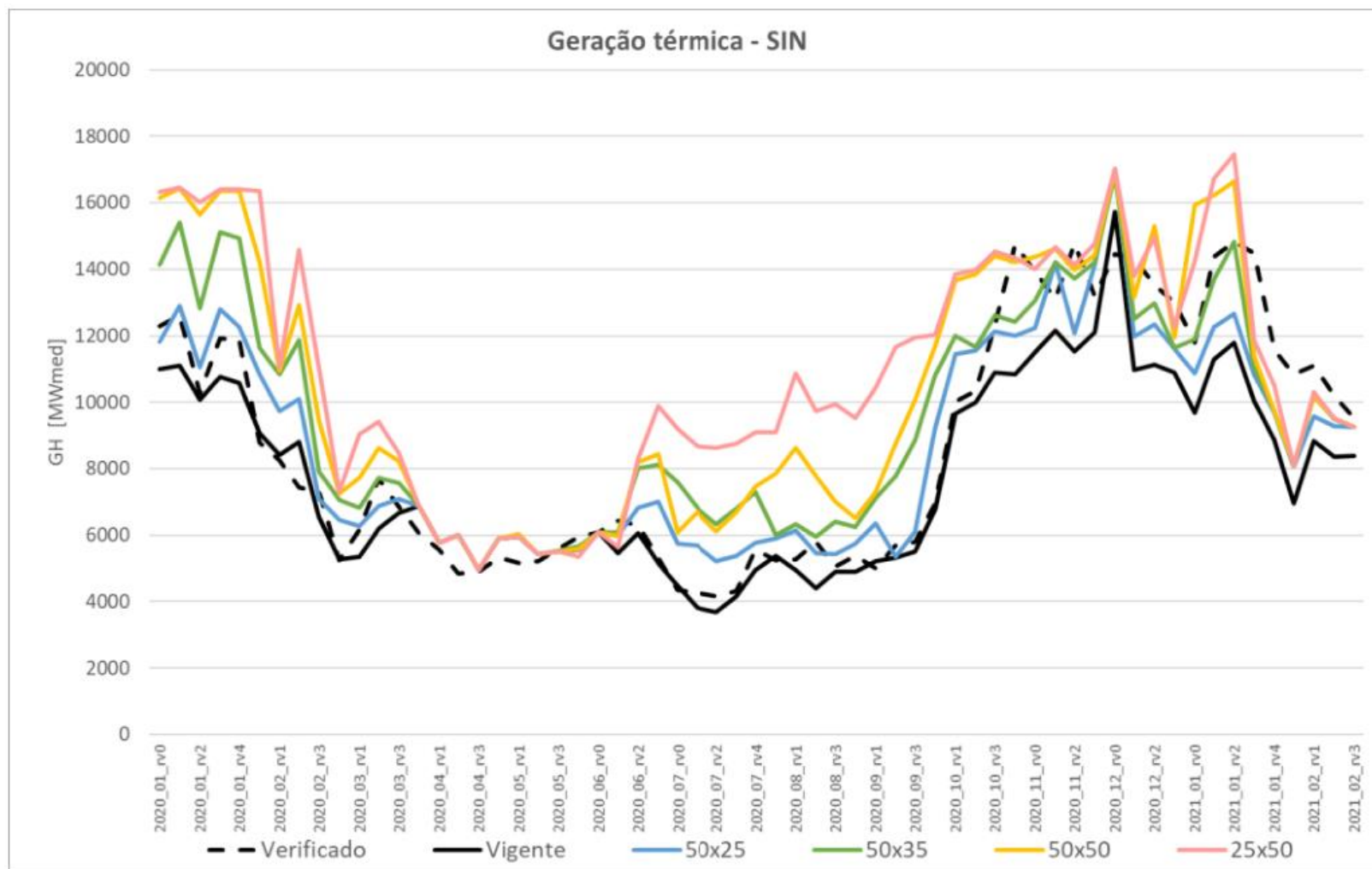


Figura 87 - Backtest 2020 a 2021: Geração térmica do SIN

# Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109

Análise da parametrização do CVaR: gráficos

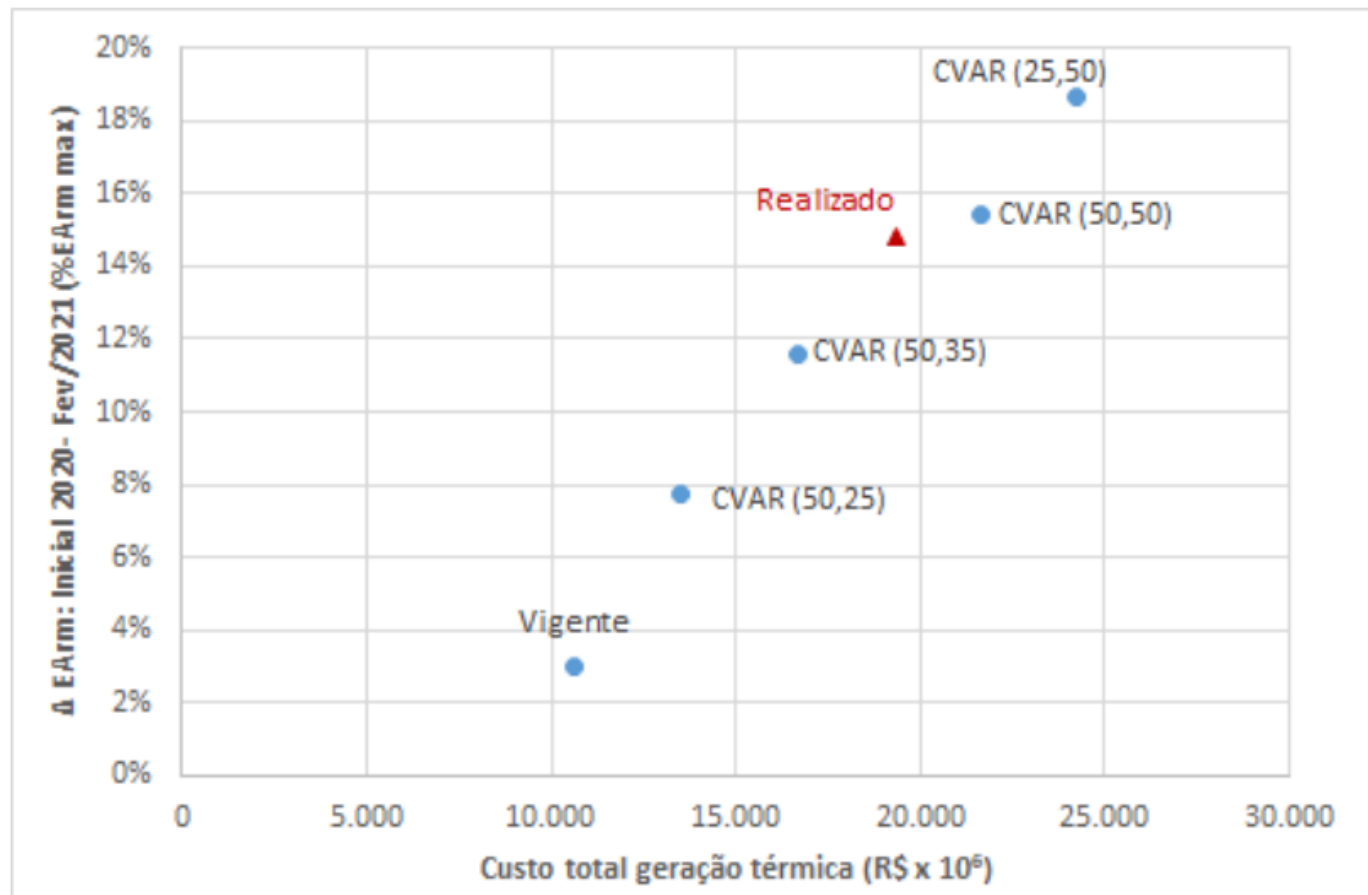


Figura 95 - Gráfico de Pareto: Custo de geração térmica x  $\Delta$  EARM (2020 - 2021) no SIN

# Temário

- ▶ Objetivo
- ▶ Critérios de Suprimento
- ▶ Metodologias de Aversão ao Risco
- ▶ Análise das Conclusões apresentadas na CP MME 109
- ▶ **Simulações prospectivas com os parâmetros de aversão da CP MME 109**
  - Casos Analisados

# Casos

## Resumo

► A tabela abaixo resume as principais características dos casos simulados. E todos compartilham estas características:

- Deck do ONS do PMO de junho 2021;
- Horizonte dezembro 2021 a dezembro 2025.
- Modelo computacional: Newave, desenvolvido pelo Cepel

Caso	Descrição	Projeção de vazões	VMinOp	CVaR	Tendência hidrológica	Reservatórios iniciais	Sobreoferta
P01 – Caso Referência	Parâmetros atuais.	PAR(p)	Atual	50/35	2020	2020	Atual
P02 – Novos parâmetros (exceto CVaR)	Novos parâmetros, exceto CVaR.	PAR(p)-A	Proposto	50/35	2020	2020	Atual
P03 – Novos parâmetros	Novos parâmetros.	PAR(p)-A	Proposto	50/50	2020	2020	Atual
P04 - Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência boa	Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência hidrológica melhor.	PAR(p)-A	Proposto	50/35	110% MLT	Média 2011-2020	Atual
P05 - Novos parâmetros com tendência boa	Novos parâmetros com tendência hidrológica melhor.	PAR(p)-A	Proposto	50/50	110% MLT	Média 2011-2020	Atual
P06 - Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor	Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor.	PAR(p)-A	Proposto	50/35	Sem	2020	7%

Casos analisados



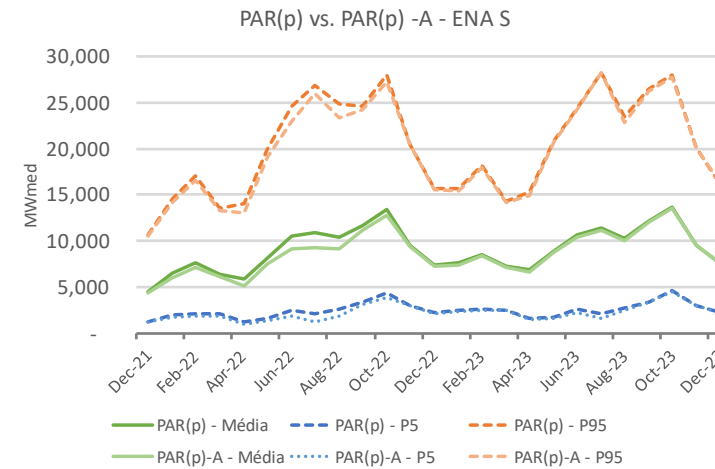
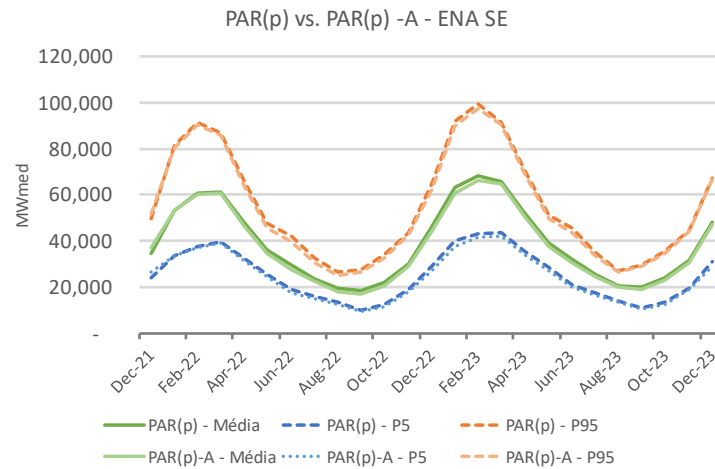
# Casos

## *Resumo*

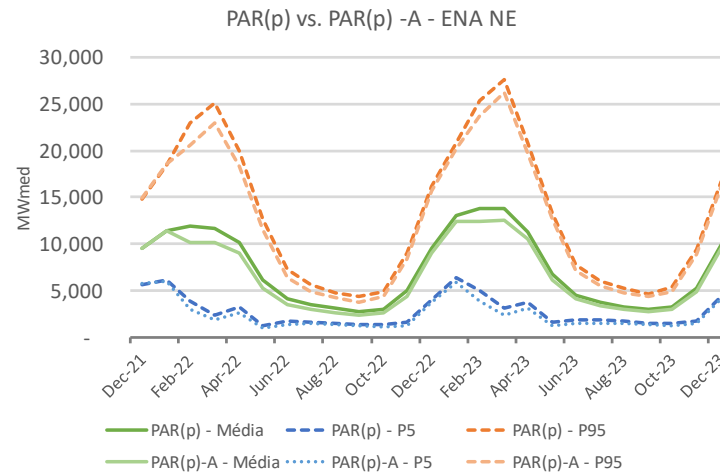
- ▶ Os próximos slides apresentam os resultados das simulações e comparações entre os casos para as Energias Naturais Afluentes (ENAs) projetadas, o Custo Marginal de Operação (CMO), Energia Armazenada (Earm), Energia Vertida, Custo Operativo e Déficit.
- ▶ Mais resultados e comentários podem ser encontrados no anexo.

# Projeções de afluências

Gráficos comparativos PAR(p) vs. PAR(p)-A – Médias e percentis

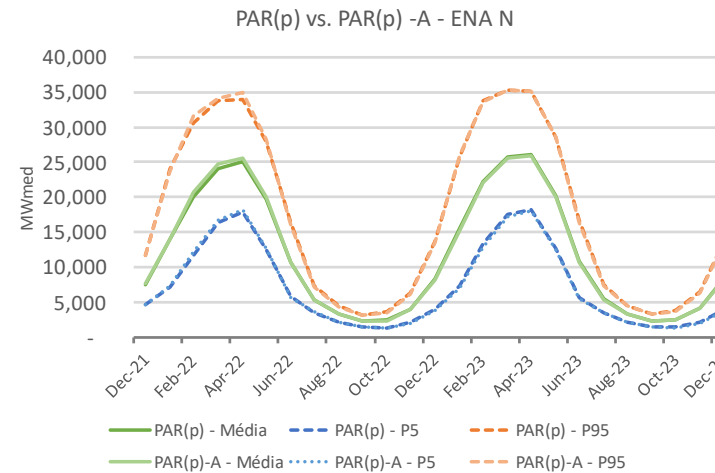


Caso P01 vs P02 – ENA SE



Caso P01 vs P02 – ENA NE

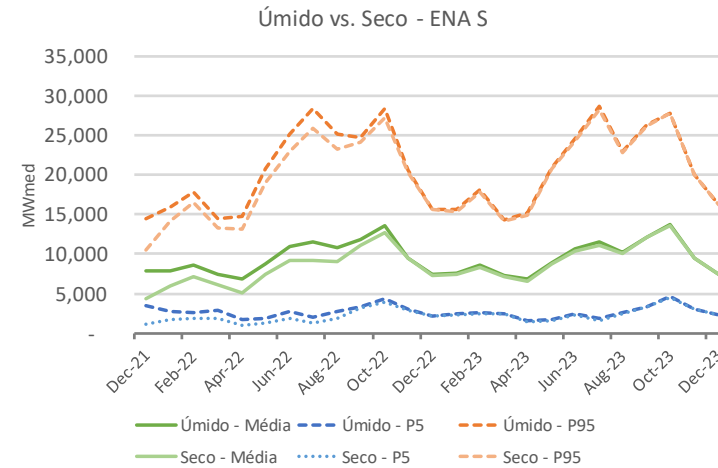
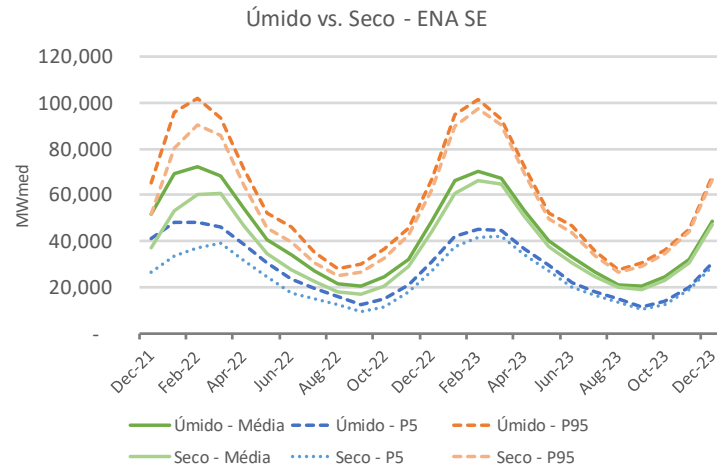
Caso P01 vs P02 – ENA S



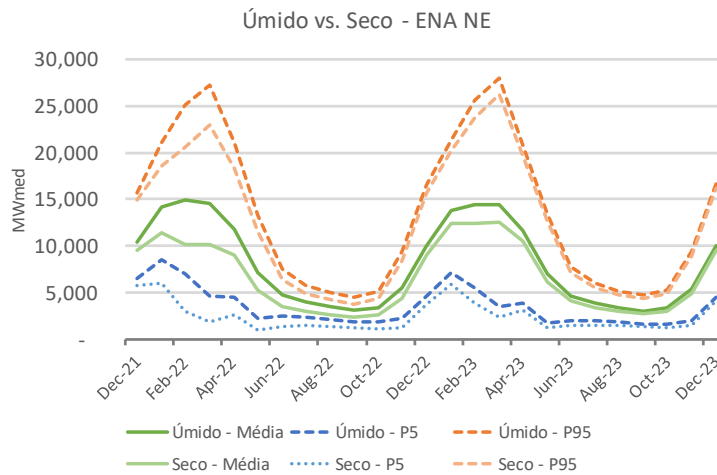
Caso P01 vs P02 – ENA N

# Projeções de afluições

Gráficos comparativos PAR(p)-A Úmido vs. PAR(p)-A Sem tendência – Médias e percentis

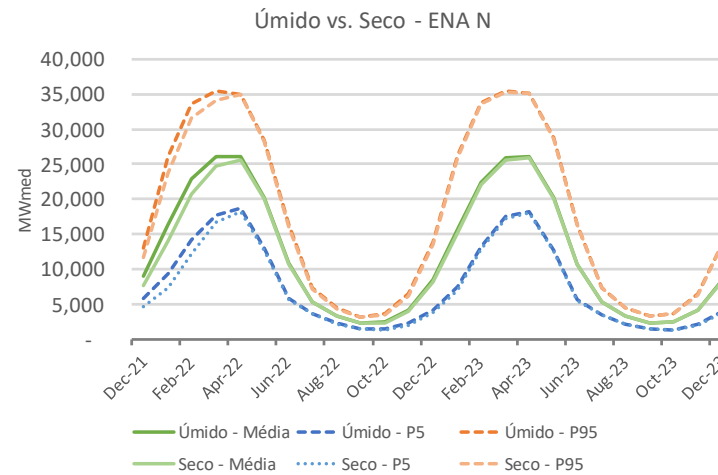


Caso P04 vs P02 – ENA SE



Caso P04 vs P02 – ENA NE

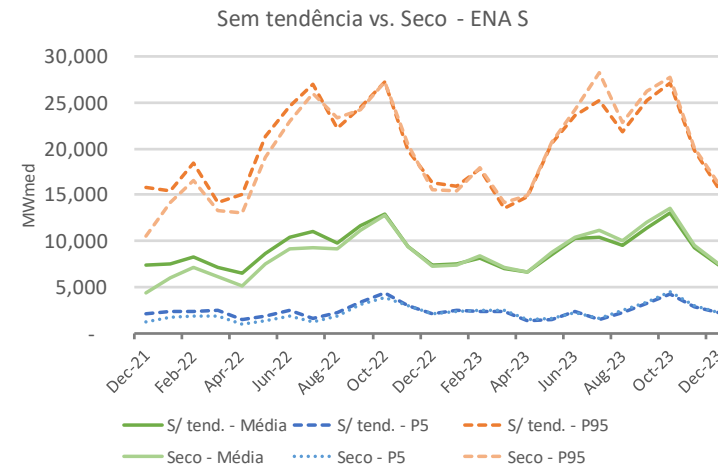
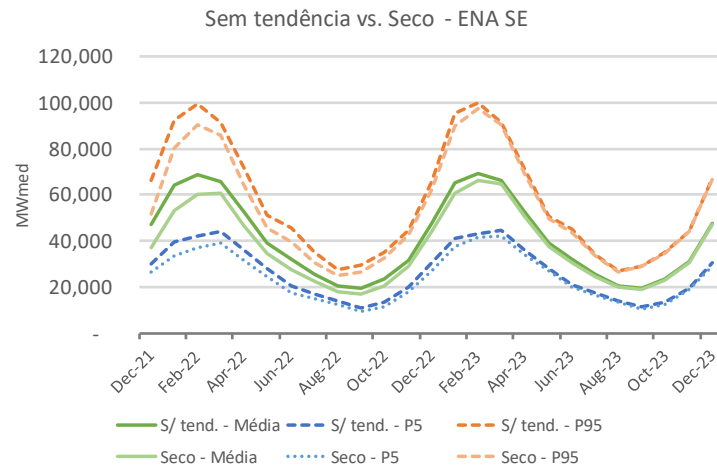
Caso P04 vs P02 – ENA S



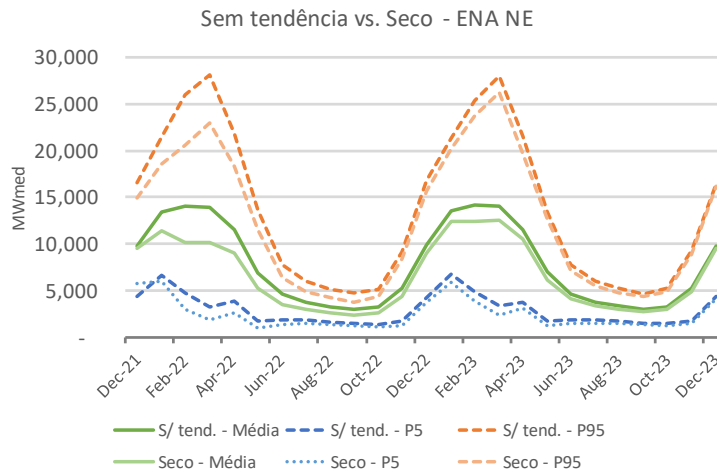
Caso P04 vs P02 – ENA N

# Projeções de afluências

Gráficos comparativos PAR(p)-A Sem tendência vs. PAR(p)-A Seco – Médias e percentis

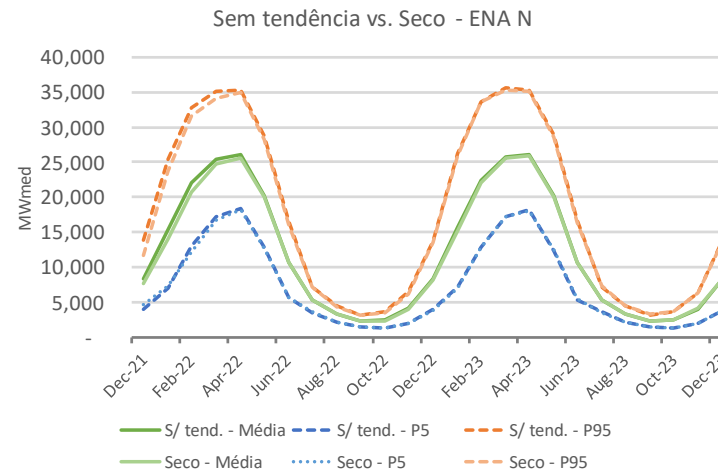


Caso P06 vs P02 – ENA SE



Caso P06 vs P02 – ENA NE

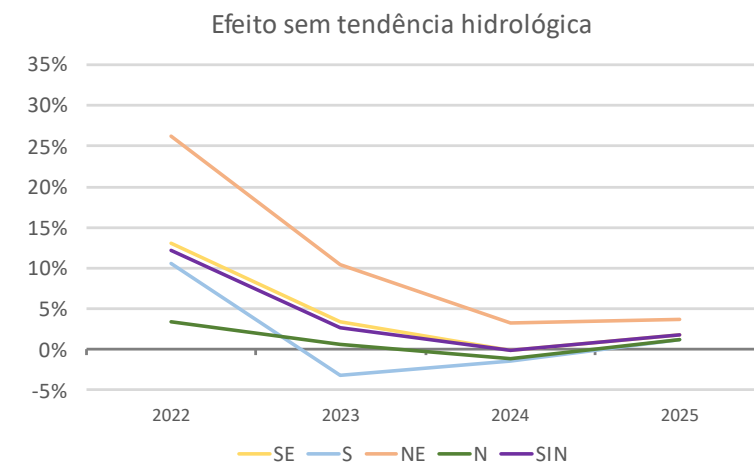
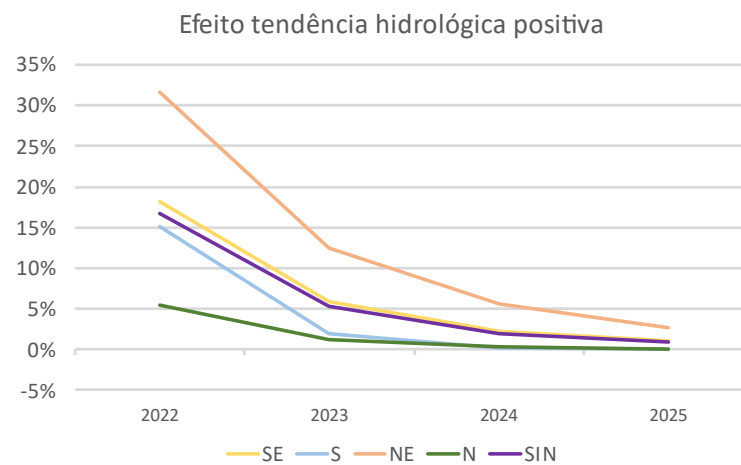
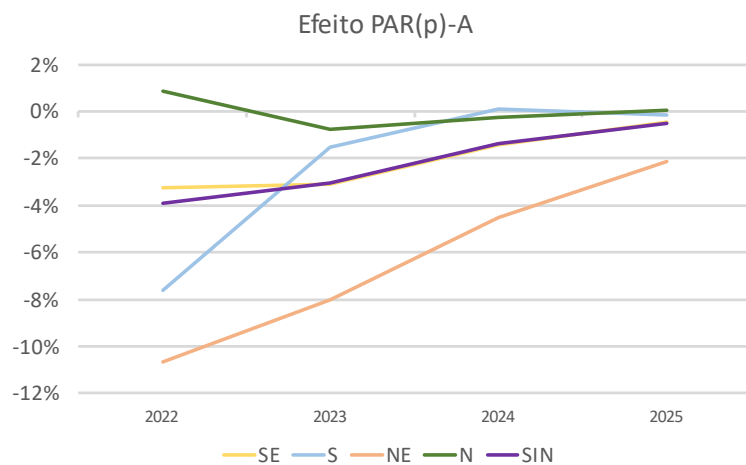
Caso P06 vs P02 – ENA S



Caso P06 vs P02 – ENA N

# Projeções de afluências

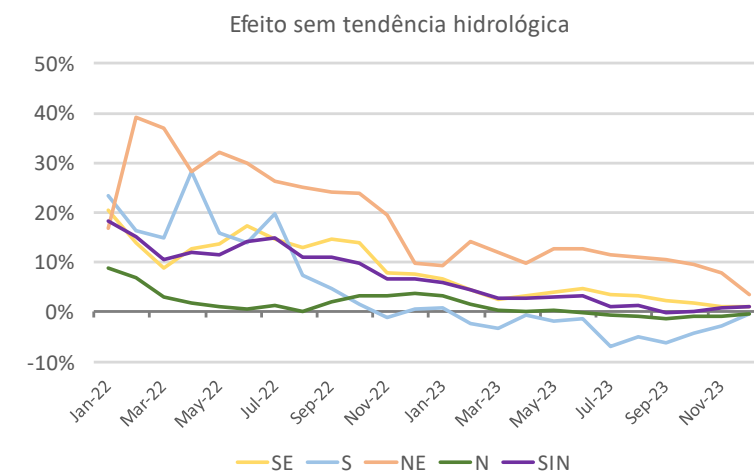
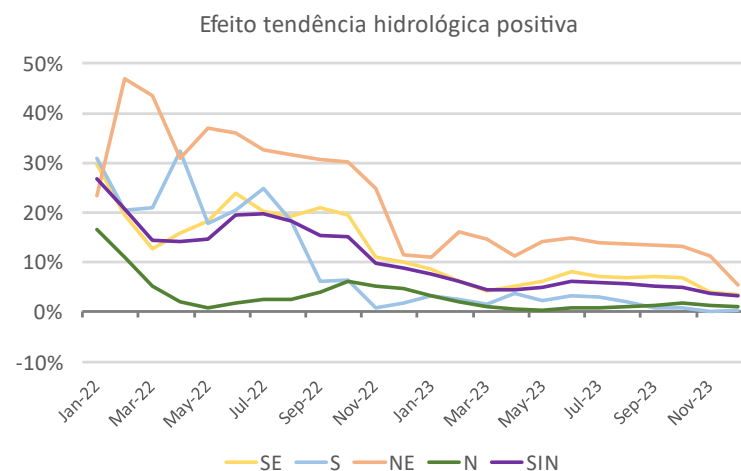
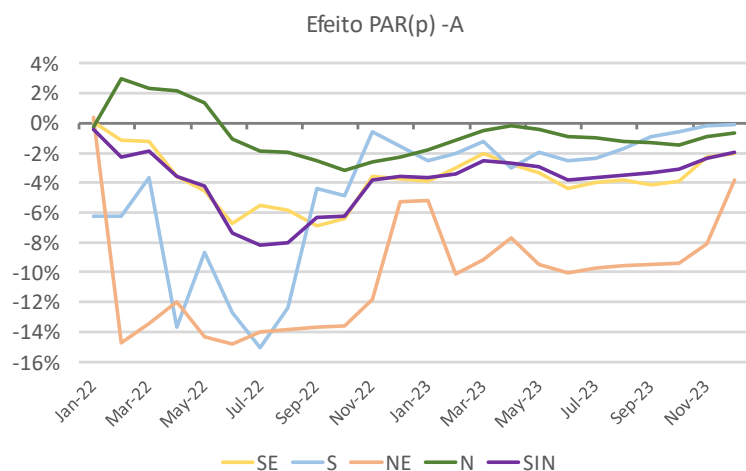
Gráficos comparativos - Médios



Caso P02 vs P01 - Anual

Caso P04 vs P02 - Anual

Caso P06 vs P02 - Anual



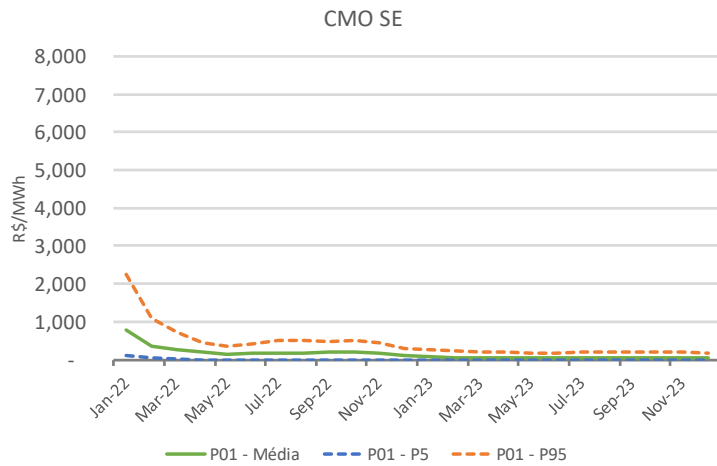
Caso P02 vs P01 - Mensal

Caso P04 vs P02 - Mensal

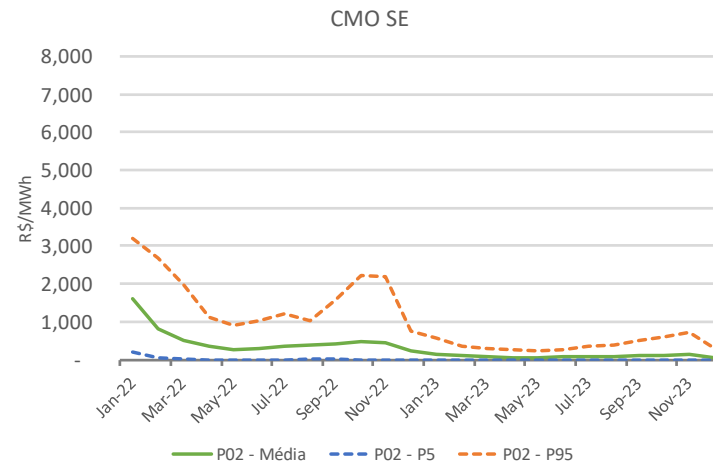
Caso P06 vs P02 - Mensal

# Custos Marginais da Operação (CMO)

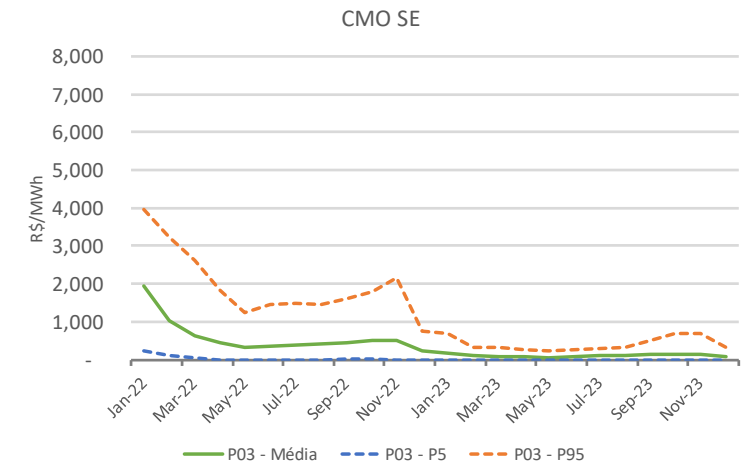
Gráficos do CMO-SE - Médias e percentis



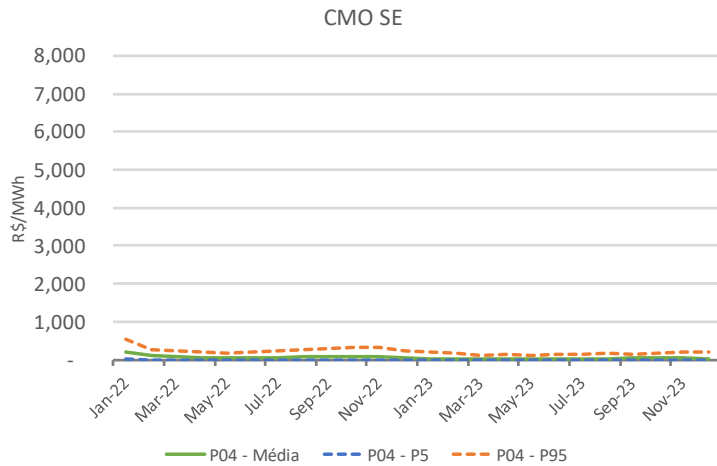
Caso P01 - Referência



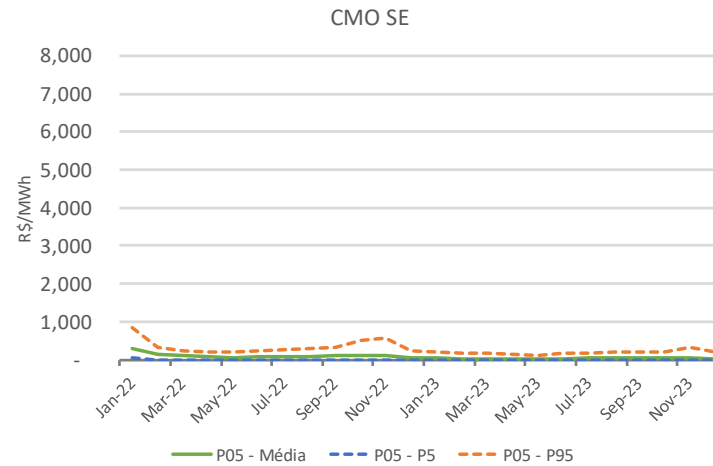
Caso P02 - Novos Parâmetros (exceto CVaR)



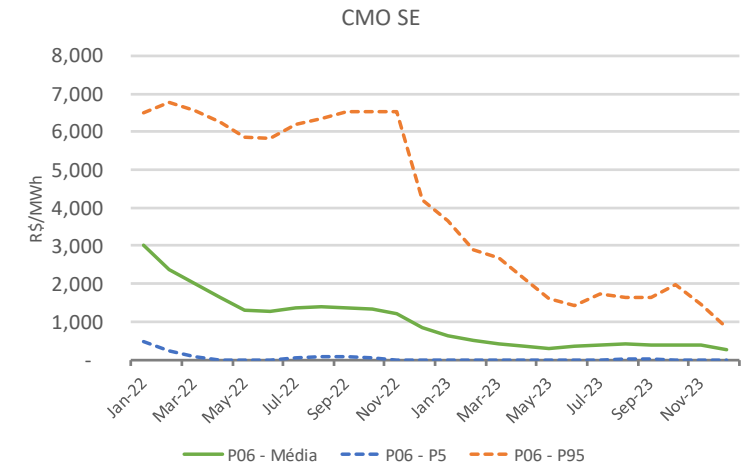
Caso P03 - Novos Parâmetros



Caso P04 - Novos Parâmetros (exceto CVaR) úmido



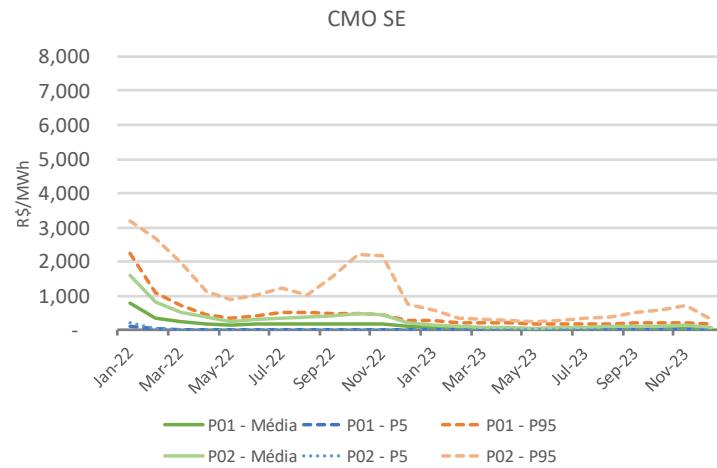
Caso P05 - Novos Parâmetros úmido



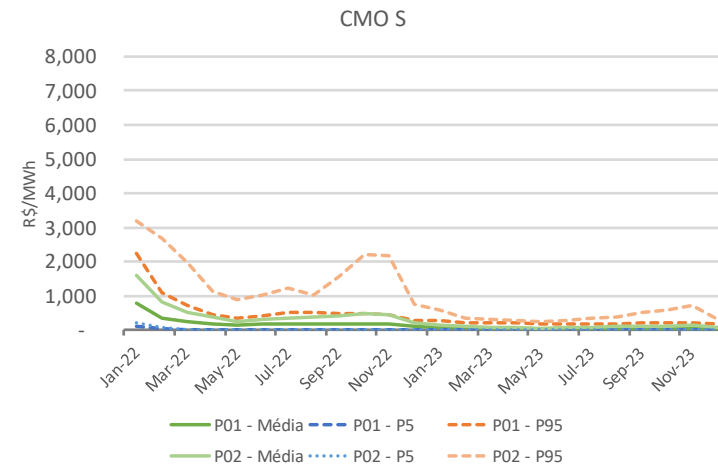
Caso P06 - Novos Parâmetros (exceto CVaR), sem tendência e sobreoferta reduzida

# Custos Marginais da Operação (CMO)

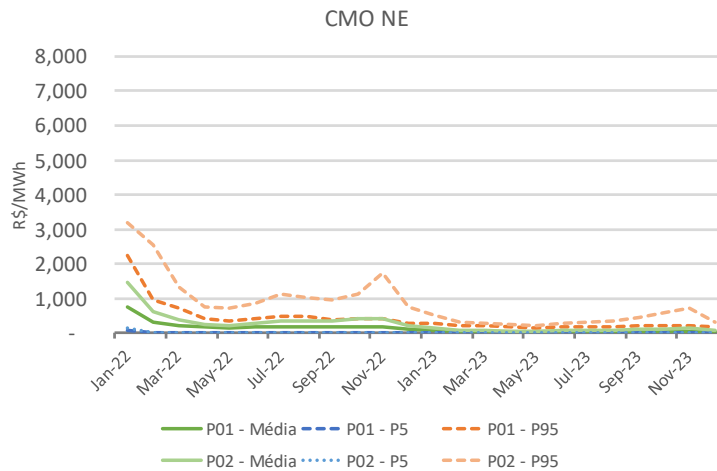
Gráficos comparativos Referência vs. PAR(p)-A & VminOp – Médias e percentis



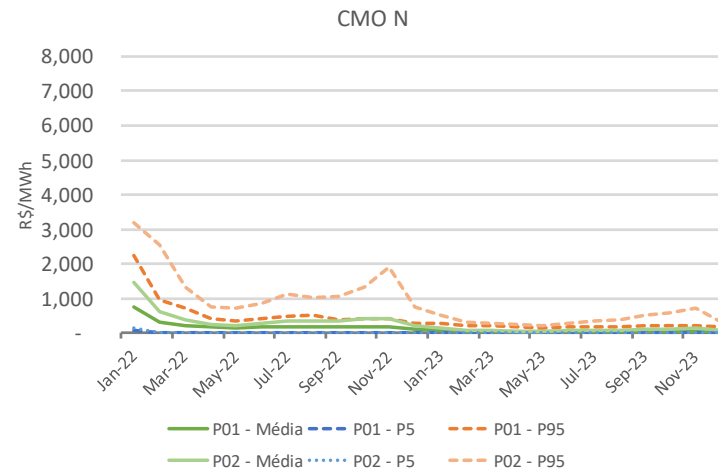
Caso P01 vs P02 – CMO SE



Caso P01 vs P02 – CMO S



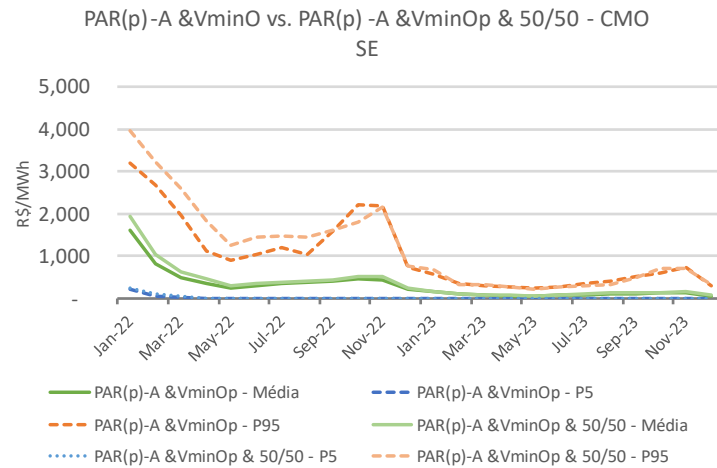
Caso P01 vs P02 – CMO NE



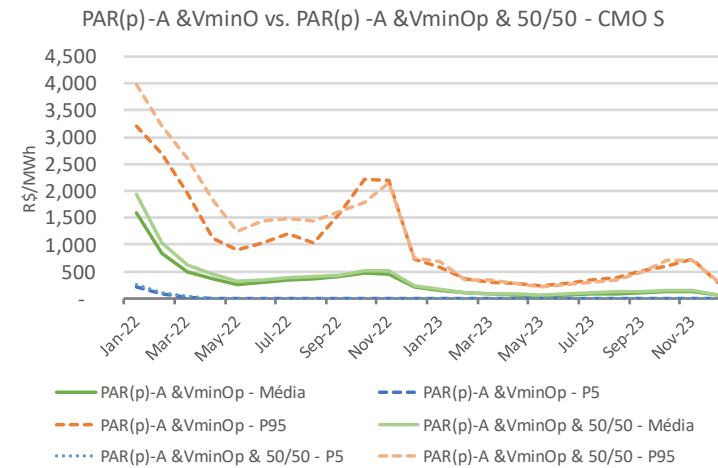
Caso P01 vs P02 – CMO N

# Custos Marginais da Operação (CMO)

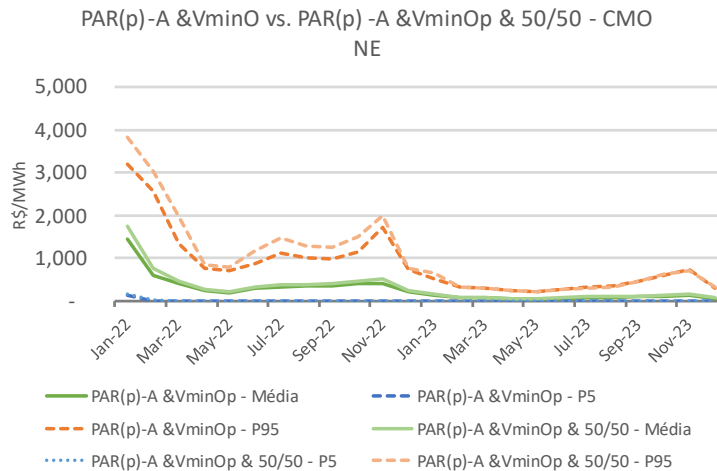
Gráficos comparativos PAR(p)-A & VminOp vs. PAR(p)-A & VminOp & 50/50 – Médias e percentis



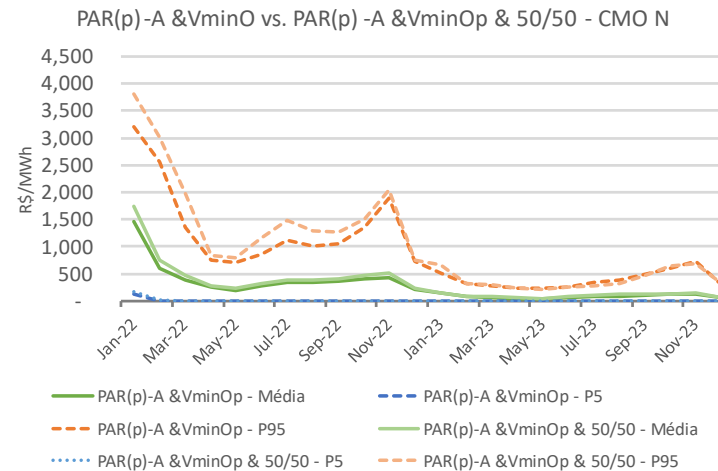
Caso P02 vs P03 – CMO SE



Caso P02 vs P03 – CMO S



Caso P02 vs P03 – CMO NE



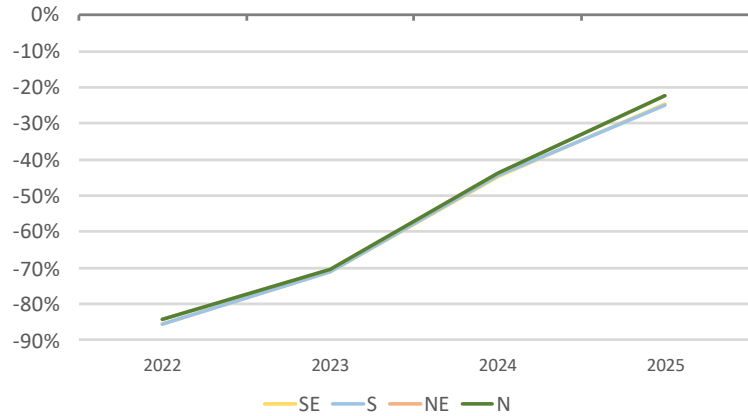
Caso P02 vs P03 – CMO N



# Custos Marginais da Operação (CMO)

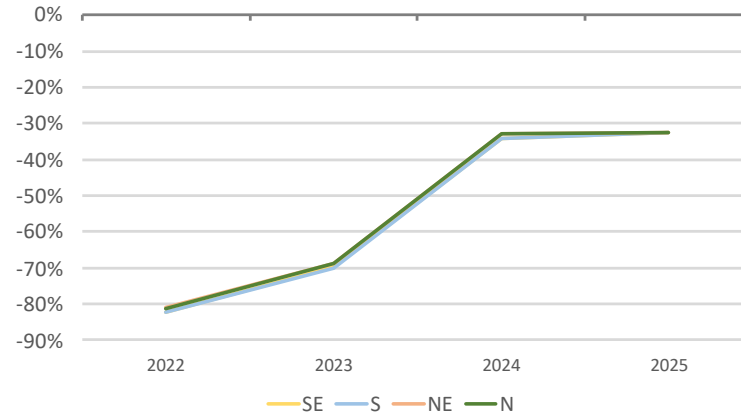
Gráficos comparativos - Médios

Efeito tendência hidrológica úmida (50/35)



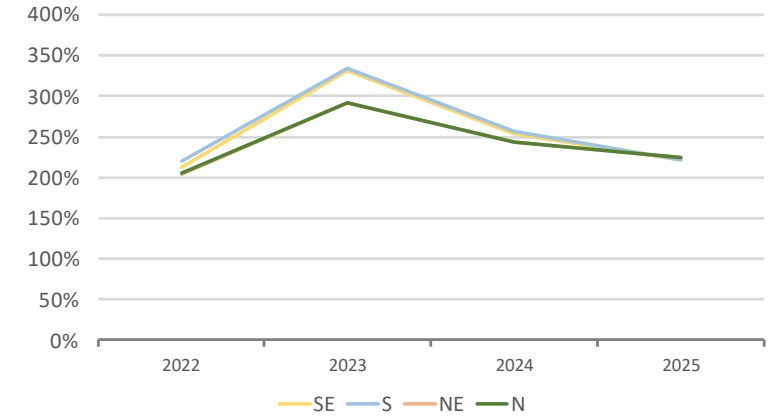
Caso P04 vs P02 - Anual

Efeito tendência hidrológica úmida (50/50)



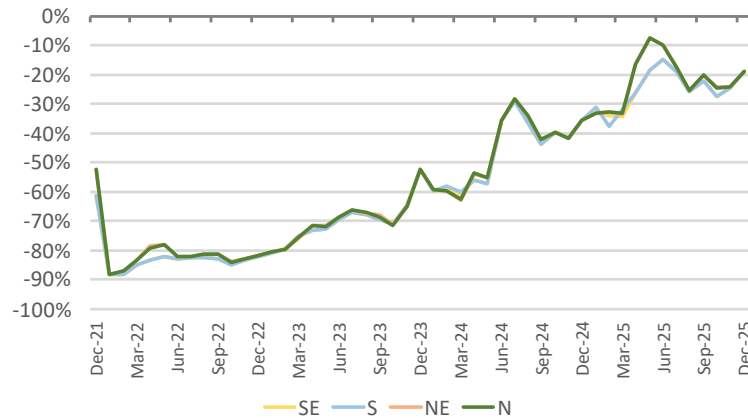
Caso P05 vs P03 - Anual

Efeito redução sobreoferta



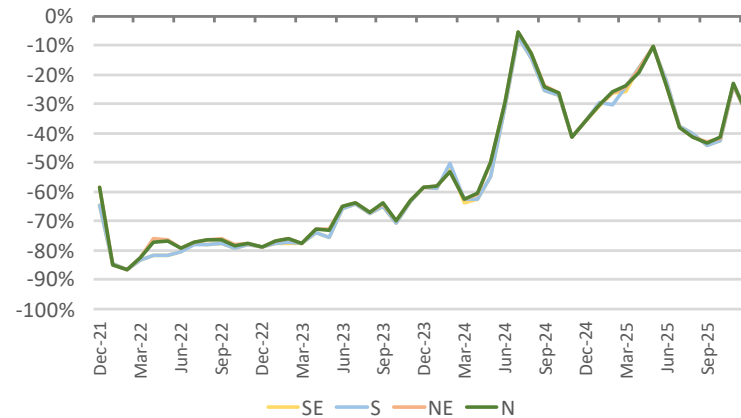
Caso P06 vs P02 - Anual

Efeito tendência hidrológica úmida (50/35)



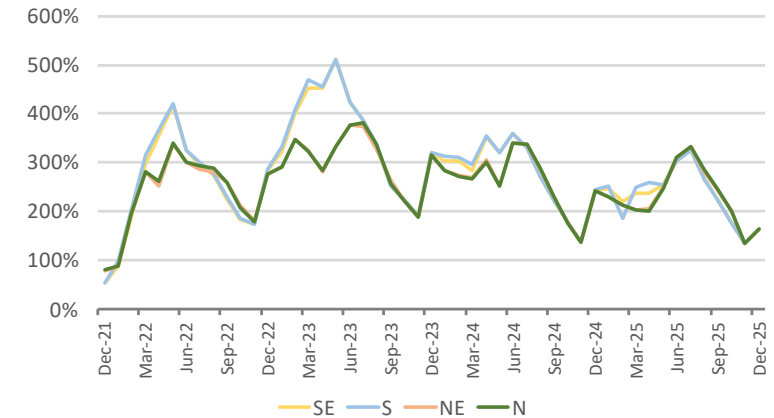
Caso P04 vs P02 - Mensal

Efeito tendência hidrológica úmida (50/50)



Caso P05 vs P03 - Mensal

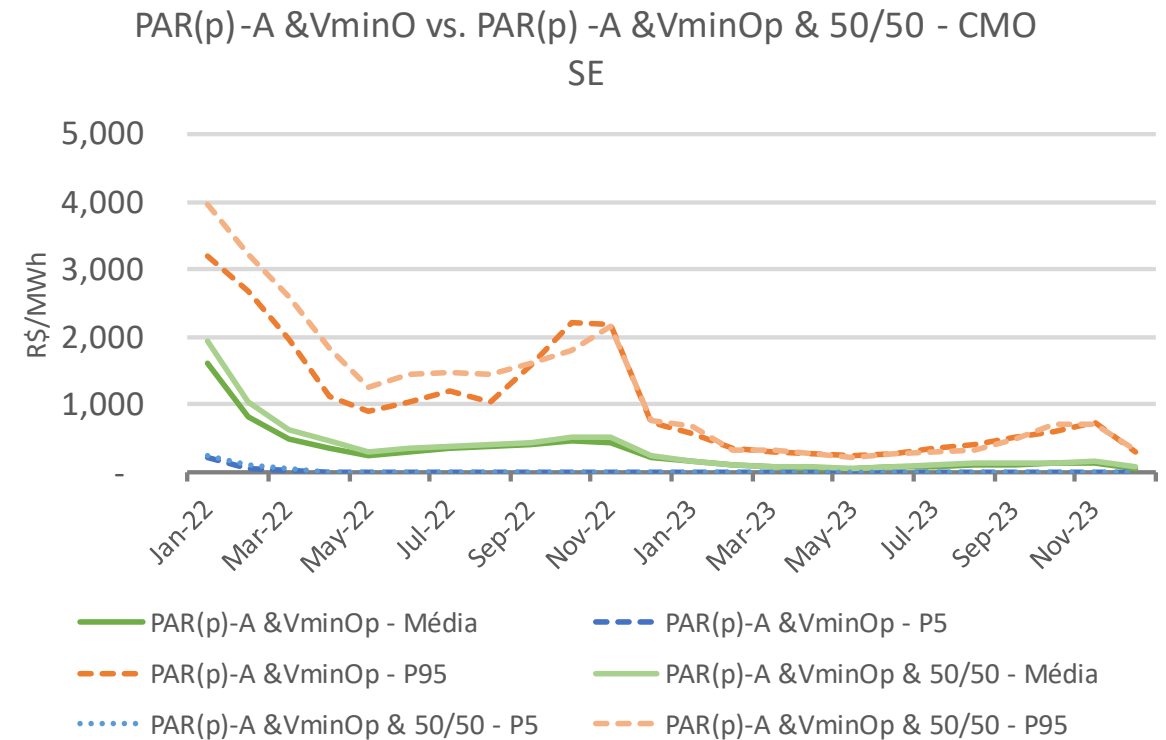
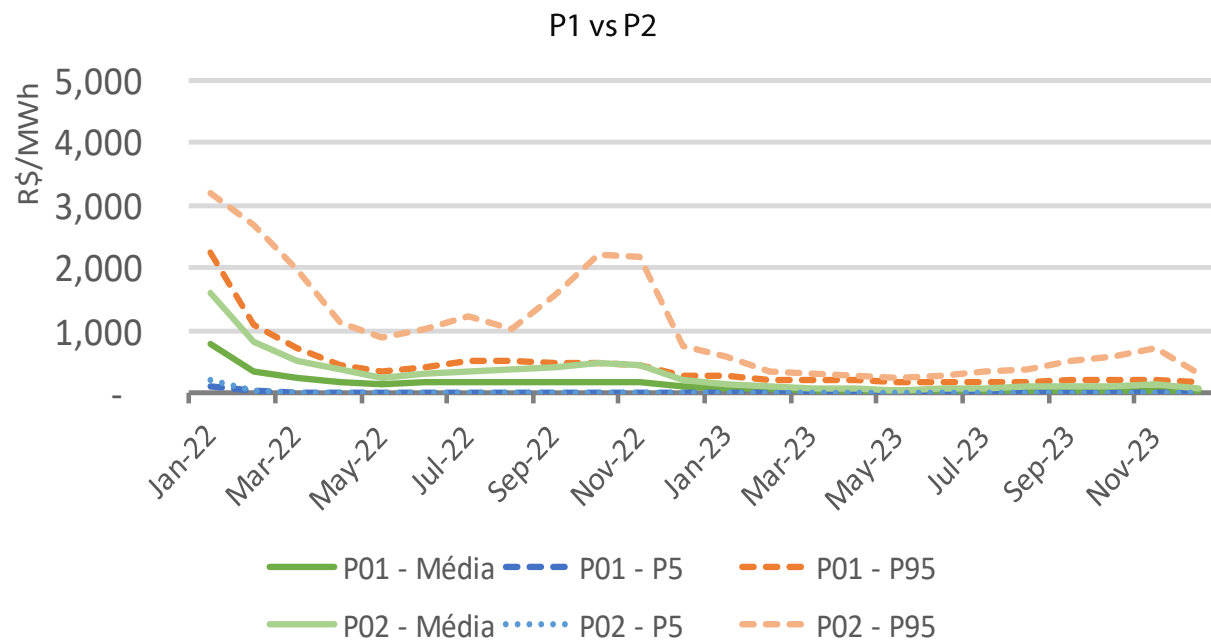
Efeito redução sobreoferta



Caso P06 vs P02 - Mensal

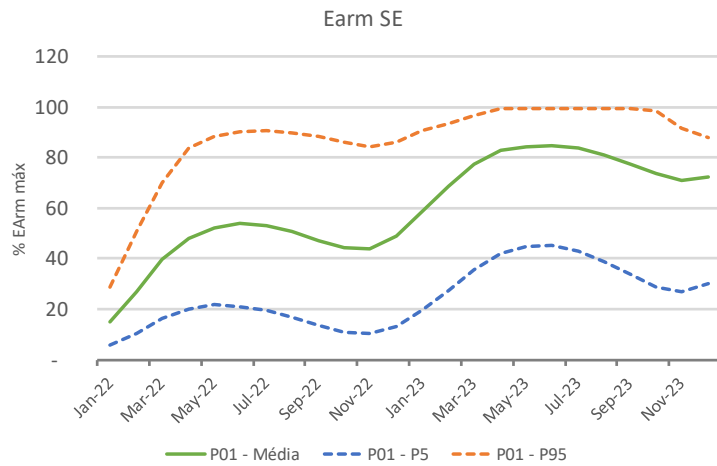
## Resumo: Comparação CMO dos casos P1 vs P2 e P2 vs P3

► A alteração do PAR(p)A e do VminOP já elevam o Custo Marginal nos primeiros meses. Em ambos os casos, como os volumes iniciais dos reservatórios são baixos, existe a violação dos volumes mínimos operativos no início do horizonte, refletindo em CMOs muito elevados tanto nas séries mais secas quanto na média.

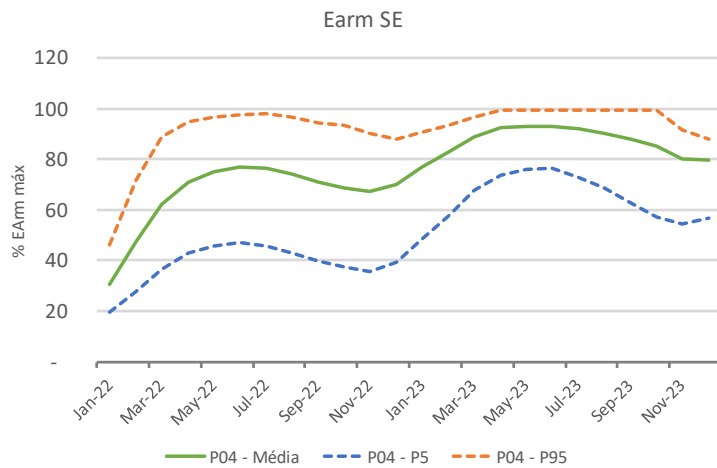


# Energia Armazenada

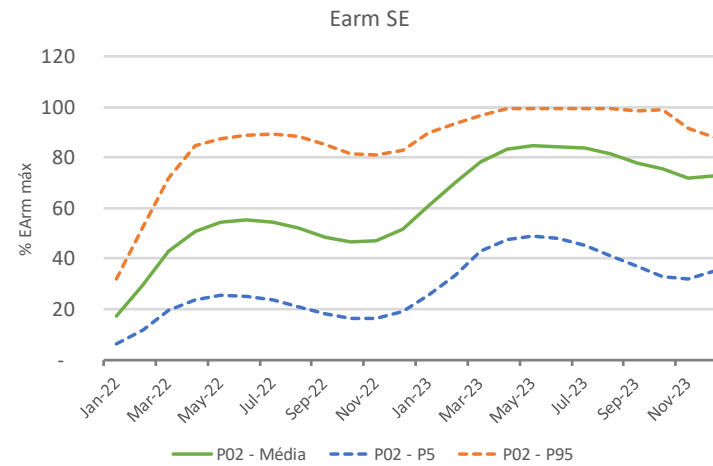
Gráficos da EArm-SE - Médias e percentis



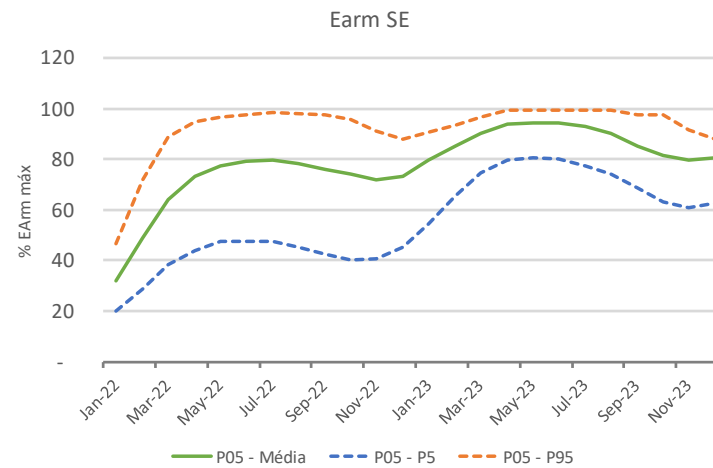
Caso P01 - Referência



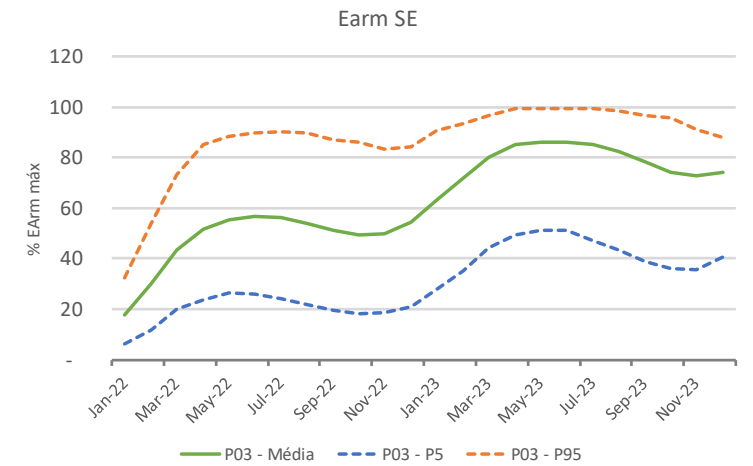
Caso P04 - Novos Parâmetros (exceto CVaR) úmido



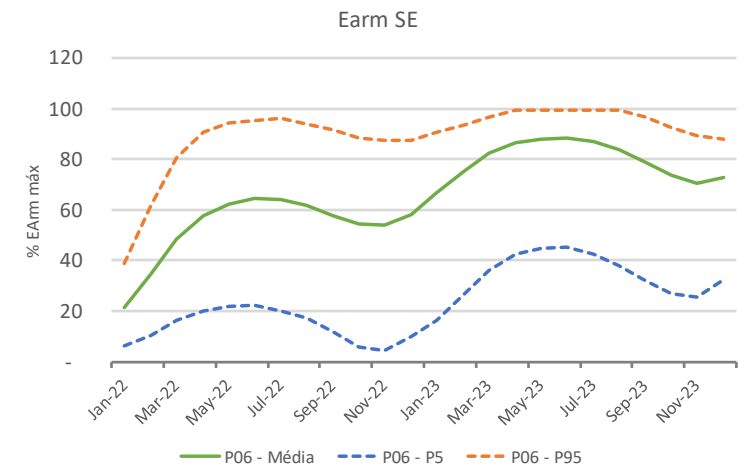
Caso P02 - Novos Parâmetros (exceto CVaR)



Caso P05 - Novos Parâmetros úmido



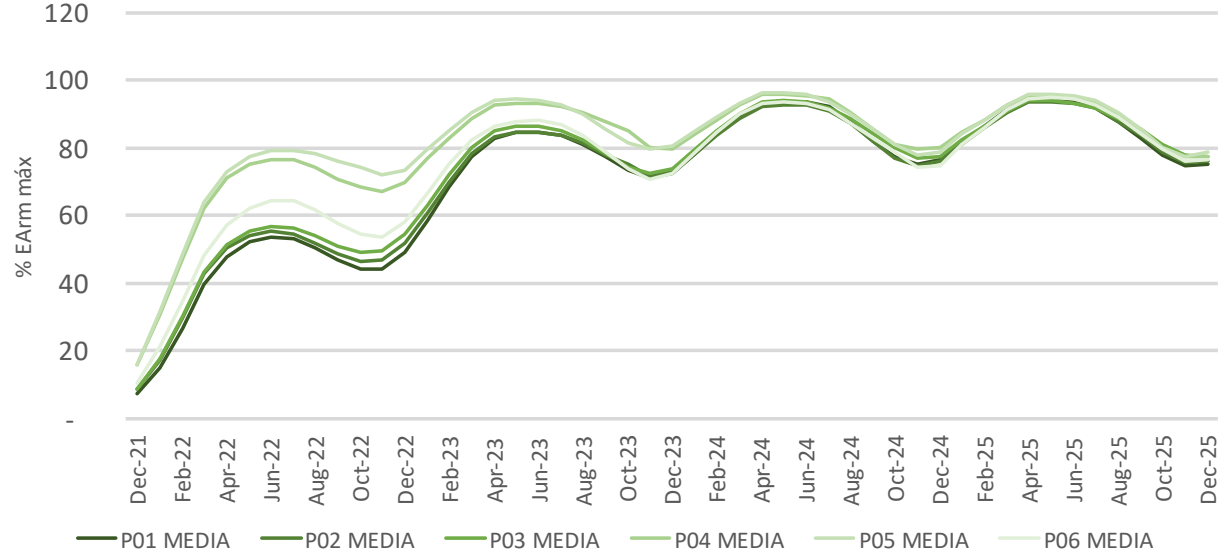
Caso P03 - Novos Parâmetros



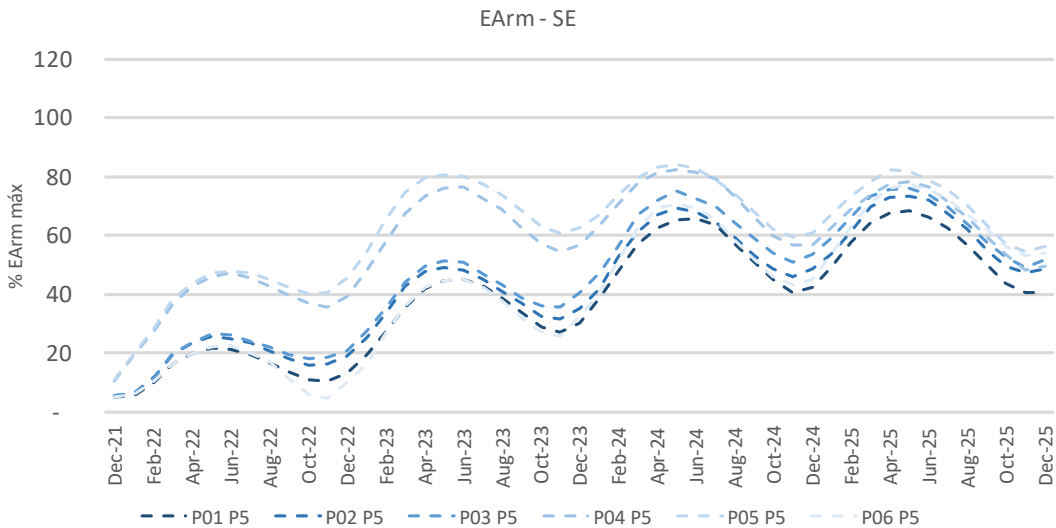
Caso P06 - Novos Parâmetros (exceto CVaR), sem tendência e sobreoferta reduzida

# Energia Armazenada

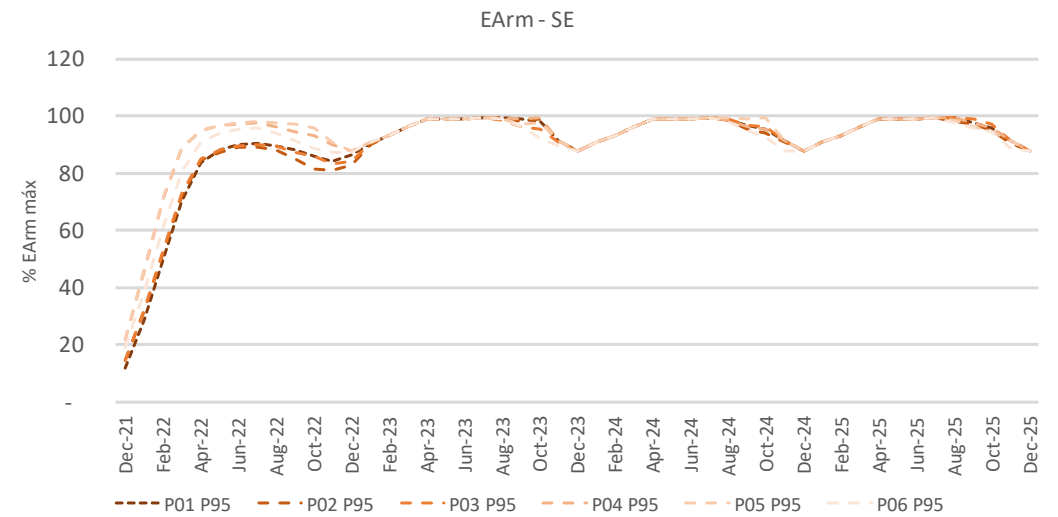
Gráficos da EArm-SE - Médias e percentis



EArm SE Média – Todos os casos



EArm SE P5 – Todos os casos

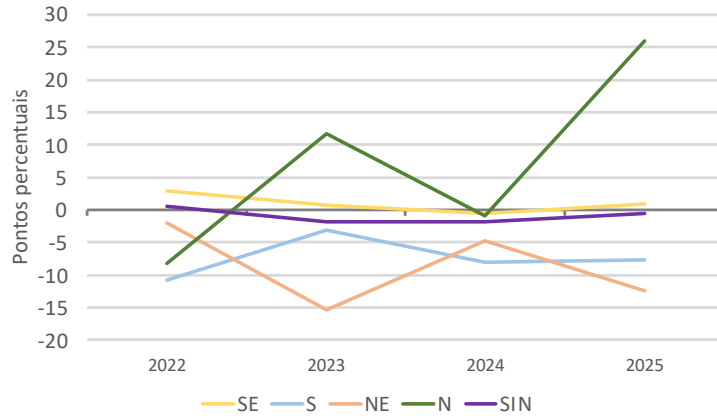


EArm SE P95 – Todos os casos

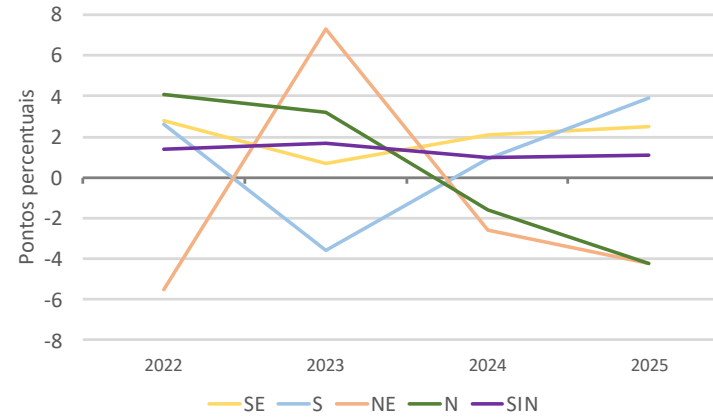
# Energia Armazenada

## Gráficos comparativos - Médios

Efeito PAR(p)-A e VminOp

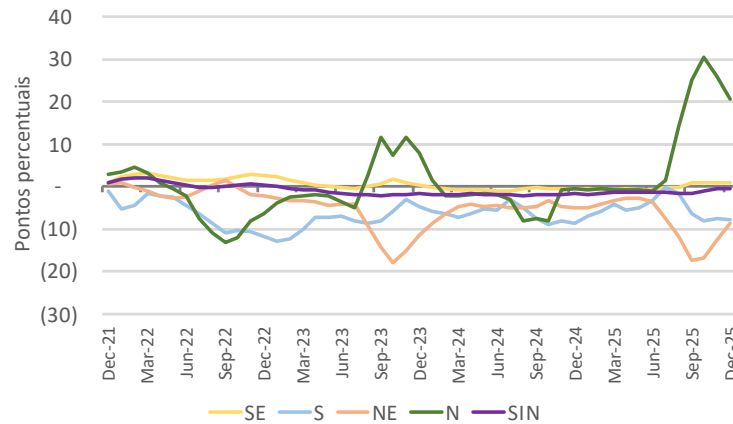


Efeito CVaR 50/50



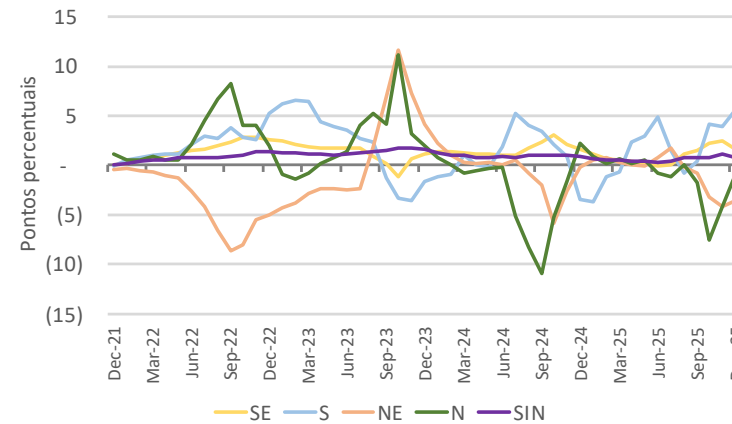
Caso P02 vs P01 - Anual

Efeito PAR(p) -A e VminOp



Caso P03 vs P02 - Anual

Efeito CVaR 50/50

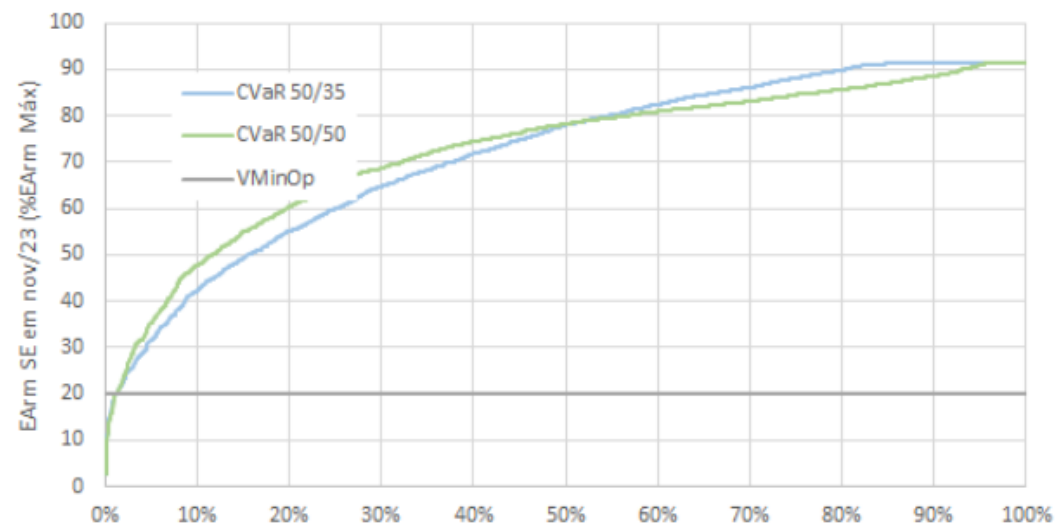
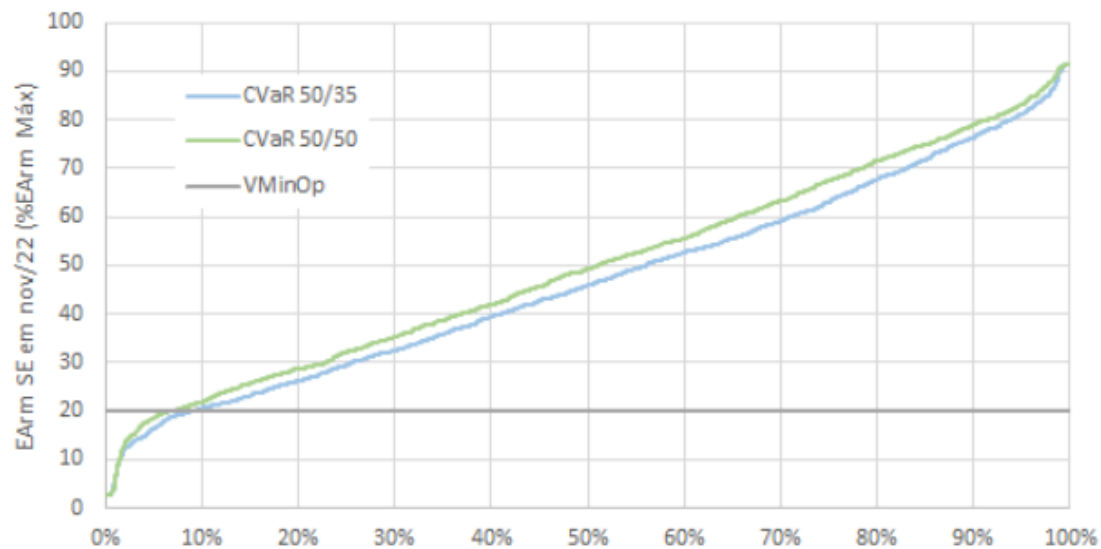


Caso P02 vs P01 - Mensal

Caso P03 vs P02 - Mensal

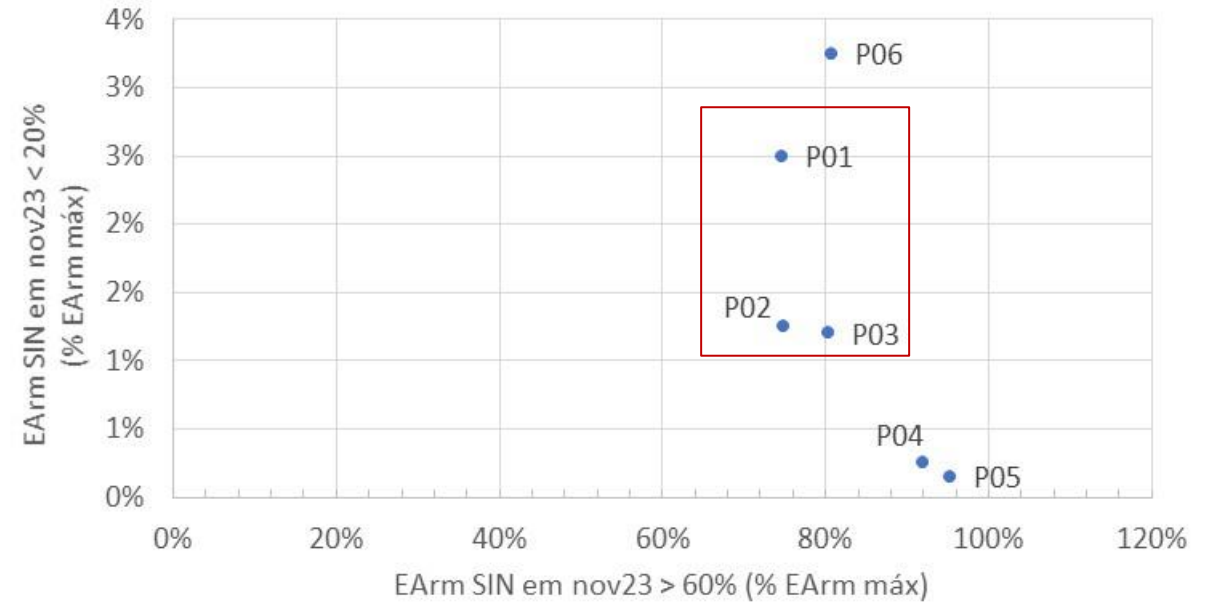
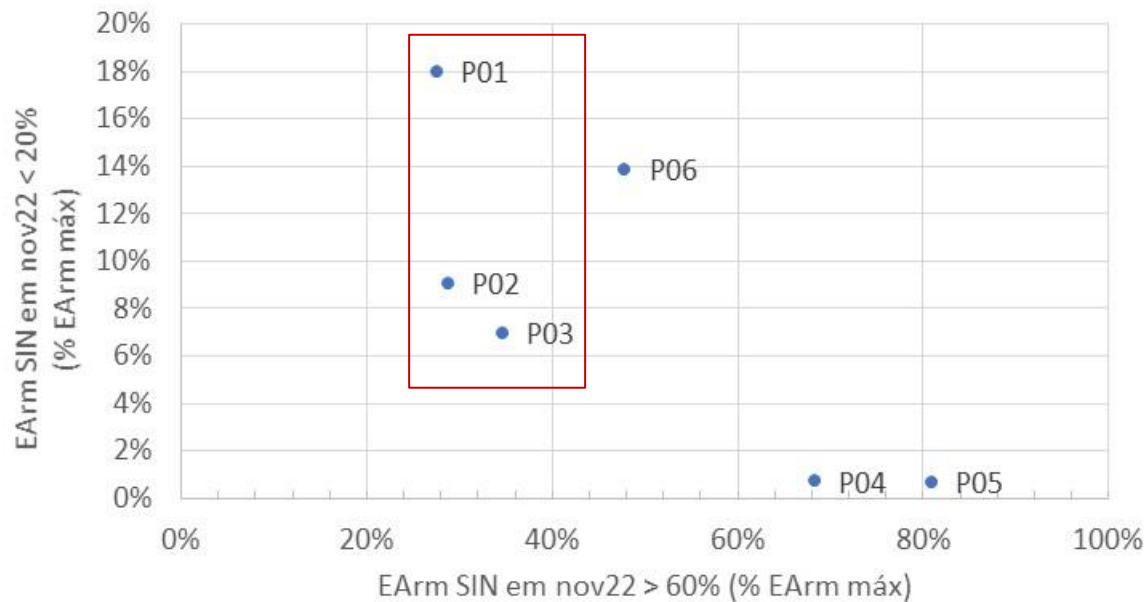
## Resumo: Energia Armazenada em novembro de 2022 e 2023

- ▶ A probabilidade da Energia Armazenada da região SE/CO ficar acima do VminOP é maior que 90%, sendo que em 2023 é maior que 98% das séries.
  - ▶ CVaR 50/35 -> 91% acima da meta
  - ▶ CVaR 50/50 -> 93% acima da meta
  - ▶ CVaR 50/35 -> 98,75% acima da meta
  - ▶ CVaR 50/50 -> 98,80% acima da meta



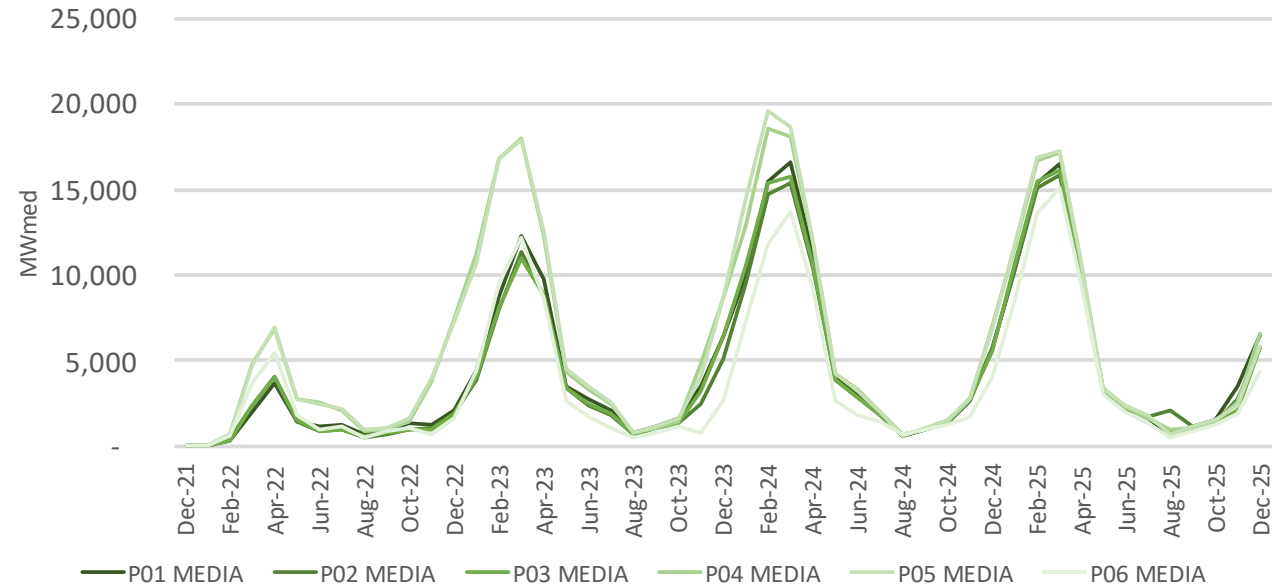
## Resumo: probabilidade de reservatórios baixos vs elevados

- ▶ A alteração dos parâmetros propostos (sem alterar o CVaR) reduziram a probabilidade de reservatórios abaixo de 20% em novembro, sem alterar muito a probabilidade de terminar acima de 60% para novembro de 2022. A alteração para CVaR (50, 50) apresentou ligeira redução na probabilidade de ficar abaixo de 20% e pequena elevação na probabilidade de ficar acima de 60%.
- ▶ Para novembro de 2023, o caso P2 reduziu a probabilidade (já baixa) de reservatórios abaixo de 20% em novembro, sem alterar a probabilidade acima de 60%. O CVaR (50, 50) aumentou um pouco a probabilidade de reservatórios acima de 60% sem alterar significativamente os valores < 20%.

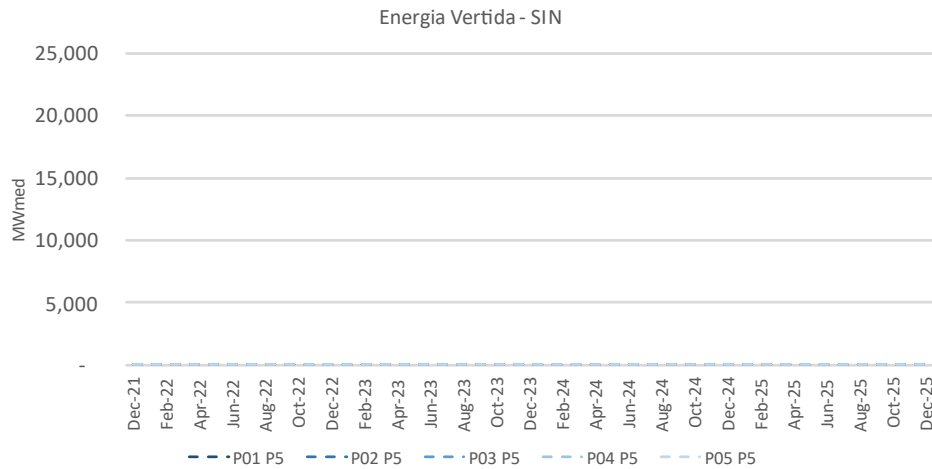


# Energia Vertida

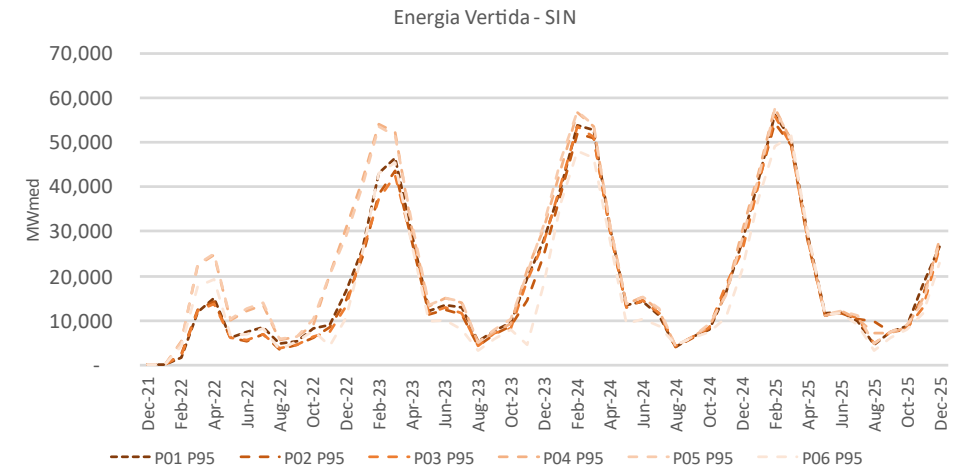
Gráficos da Energia Vertida total no SIN - Médias e percentis



Energia Vertida no SIN Média – Todos os casos



Energia Vertida no SIN P5 – Todos os casos

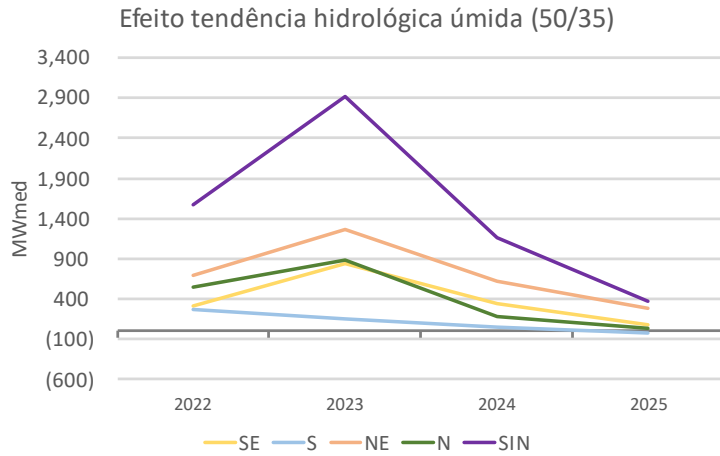


Energia Vertida no SIN P95 – Todos os casos

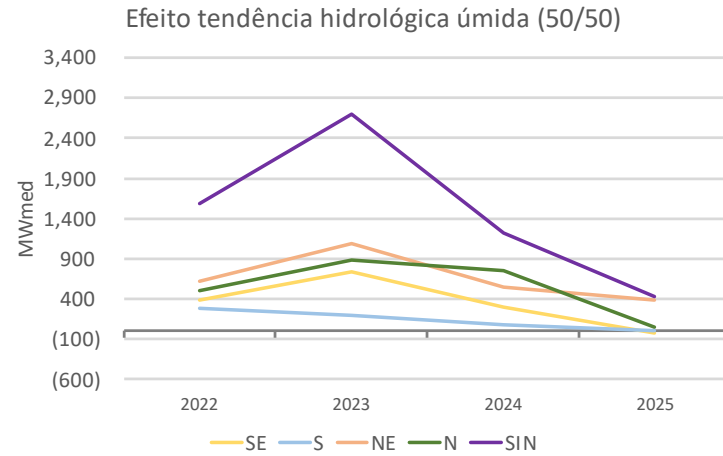


# Energia Vertida

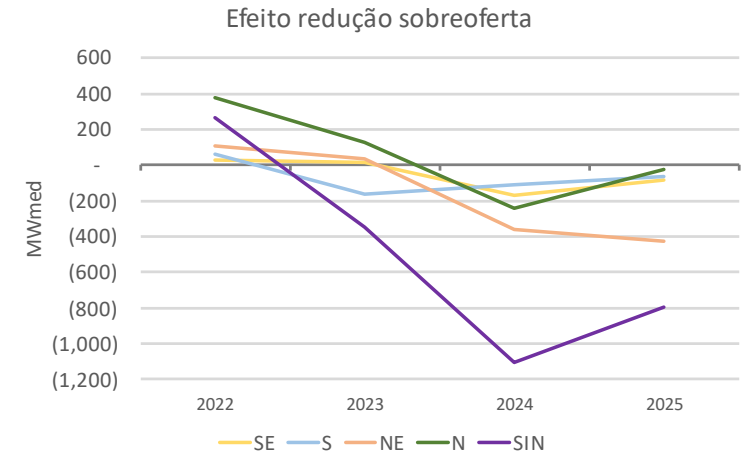
## Gráficos comparativos - Médios



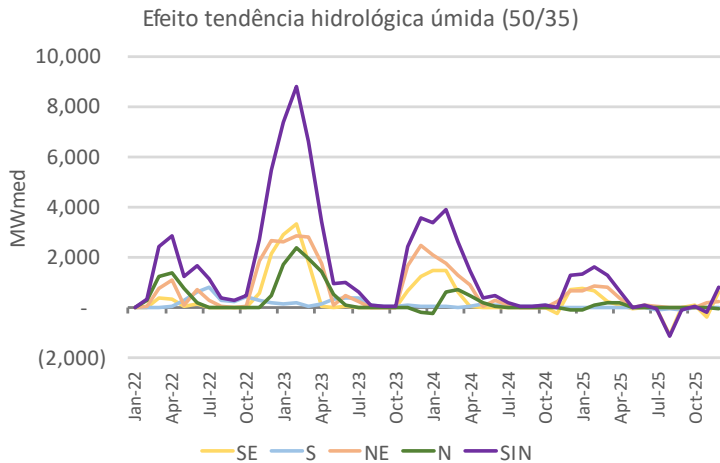
Caso P04 vs P02 - Anual



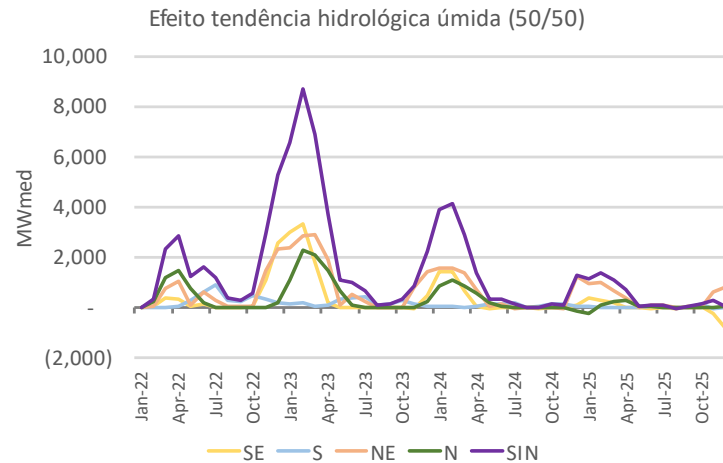
Caso P05 vs P03 - Anual



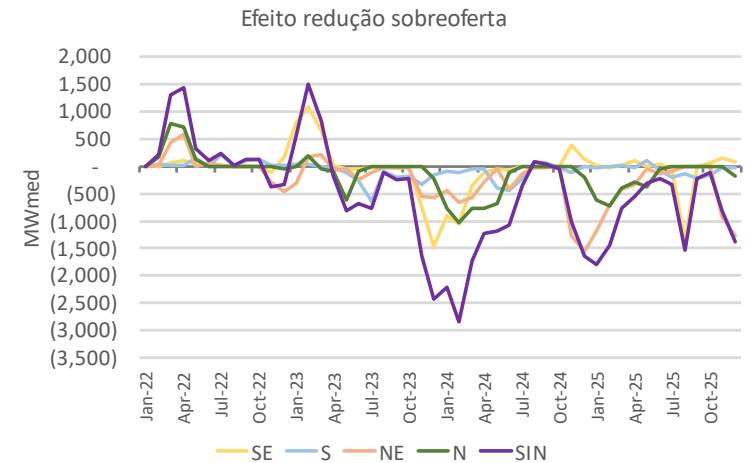
Caso P06 vs P02 - Anual



Caso P04 vs P02 - Mensal



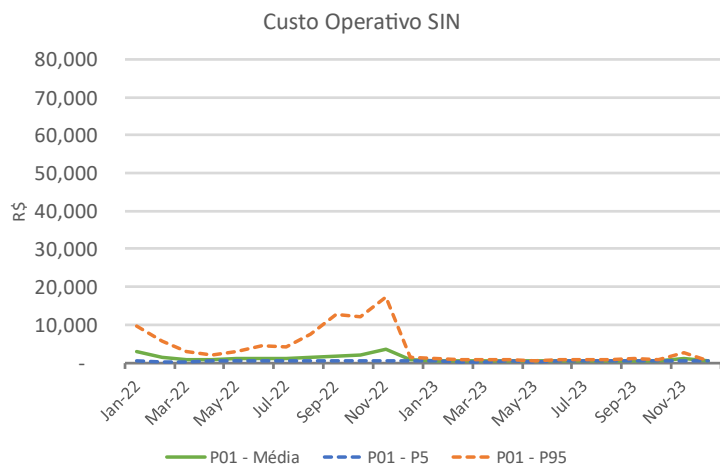
Caso P05 vs P03 - Mensal



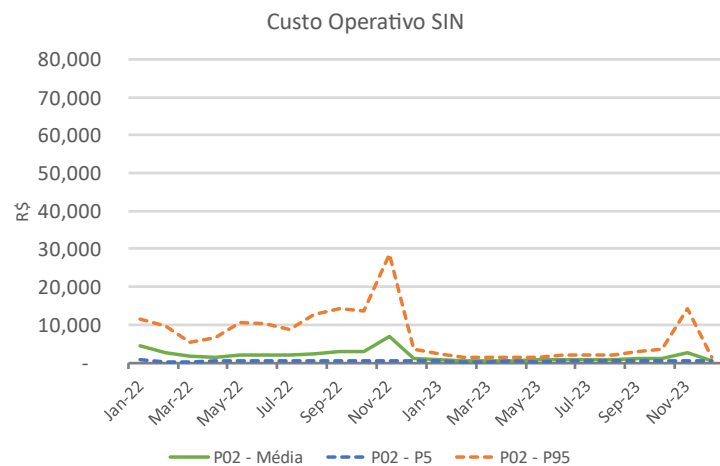
Caso P06 vs P02 - Mensal

# Custo Operativo

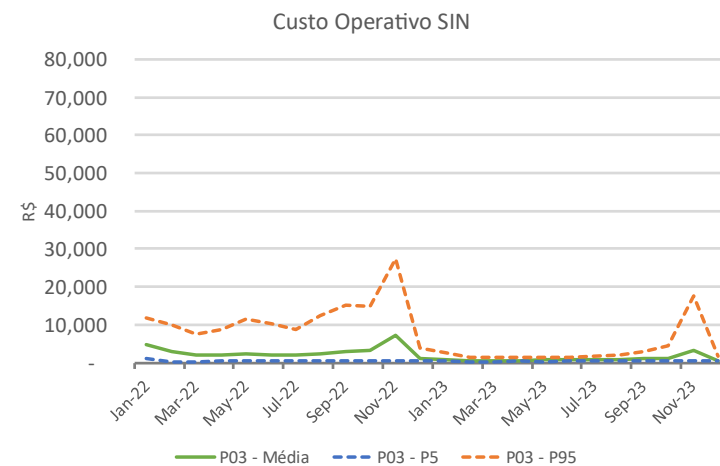
## Gráficos do Custo Operativo Total- Médias e percentis



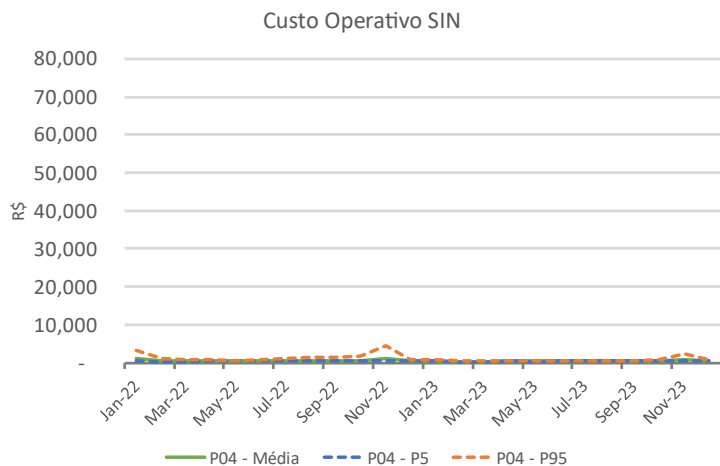
Caso P01 - Referência



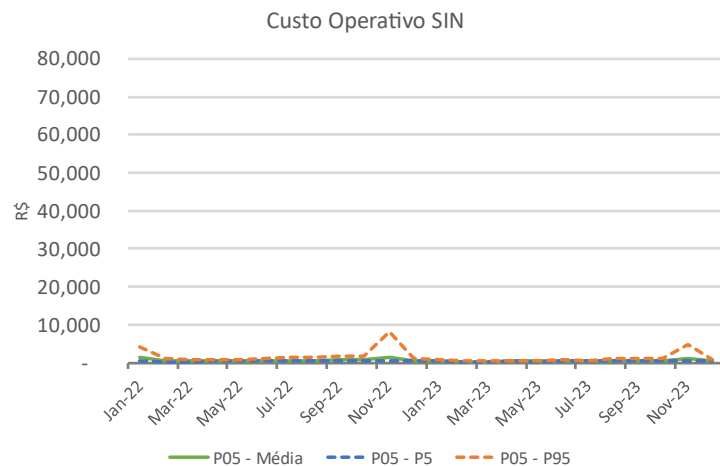
Caso P02 – Novos Parâmetros (exceto CVaR)



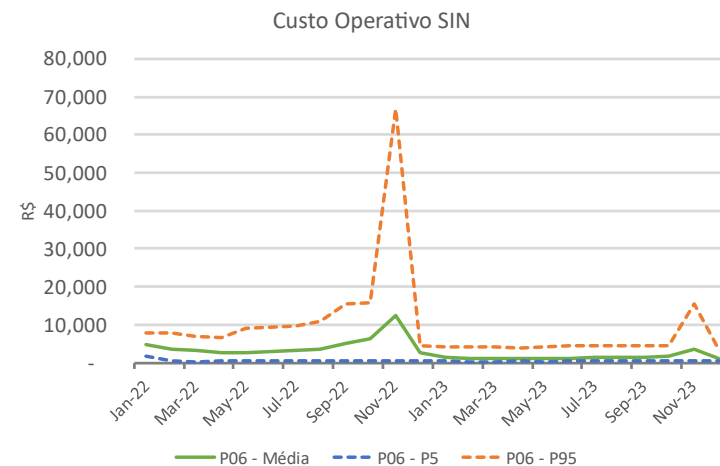
Caso P03 – Novos Parâmetros



Caso P04 – Novos Parâmetros (exceto CVaR) úmido



Caso P05 – Novos Parâmetros úmido

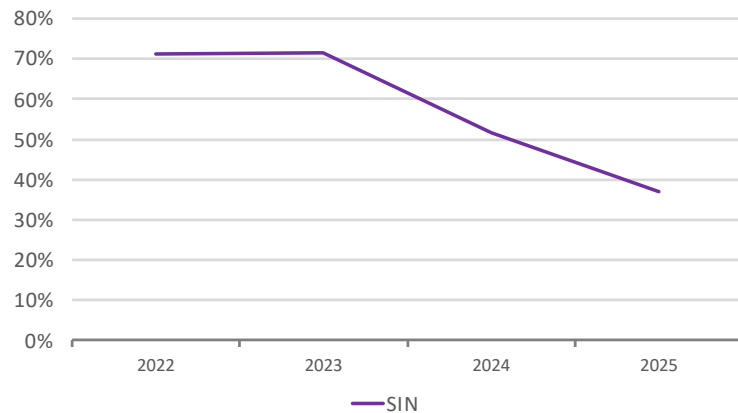


Caso P06 – Novos Parâmetros (exceto CVaR), sem tendência e sobreoferta reduzida

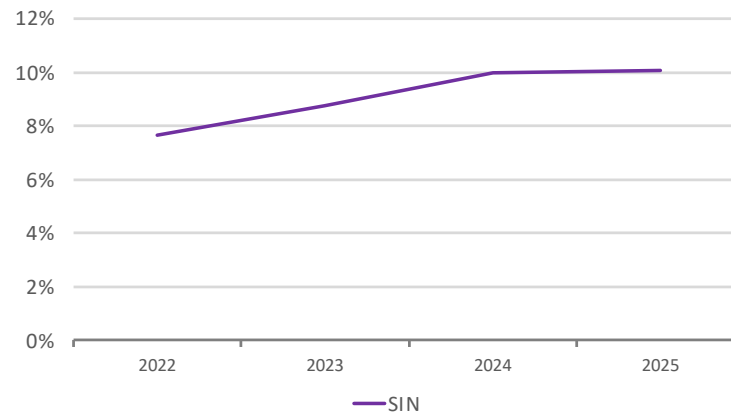
# Custo operativo

## Gráficos comparativos - Médios

Efeito PAR(p)-A e VminOp

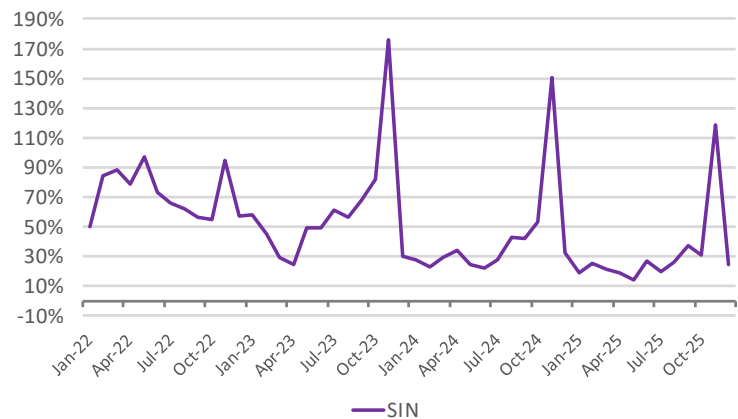


Efeito CVaR 50/50



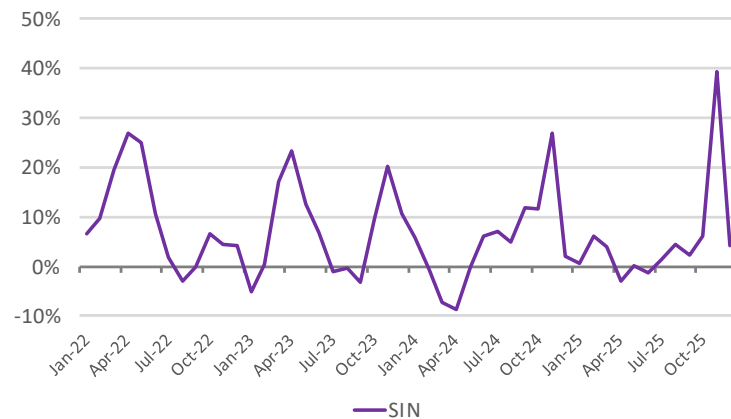
Caso P02 vs P01 - Anual

Efeito PAR(p) -A e VminOp



Caso P03 vs P02 - Anual

Efeito CVaR 50/50

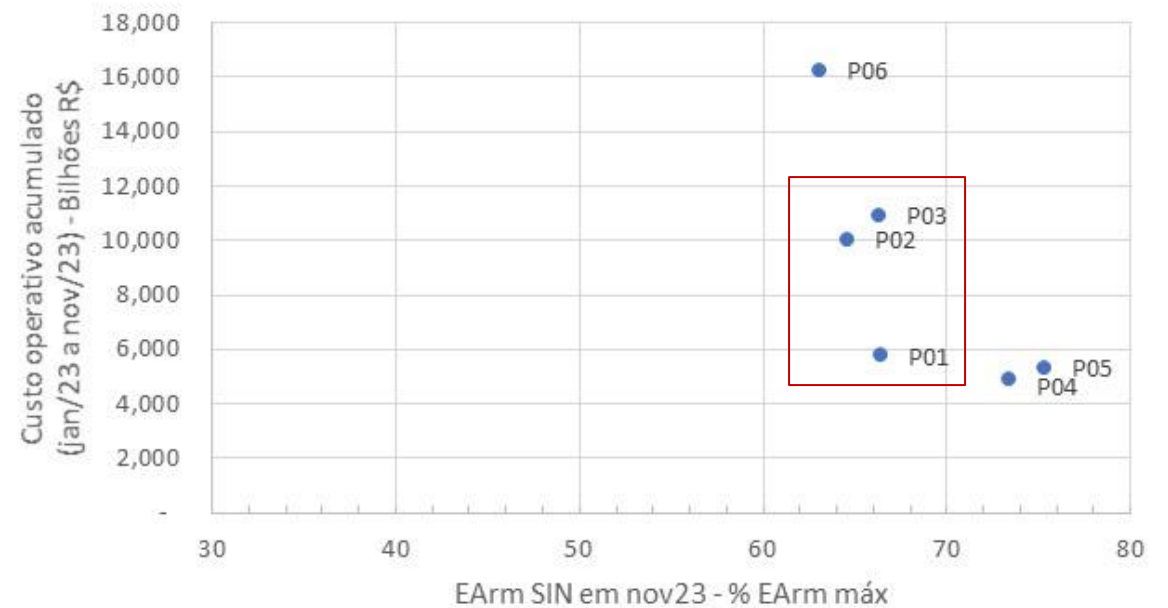
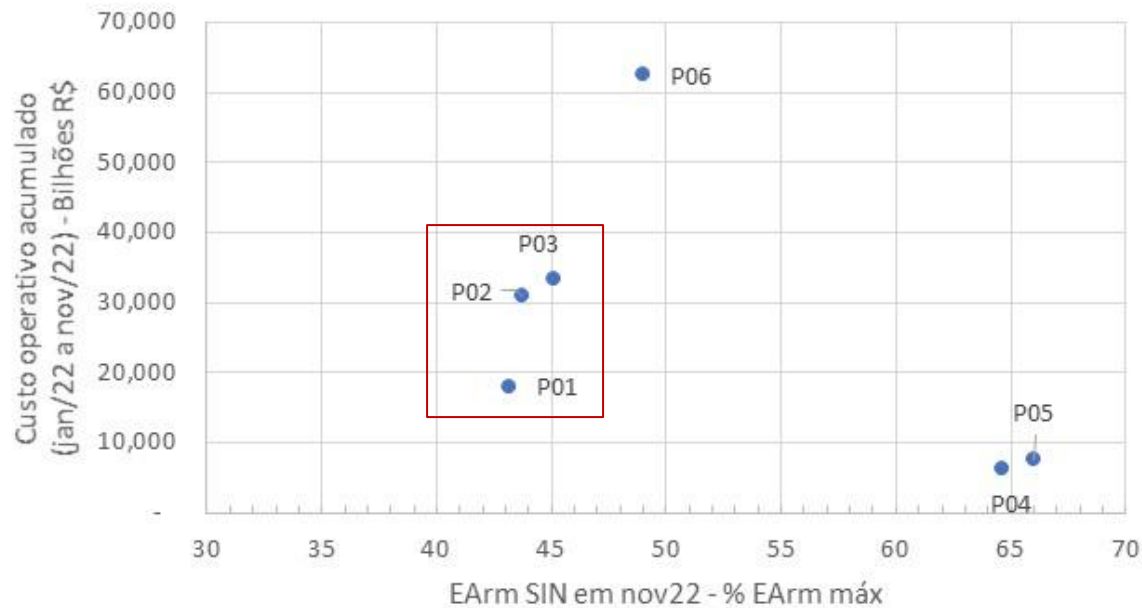


Caso P02 vs P01 - Mensal

Caso P03 vs P02 - Mensal

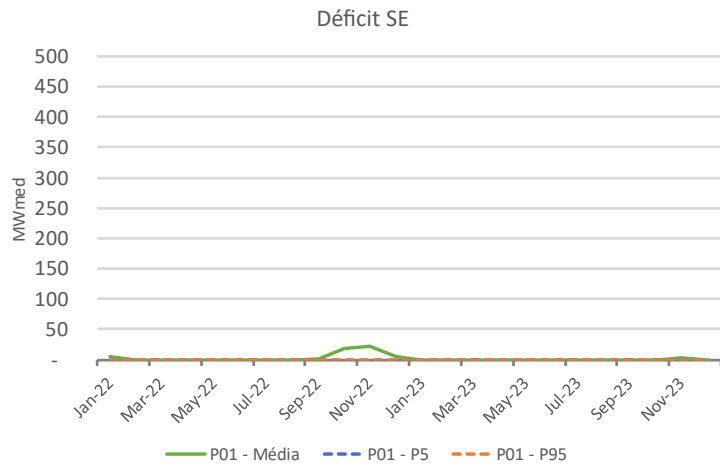
## Resumo: Custo Operativo vs Energia Armazenada

- ▶ A alteração dos parâmetros propostos elevam o custo operativo sem apresentar elevação nos reservatórios, resultado das afluências piores. A alteração dos parâmetros para (50,50) aumentam o custo operativo (maior despacho térmico, violação de restrições, etc) e resulta em aumento no armazenamento.

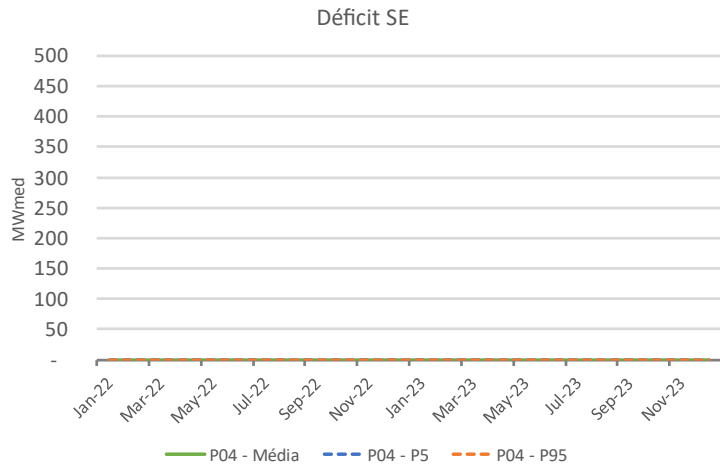


# Déficit

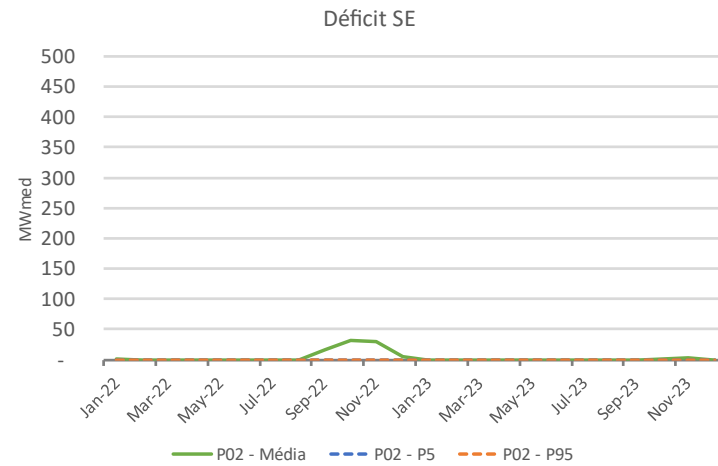
## Gráficos do Déficit no SE - Médias e percentis



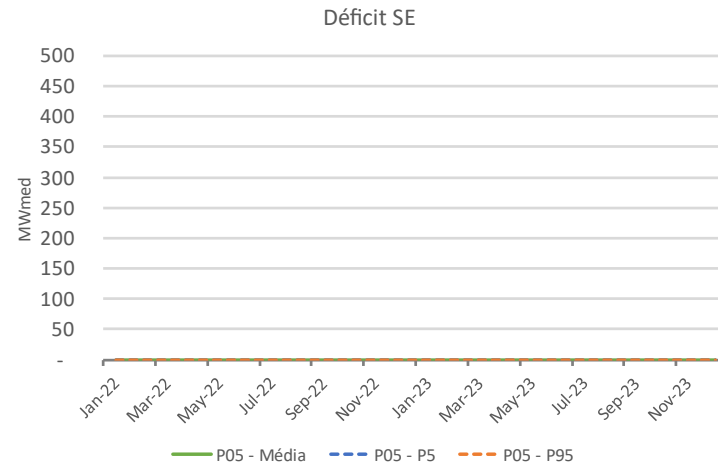
Caso P01 - Referência



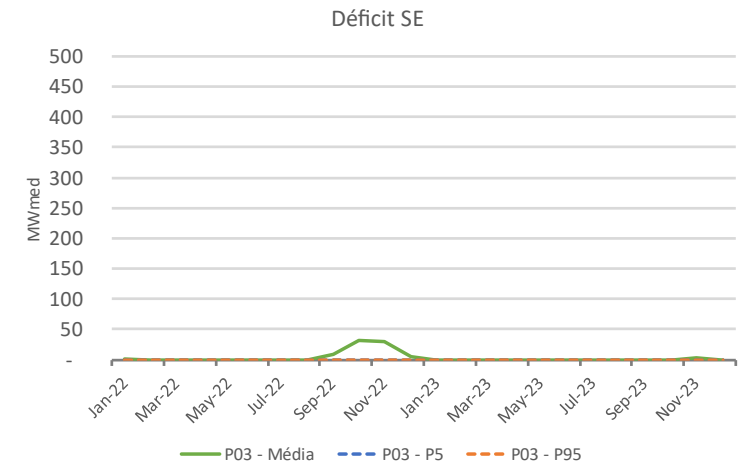
Caso P04 – Novos Parâmetros (exceto CVaR) úmido



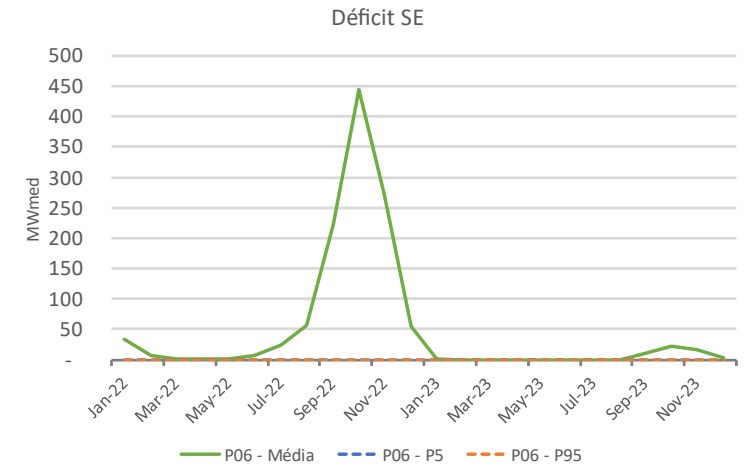
Caso P02 – Novos Parâmetros (exceto CVaR)



Caso P05 – Novos Parâmetros úmido



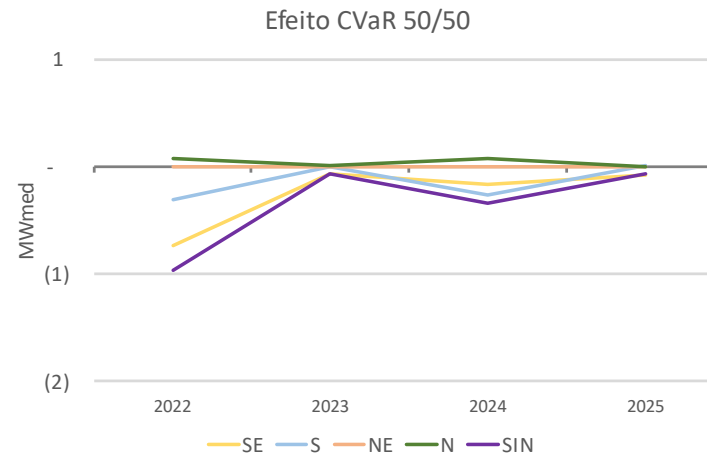
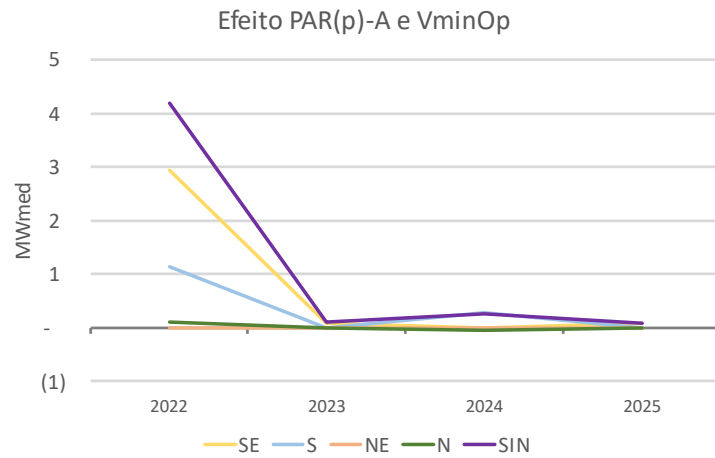
Caso P03 – Novos Parâmetros



Caso P06 – Novos Parâmetros (exceto CVaR), sem tendência e sobreoferta reduzida

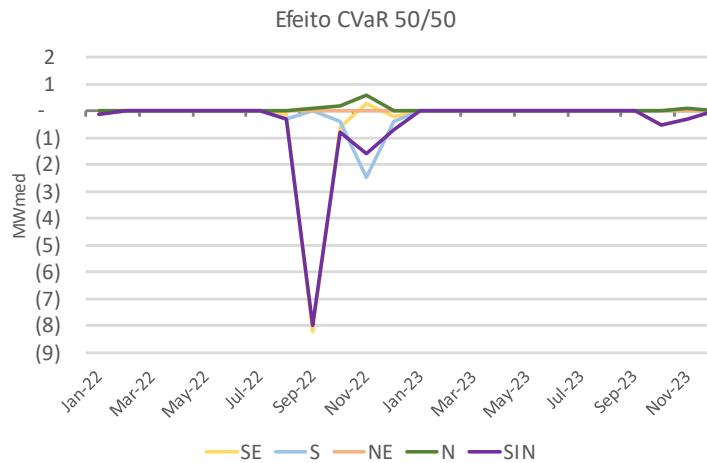
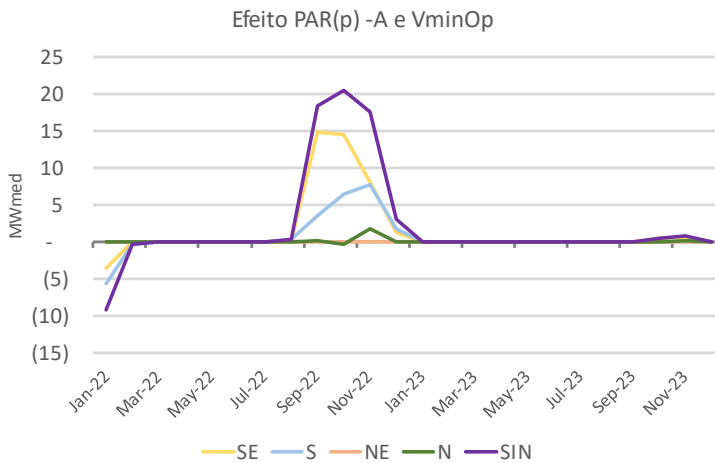
# Déficit

## Gráficos comparativos - Médios



Caso P02 vs P01 - Anual

Caso P03 vs P02 - Anual

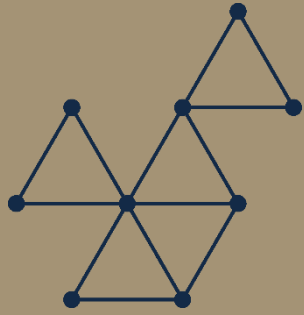


Caso P02 vs P01 - Mensal

Caso P03 vs P02 - Mensal

## Conclusões

- ▶ Os critérios de garantia de suprimento estabelecem o ponto de equilíbrio entre o custo da energia e a qualidade do suprimento;
- ▶ Existe a necessidade da coerência entre a expansão e a operação do sistema resultante desta expansão;
- ▶ Diversas metodologias de aversão ao risco podem ser utilizadas para aumentar a segurança operativa, dado que existem simplificações na representação do sistema nos modelos computacionais e, portanto, a vida real é mais complexa. Essas metodologias podem ser diretas (físicas) ou indiretas;
- ▶ Atualmente estão sendo utilizadas 4 metodologias no modelo de médio prazo, misturando diretas e indiretas;
- ▶ A utilização dessas metodologias e os parâmetros associados devem ser escolhidos conforme a aversão ao risco do operador nacional do sistema (e da sociedade) e revistos periodicamente, de forma clara e transparente, representando inclusive a evolução da matriz e regras operativas;
- ▶ Pelos resultados apresentados na CP e nas simulações realizadas, a elevação do  $V_{minOP}$  e a utilização do  $PAR(p)$  sinalizam melhoria quando comparados aos volumes utilizados pelo ONS na tomada de decisão e nas ENAs projetadas. A calibração do CVaR deve ser realizada buscando a melhor relação custo benefício, sendo que as simulações apresentadas na CP e neste relatório não mostram melhoria clara nesta relação com a alteração para (50, 50). Assim, sugere-se manter os valores atuais e a continuação das análises sobre alterações das metodologias de aversão ao risco (a intenção em continuar os estudos já foi sinalizada pela CPAMP)



 [www.psr-inc.com](http://www.psr-inc.com)

 [psr@psr-inc.com](mailto:psr@psr-inc.com)

 +55 21 3906-2100

---

 [/psrenergy](https://www.facebook.com/psrenergy)

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

 [@psr\\_energy](https://www.instagram.com/psr_energy)





**ANEXO**

# Casos

## Resumo

► A tabela abaixo resume as principais características dos casos simulados. E todos compartilham estas características:

- Deck do ONS do PMO de junho 2021;
- Horizonte dezembro 2021 a dezembro 2025.
- Modelo computacional: Newave, desenvolvido pelo Cepel

Caso	Descrição	Projeção de vazões	VMinOp	CVaR	Tendência hidrológica	Reservatórios iniciais	Sobreoferta
P01 – Caso Referência	Parâmetros atuais.	PAR(p)	Atual	50/35	2020	2020	Atual
P02 – Novos parâmetros (exceto CVaR)	Novos parâmetros, exceto CVaR.	PAR(p)-A	Proposto	50/35	2020	2020	Atual
P03 – Novos parâmetros	Novos parâmetros.	PAR(p)-A	Proposto	50/50	2020	2020	Atual
P04 - Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência boa	Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência hidrológica melhor.	PAR(p)-A	Proposto	50/35	110% MLT	Média 2011-2020	Atual
P05 - Novos parâmetros com tendência boa	Novos parâmetros com tendência hidrológica melhor.	PAR(p)-A	Proposto	50/50	110% MLT	Média 2011-2020	Atual
P06 - Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor	Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor.	PAR(p)-A	Proposto	50/35	Sem	2020	7%

Casos analisados

# Projeções de afluências

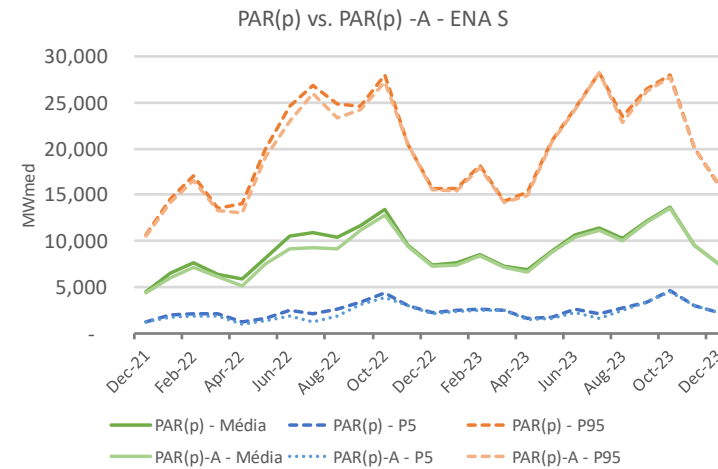
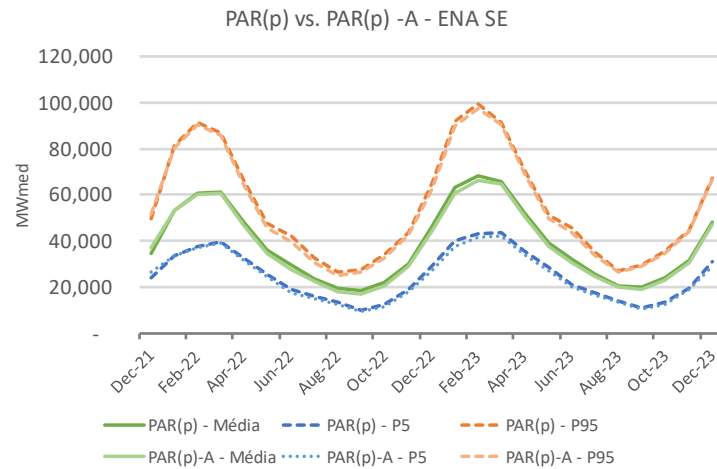
## Descrição e principais resultados - Médios

► A tabela abaixo resume os efeitos das mudanças no modelo de projeção de vazões e da tendência hidrológica nas ENAs projetadas.

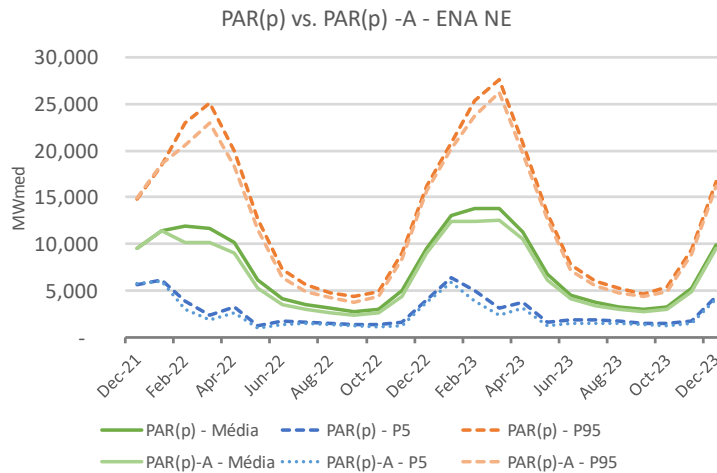
Caso	Projeção de vazões	Tendência hidrológica	Efeitos sobre as ENAs projetadas médias
P01 – Caso Referência	PAR(p)	2020	-
P02 – Novos parâmetros (exceto CVaR)	PAR(p)-A	2020	Efeito negativo pequeno a moderado e decrescente nas projeções dos primeiros anos. No NE, os efeitos se estendem sobre todo horizonte e são mais intensos. No SIN, reduções médias de 4% e 3% no 1º e 2º ano, respectivamente. Norte praticamente igual na media anual, com efeito positivo no 1º período úmido e negative posteriormente.
P04 - Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência boa	PAR(p)-A	110% MLT	A tendência hidrológica positive aumenta consideravelmente as afluências nos dois primeiros anos, inclusive no N (1º ano). No NE, os efeitos são observados em todo o horizonte.
P06 - Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor	PAR(p)-A	Sem	A retirada da tendência hidrológica diminui a intensidade dos efeitos observados no caso P04. E, curiosamente, as afluências no Sul no 2º ano ficam abaixo das projetadas em P02.

# Projeções de afluências

Gráficos comparativos PAR(p) vs. PAR(p)-A – Médias e percentis

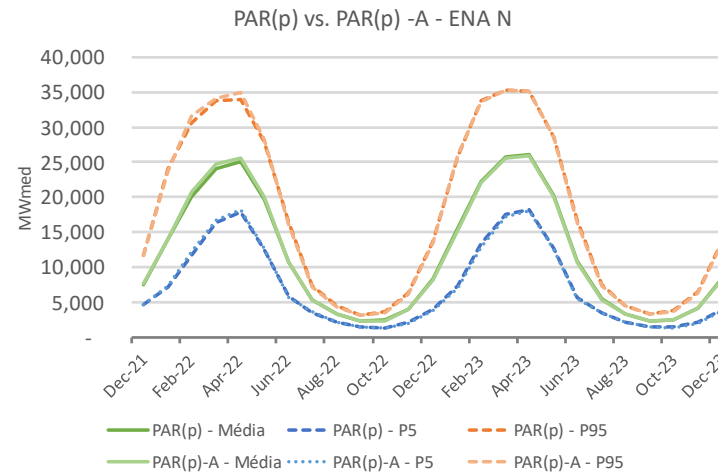


Caso P01 vs P02 – ENA SE



Caso P01 vs P02 – ENA NE

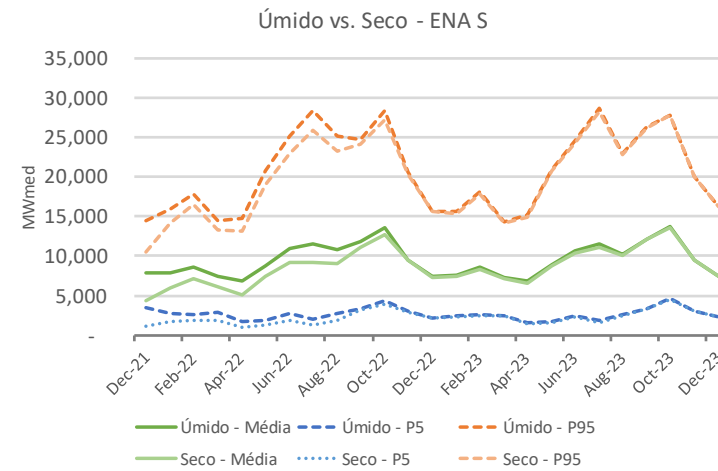
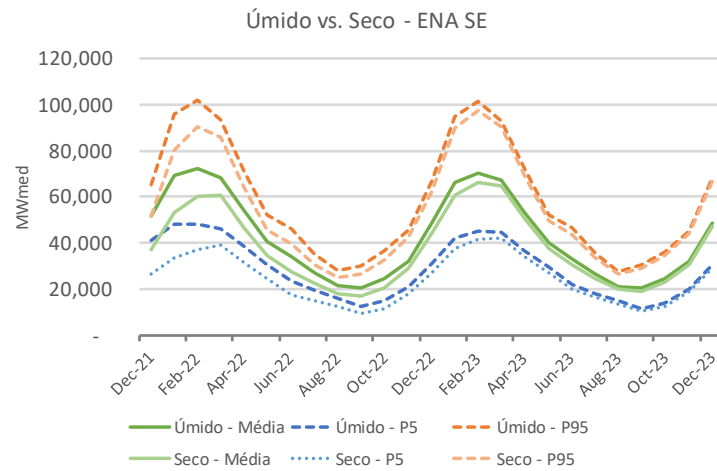
Caso P01 vs P02 – ENA S



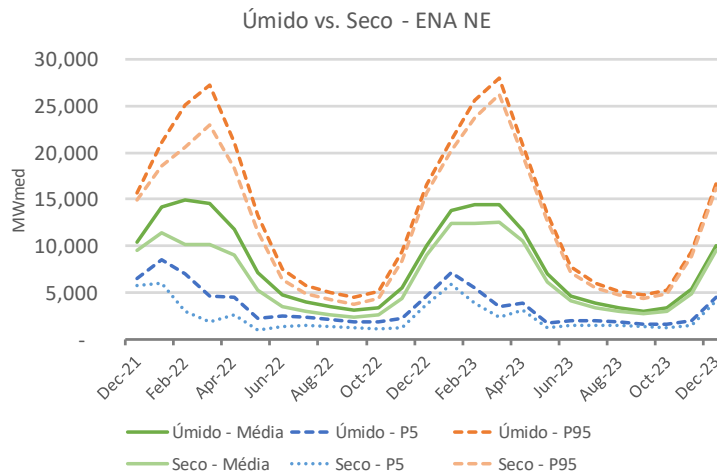
Caso P01 vs P02 – ENA N

# Projeções de afluências

Gráficos comparativos PAR(p)-A Úmido vs. PAR(p)-A Sem tendência – Médias e percentis

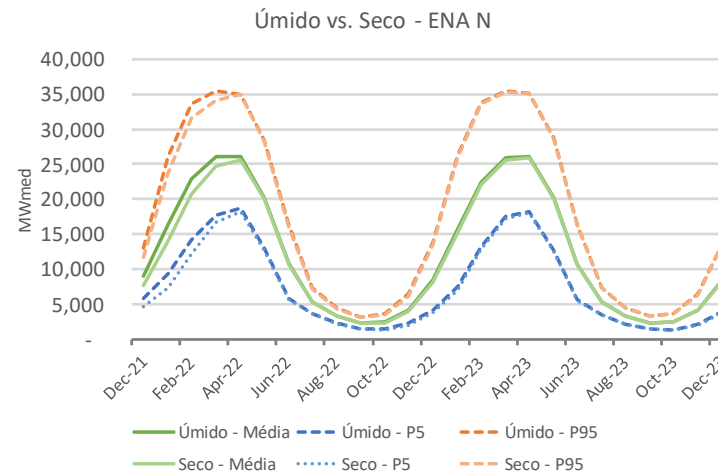


Caso P04 vs P02 – ENA SE



Caso P04 vs P02 – ENA NE

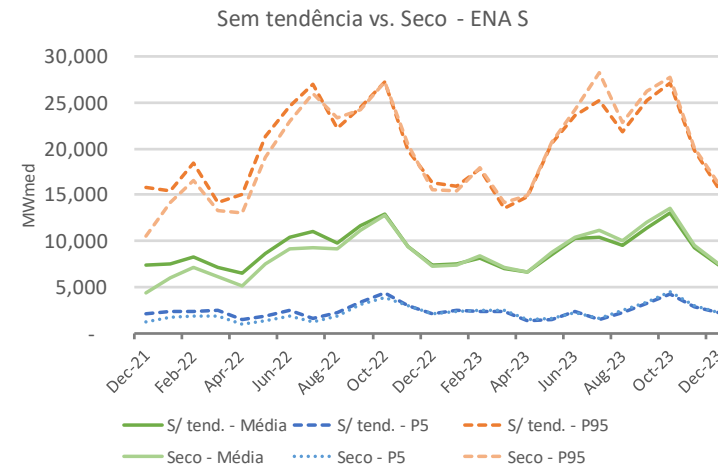
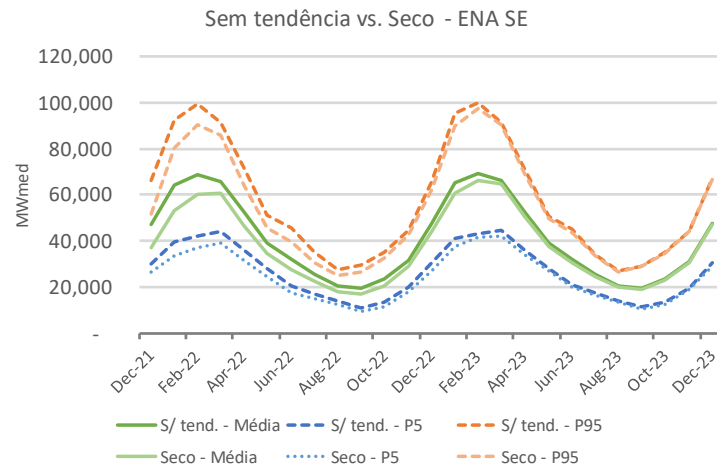
Caso P04 vs P02 – ENA S



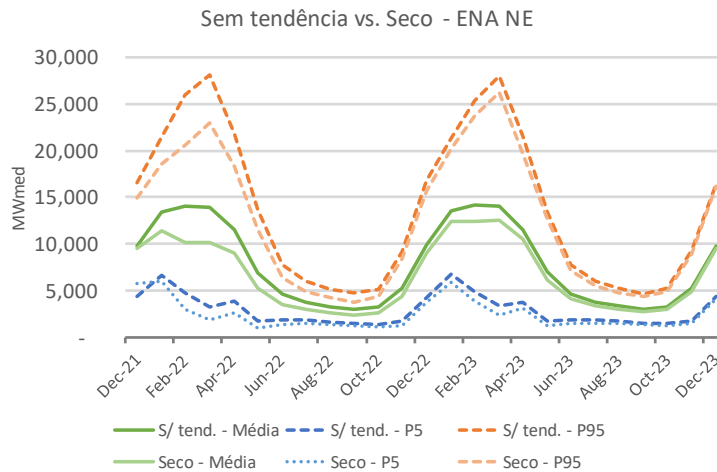
Caso P04 vs P02 – ENA N

# Projeções de afluências

Gráficos comparativos PAR(p)-A Sem tendência vs. PAR(p)-A Seco – Médias e percentis

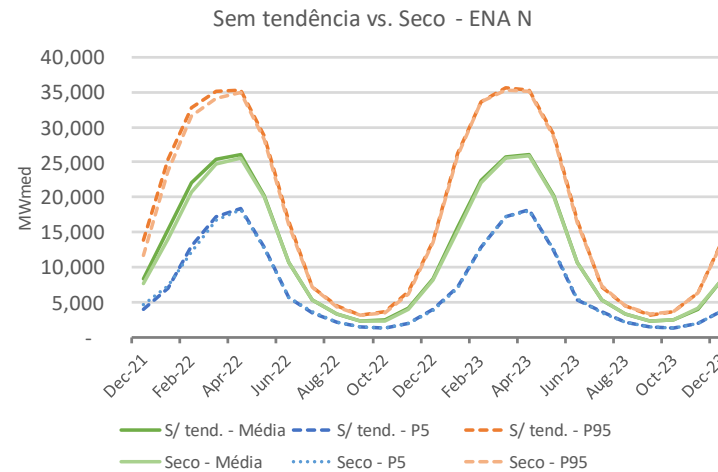


Caso P06 vs P02 – ENA SE



Caso P06 vs P02 – ENA NE

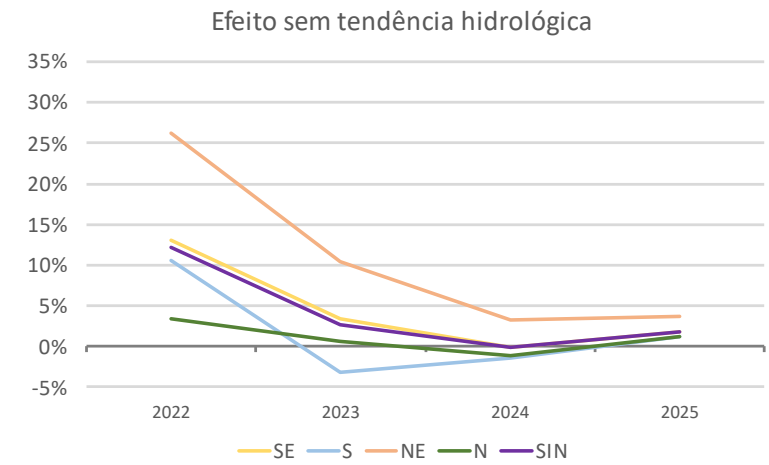
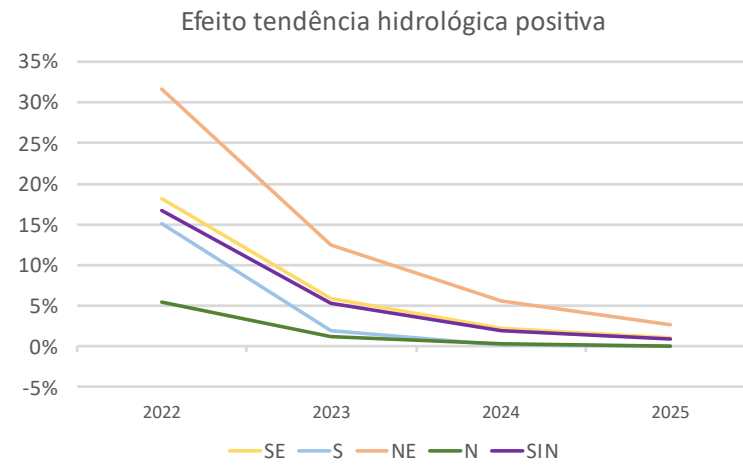
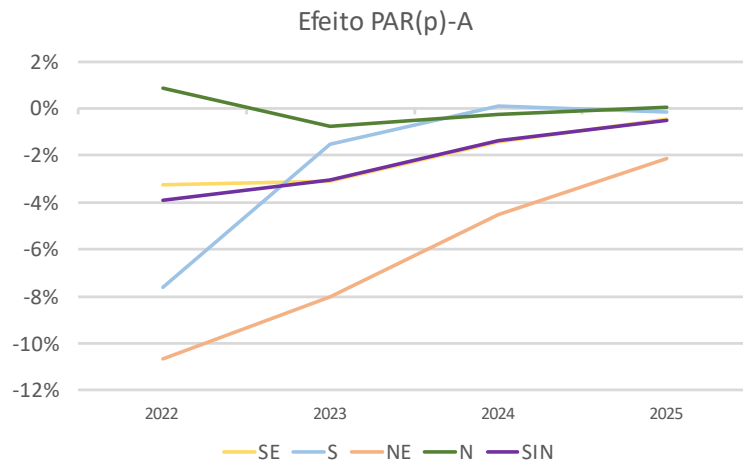
Caso P06 vs P02 – ENA S



Caso P06 vs P02 – ENA N

# Projeções de afluências

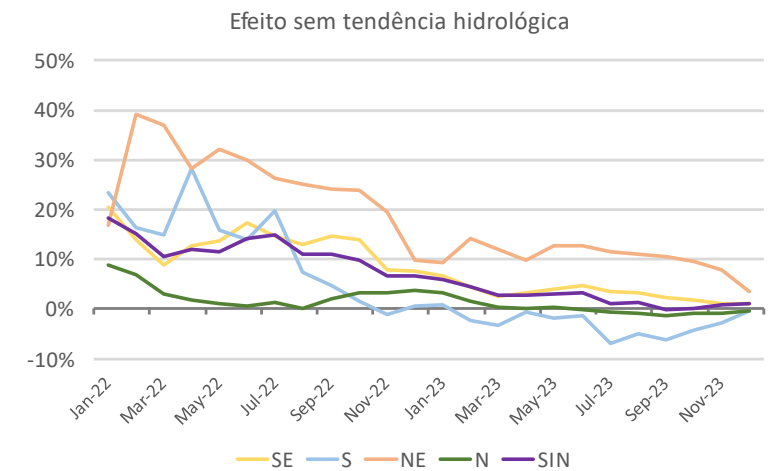
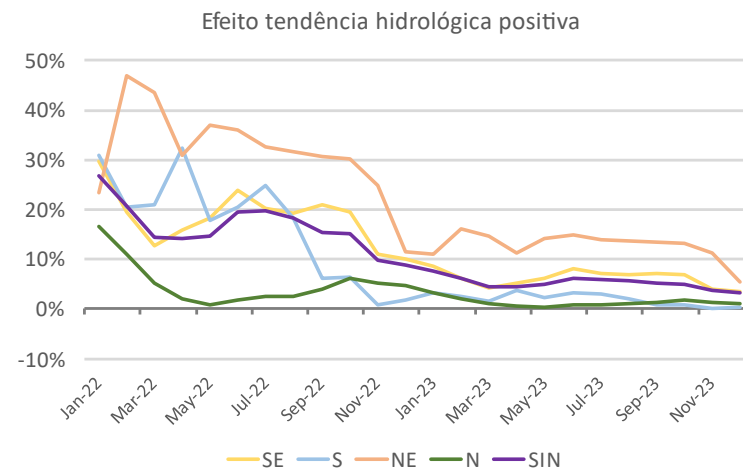
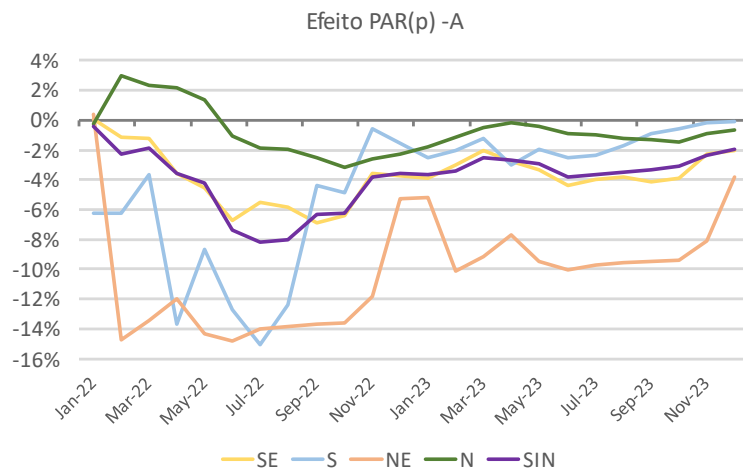
Gráficos comparativos - Médios



Caso P02 vs P01 - Anual

Caso P04 vs P02 - Anual

Caso P06 vs P02 - Anual



Caso P02 vs P01 - Mensal

Caso P04 vs P02 - Mensal

Caso P06 vs P02 - Mensal

# Custos Marginais da Operação (CMO)

## Descrição e principais resultados - Médios

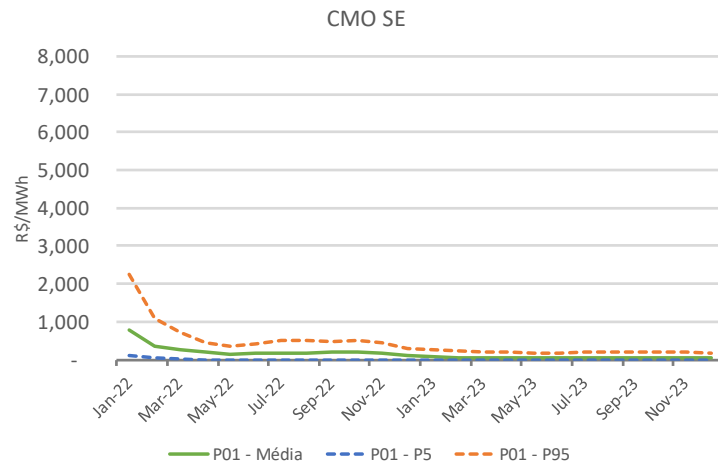
► A tabela abaixo resume os efeitos das mudanças das premissas nos CMOs projetados.

Caso	Projeção de vazões	VMinOp	CVaR	Tendência hidrológica	Reservatórios iniciais	Sobreoferta	Efeitos sobre projeções do CMO médio
P01 – Caso Referência	PAR(p)	Atual	50/35	2020	2020	Atual	-
P02 – Novos parâmetros (exceto CVaR)	PAR(p)-A	Proposto	50/35	2020	2020	Atual	Aumento dos CMO anuais médios entre 94-109%, 75-78%, 60-63% e 41-49% no 1º, 2º, 3º e 4º anos, respectivamente. Aumentos semelhantes para SE/S e NE/N. Maiores diferenças no período seco.
P03 – Novos parâmetros	PAR(p)-A	Proposto	50/50	2020	2020	Atual	Elevação entre 15-18% nas medias anuais nos primeiros anos. E 30-33% no ultimo ano. Elevações mais intensas no período seco, atingindo até 55% mais alto em agosto 2025.
P04 - Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/35	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	A melhora da tendência hidrológica reduz cerca de 85% dos CMO anuais no 1º ano, ~70%, ~45% e 25% nos demais anos.
P05 - Novos parâmetros com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/50	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	Com CVaR 50/50, o efeito nos 2 primeiros anos são semelhantes. No entanto, no 3º e 4º ano, a redução é menor, ~33% nos dois anos.
P06 - Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor	PAR(p)-A	Proposto	50/35	Sem	2020	7%	A redução da sobreoferta eleva os CMOs anuais entre 205% e 335% no horizonte analisado, com aumento maior no 2º ano.

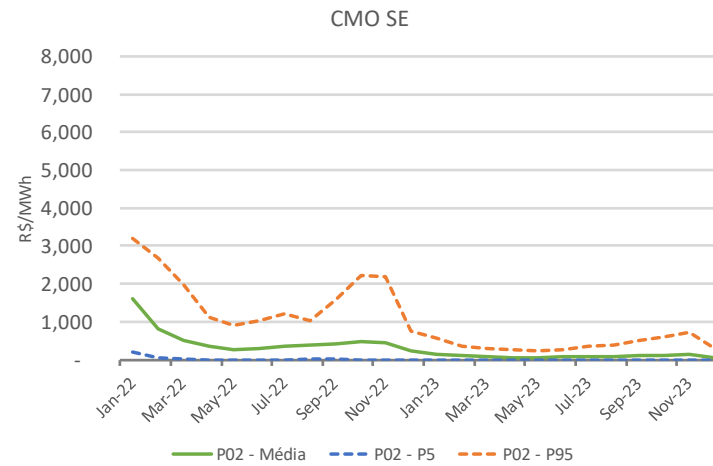


# Custos Marginais da Operação (CMO)

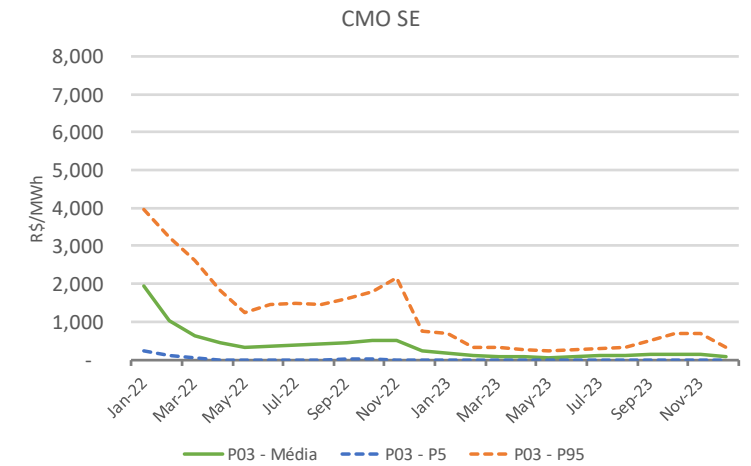
Gráficos do CMO-SE - Médias e percentis



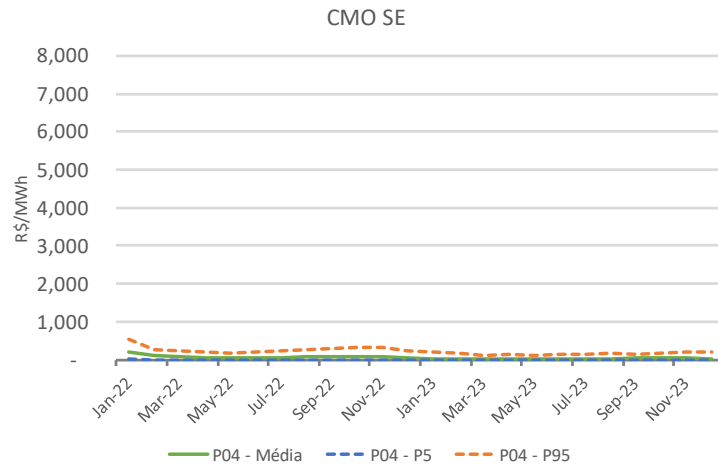
Caso P01 - Referência



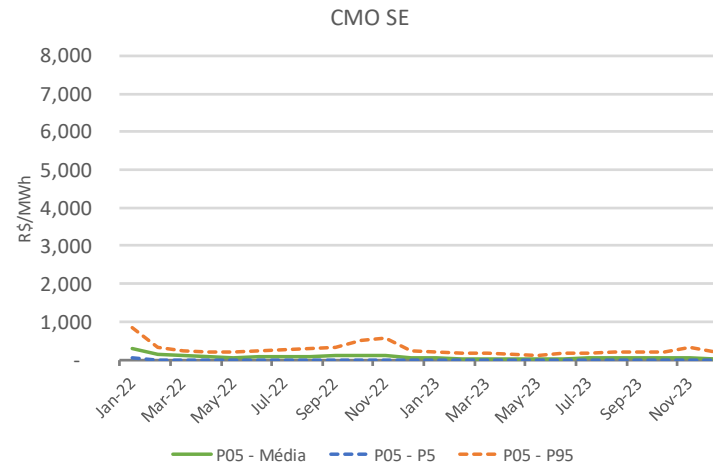
Caso P02 - Novos Parâmetros (exceto CVaR)



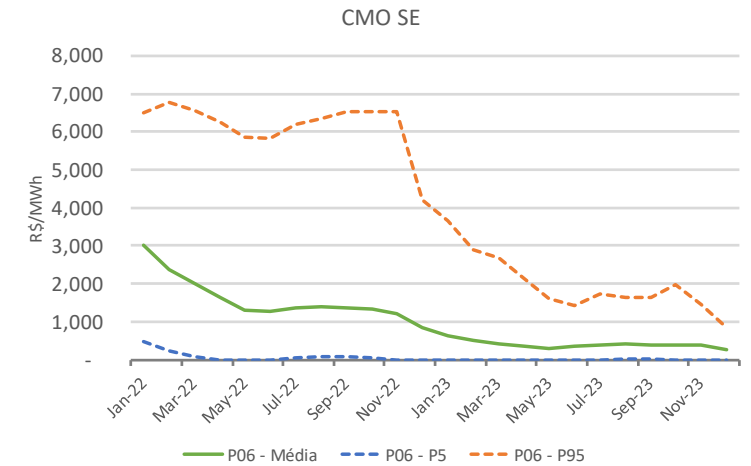
Caso P03 - Novos Parâmetros



Caso P04 - Novos Parâmetros (exceto CVaR) úmido



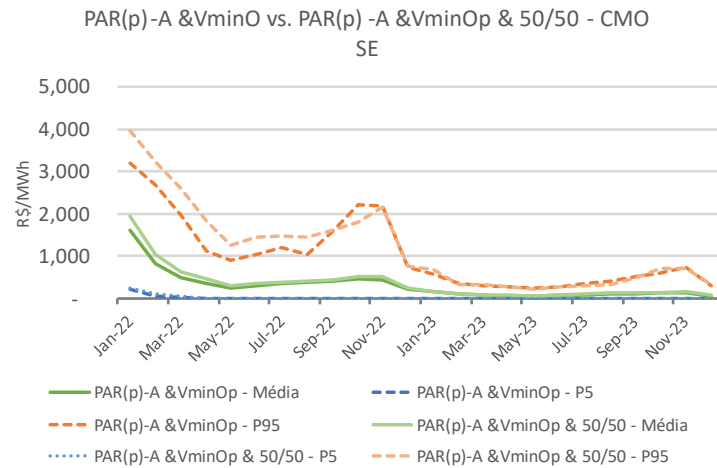
Caso P05 - Novos Parâmetros úmido



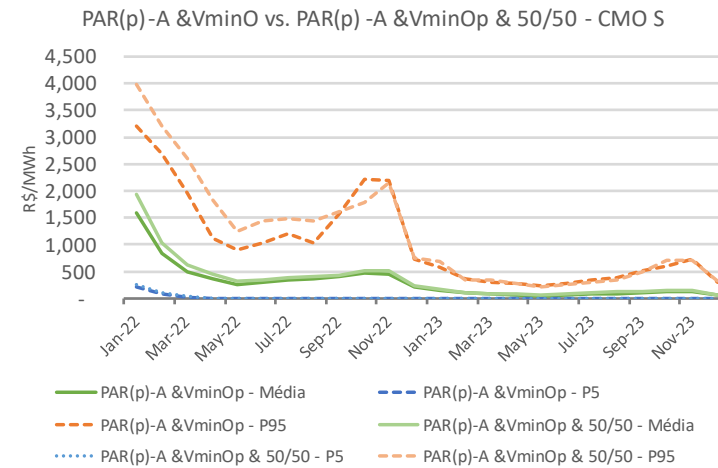
Caso P06 - Novos Parâmetros (exceto CVaR), sem tendência e sobreoferta reduzida

# Custos Marginais da Operação (CMO)

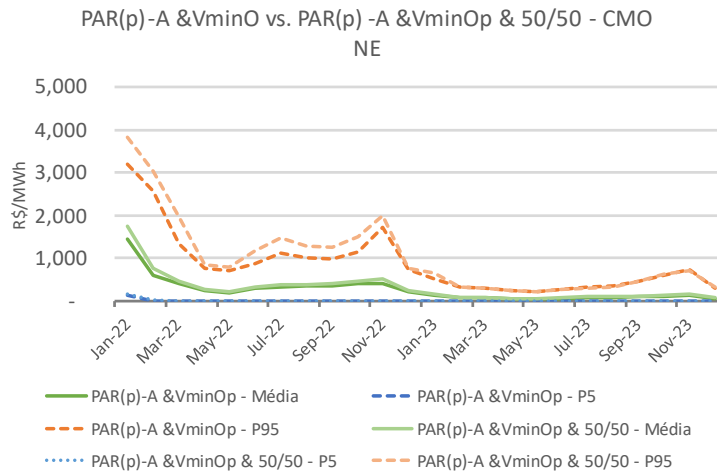
Gráficos comparativos PAR(p)-A & VminOp vs. PAR(p)-A & VminOp & 50/50 – Médias e percentis



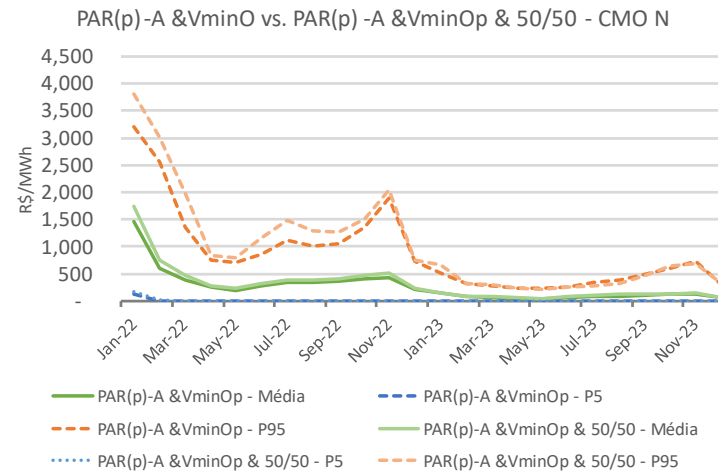
Caso P02 vs P03 – CMO SE



Caso P02 vs P03 – CMO S



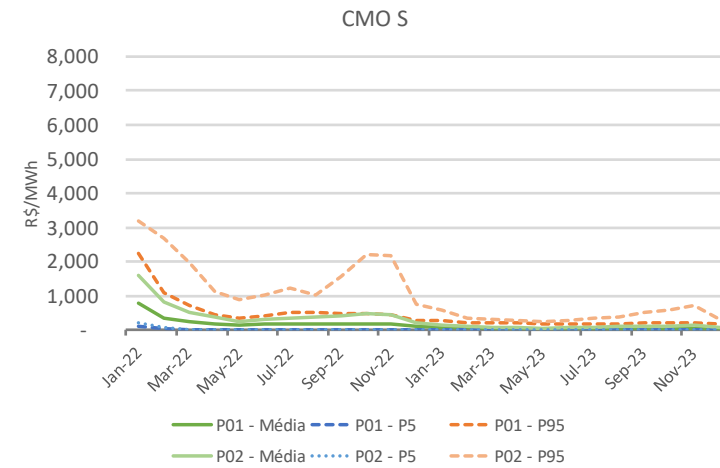
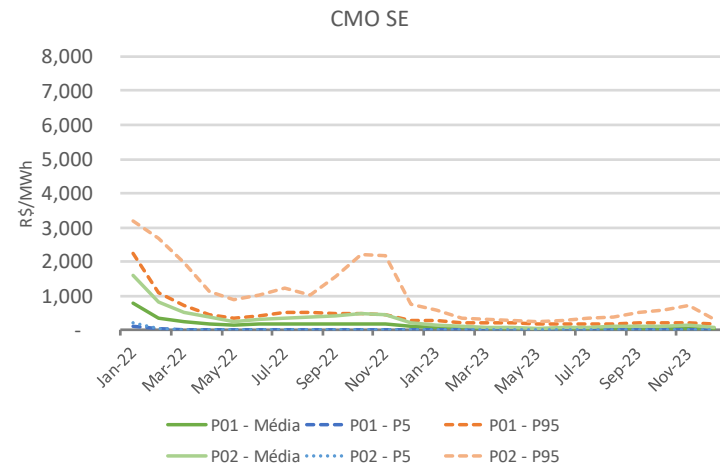
Caso P02 vs P03 – CMO NE



Caso P02 vs P03 – CMO N

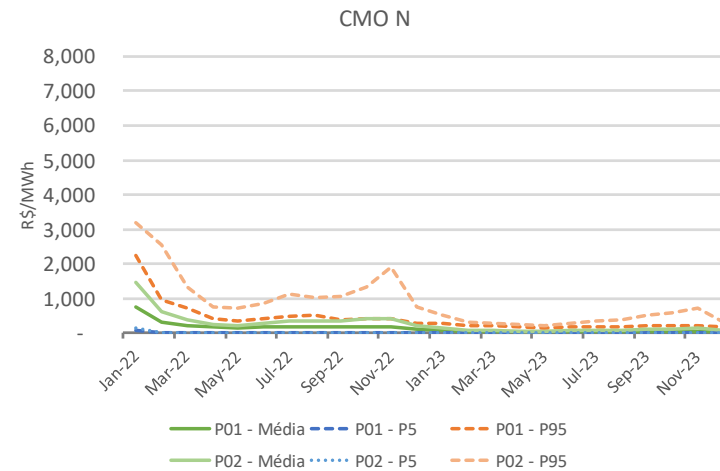
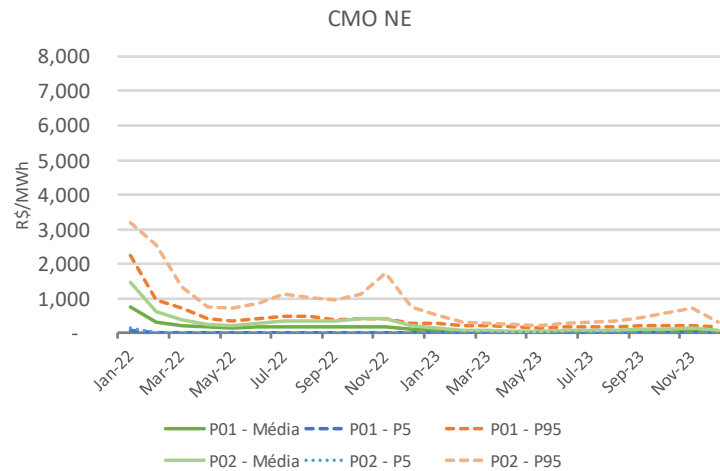
# Custos Marginais da Operação (CMO)

Gráficos comparativos Referência vs. PAR(p)-A & VminOp – Médias e percentis



Caso P01 vs P02 – CMO SE

Caso P01 vs P02 – CMO S



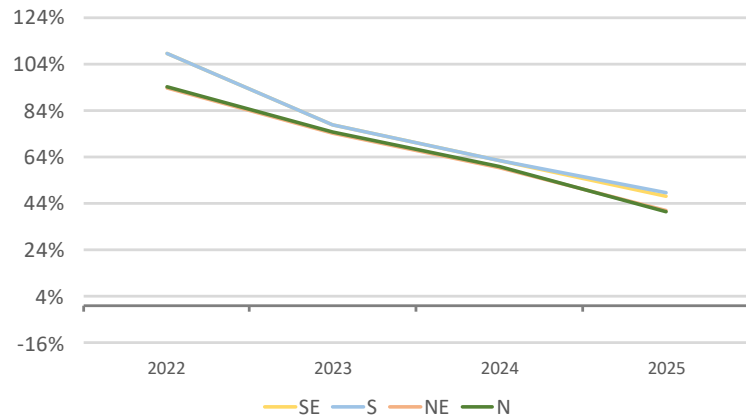
Caso P01 vs P02 – CMO NE

Caso P01 vs P02 – CMO N

# Custos Marginais da Operação (CMO)

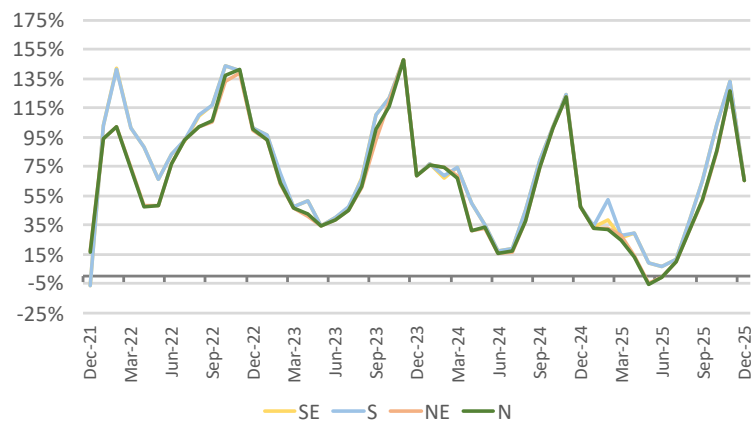
Gráficos comparativos - Médios

Efeito PAR(p)-A e VminOp



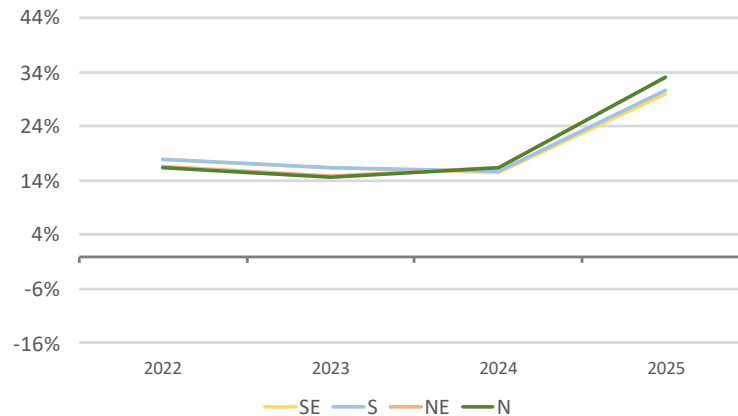
Caso P02 vs P01 - Anual

Efeito PAR(p)-A e VminOp



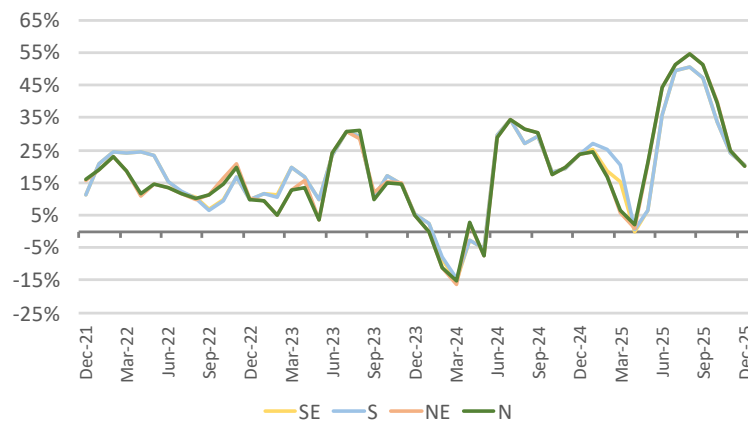
Caso P02 vs P01 - Mensal

Efeito CVaR 50/50



Caso P03 vs P02 - Anual

Efeito CVaR 50/50

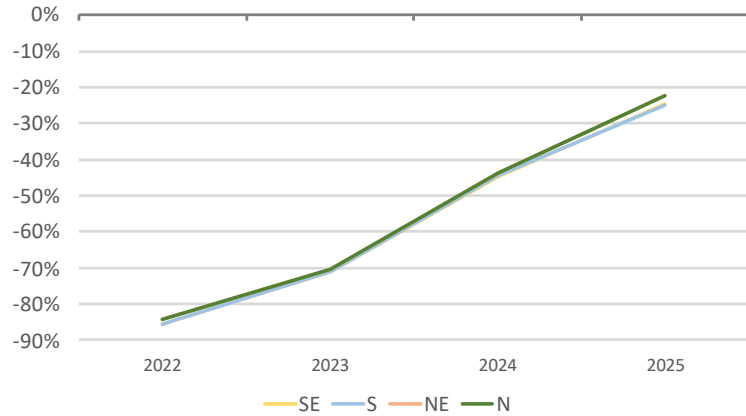


Caso P03 vs P02 - Mensal

# Custos Marginais da Operação (CMO)

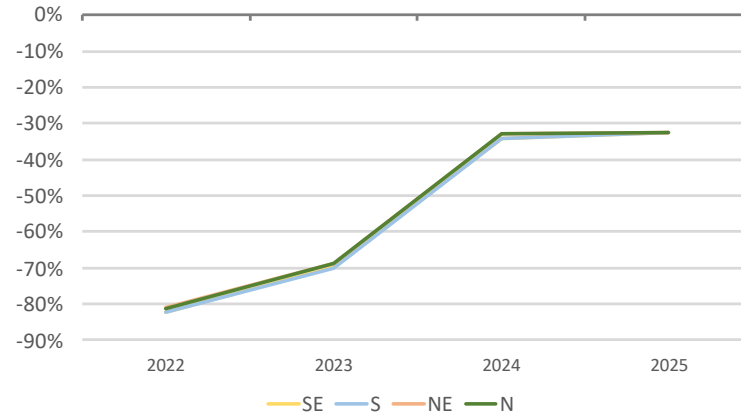
Gráficos comparativos - Médios

Efeito tendência hidrológica úmida (50/35)



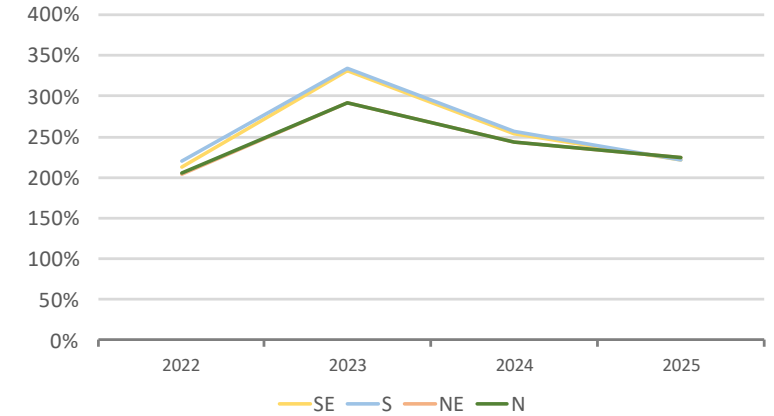
Caso P04 vs P02 - Anual

Efeito tendência hidrológica úmida (50/50)



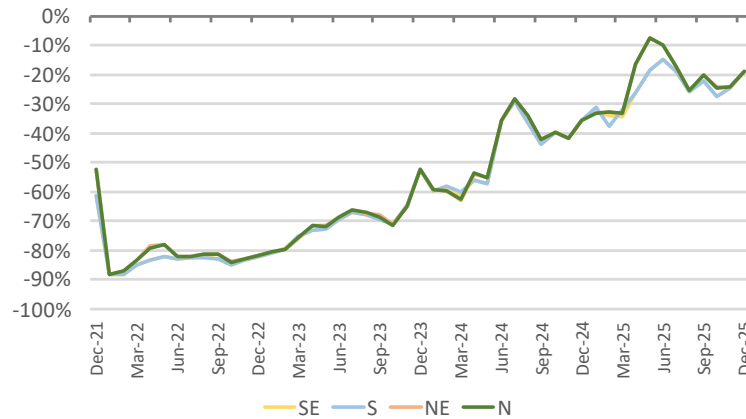
Caso P05 vs P03 - Anual

Efeito redução sobreoferta



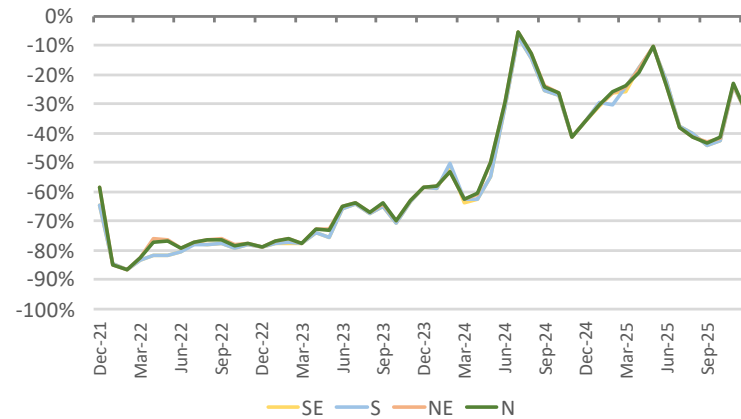
Caso P06 vs P02 - Anual

Efeito tendência hidrológica úmida (50/35)



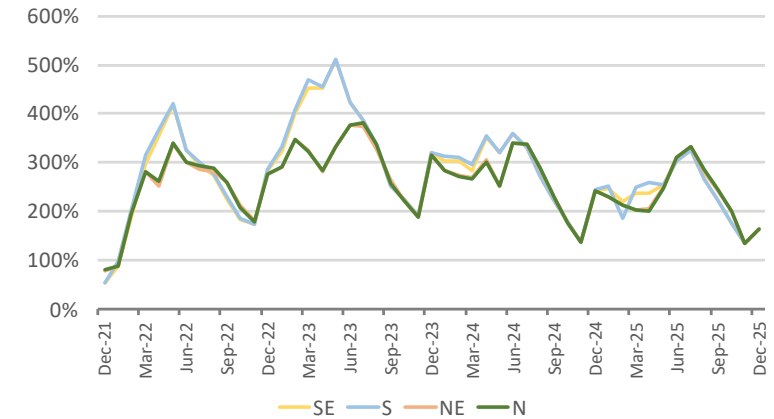
Caso P04 vs P02 - Mensal

Efeito tendência hidrológica úmida (50/50)



Caso P05 vs P03 - Mensal

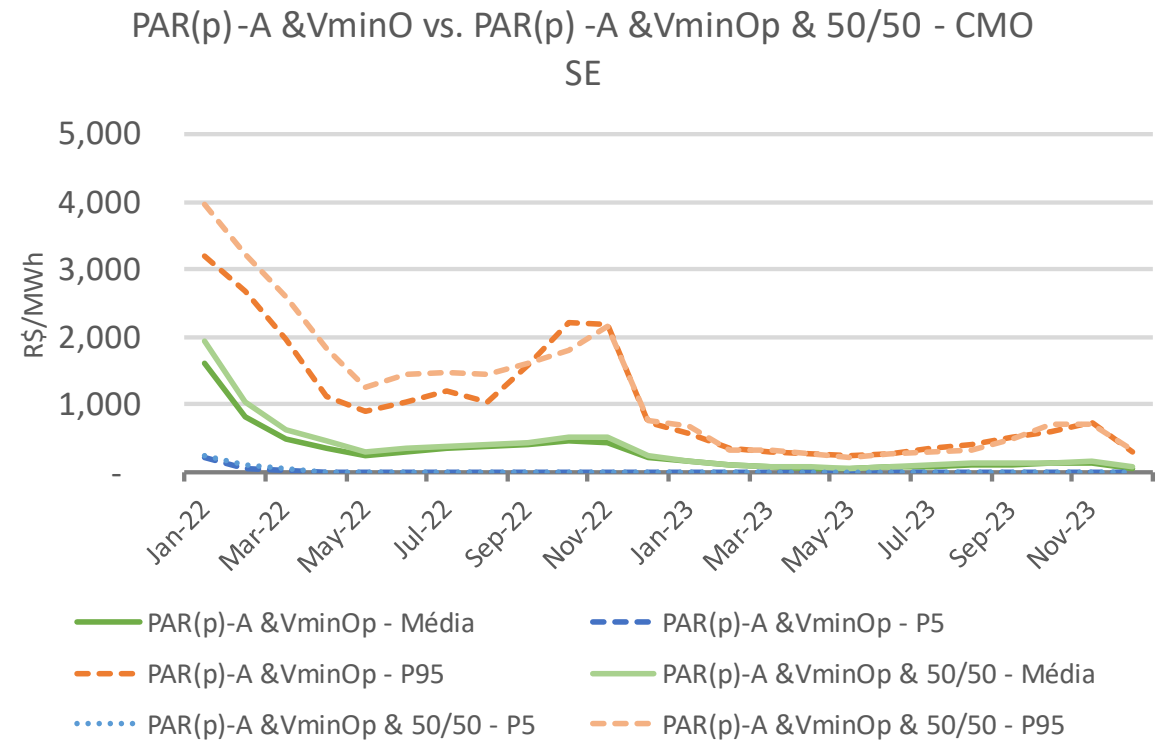
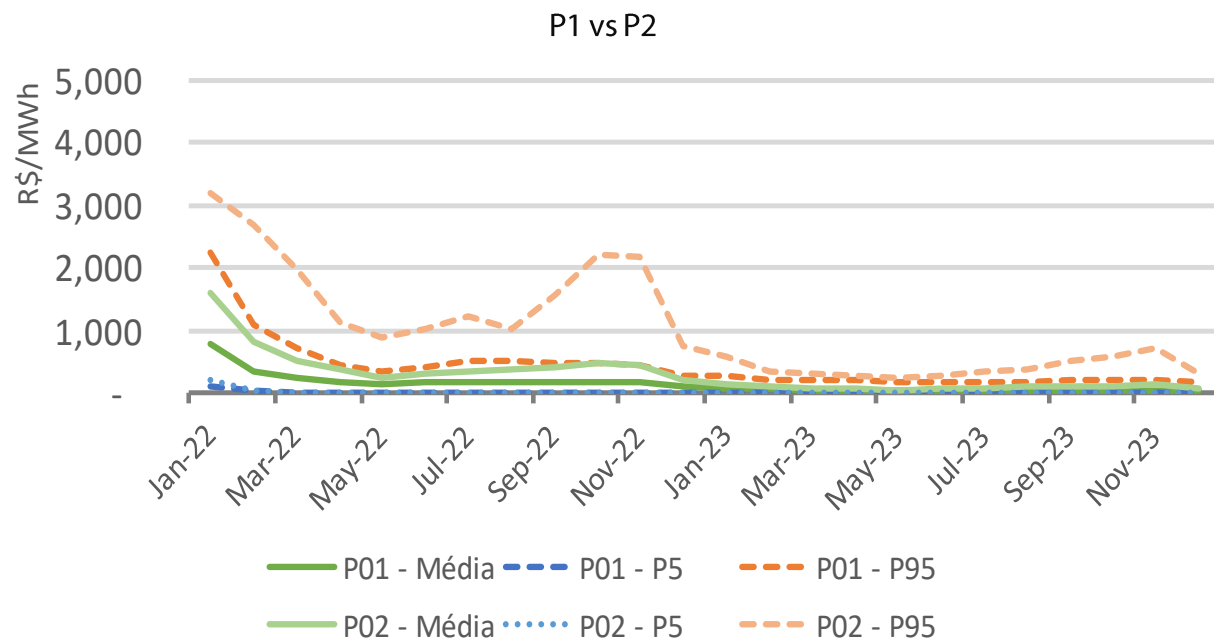
Efeito redução sobreoferta



Caso P06 vs P02 - Mensal

## Resumo: Comparação CMO dos casos P1 vs P2 e P2 vs P3

► A alteração do PAR(p)A e do VminOP já elevam o Custo Marginal nos primeiros meses. Em ambos os casos, como os volumes iniciais dos reservatórios são baixos, existe a violação dos volumes mínimos operativos no início do horizonte, refletindo em CMOs muito elevados tanto nas séries mais secas quanto na média.



# Energia Armazenada

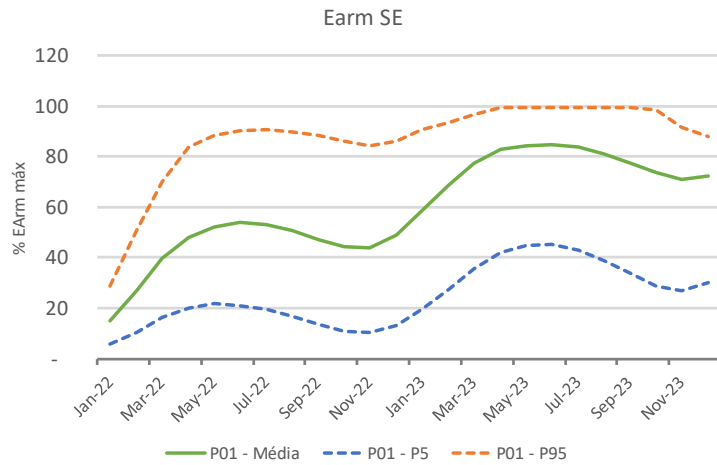
## Descrição e principais resultados - Médios

► A tabela abaixo resume os efeitos das mudanças das premissas na energia armazenada do sistema. As análises anuais foram feitas considerando os níveis de energia armazenada em novembro de cada ano.

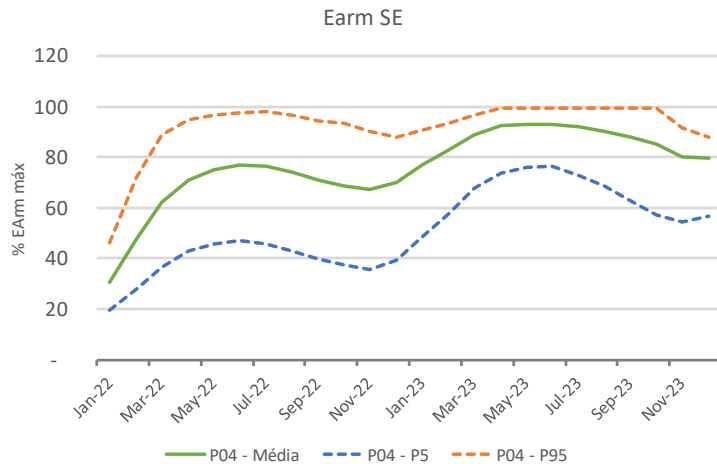
Caso	Projeção de vazões	VMinOp	CVaR	Tendência hidrológica	Reservatórios iniciais	Sobreoferta	Efeitos sobre projeções do Earm médias
P01 – Caso Referência	PAR(p)	Atual	50/35	2020	2020	Atual	-
P02 – Novos parâmetros (exceto CVaR)	PAR(p)-A	Proposto	50/35	2020	2020	Atual	No SIN, sem impacto no 1º ano e leve piora no restante do horizonte. No SE, leve melhora, principalmente no 1º ano. No Sul, piora, principalmente no 1º ano. No NE, houve uma piora maior no 2º e 4º anos. E no N, apesar de grande melhora no 2º e 4º anos, no 1º ano caiu cerca de 8 p.p..
P03 – Novos parâmetros	PAR(p)-A	Proposto	50/50	2020	2020	Atual	Aumentou os níveis anuais do SIN entre 1 e 1,7 p.p. Esta melhora foi acompanhada pelo SE e S. No NE houve piora no 3 dos 4 anos analisados (incluindo 1º). E N, piora nos dois últimos anos.
P04 - Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/35	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	Mantece reservatórios em níveis mais folgados.
P05 - Novos parâmetros com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/50	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	CVaR mais conservador não causou diferenças significativas no SIN e SE. Porém armazenou mais água nos demais submercados.
P06 - Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor	PAR(p)-A	Proposto	50/50	Sem	2020	7%	Redução da sobreoferta reduziu um pouco os armazenamentos ao longo dos anos.

# Energia Armazenada

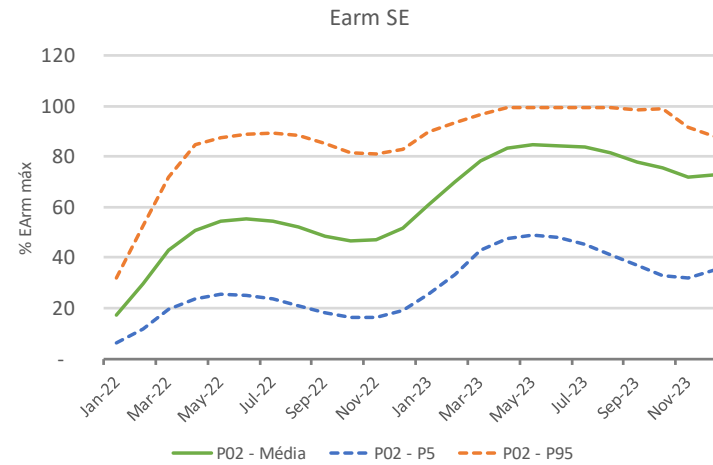
Gráficos da EArm-SE - Médias e percentis



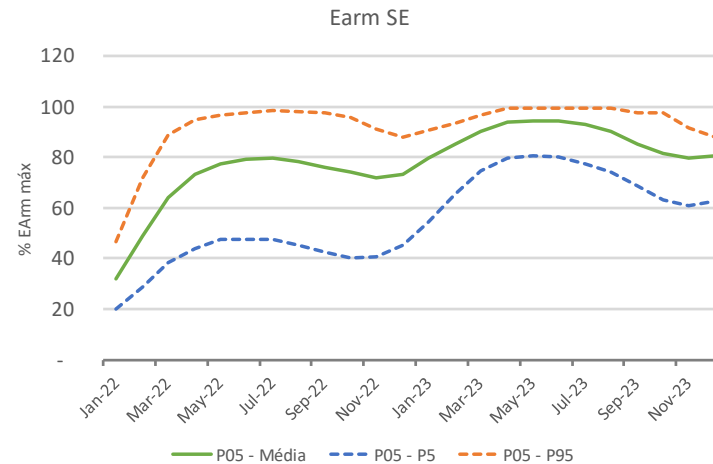
Caso P01 - Referência



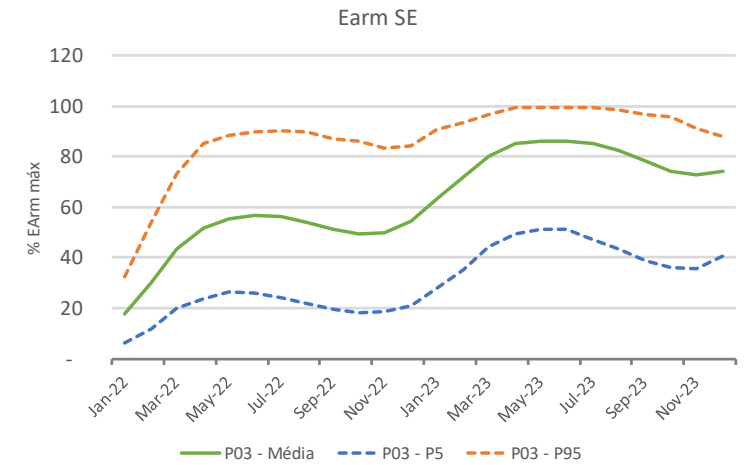
Caso P04 - Novos Parâmetros (exceto CVaR) úmido



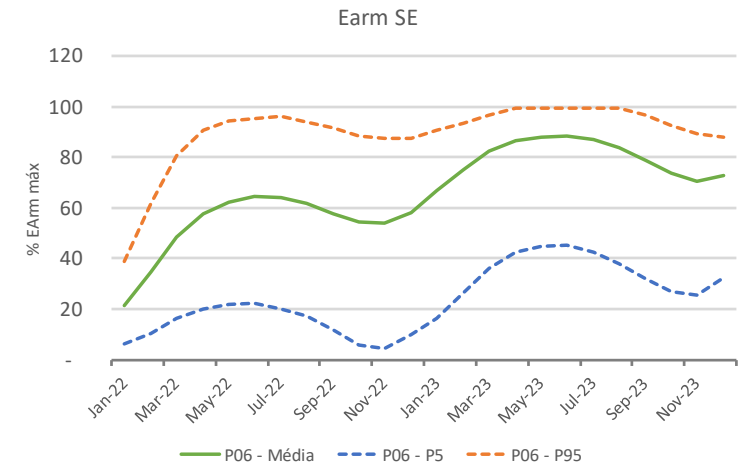
Caso P02 - Novos Parâmetros (exceto CVaR)



Caso P05 - Novos Parâmetros úmido



Caso P03 - Novos Parâmetros

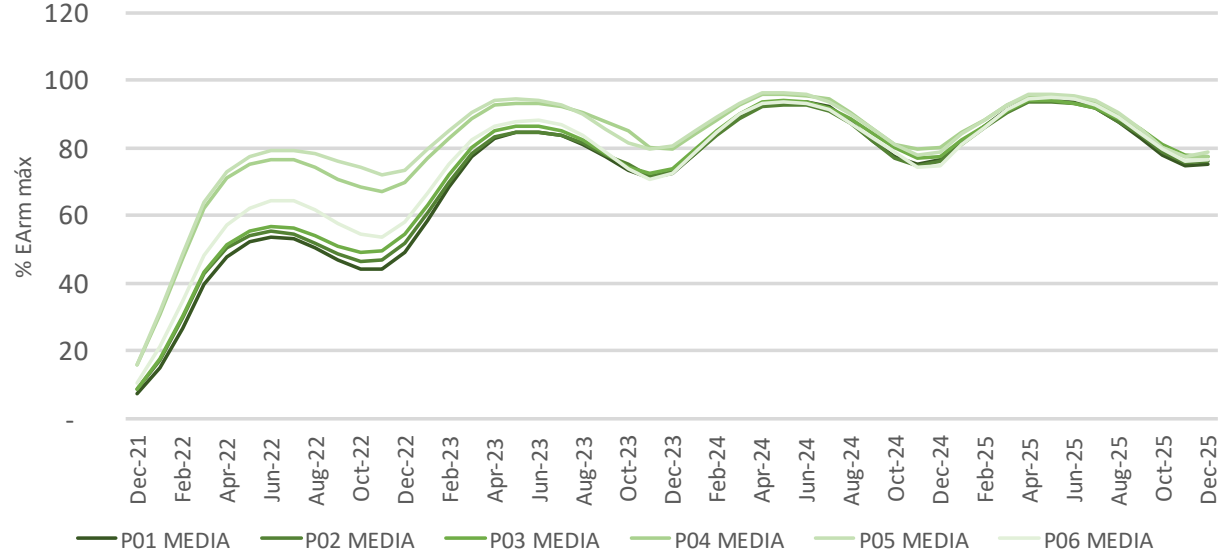


Caso P06 - Novos Parâmetros (exceto CVaR), sem tendência e sobreoferta reduzida

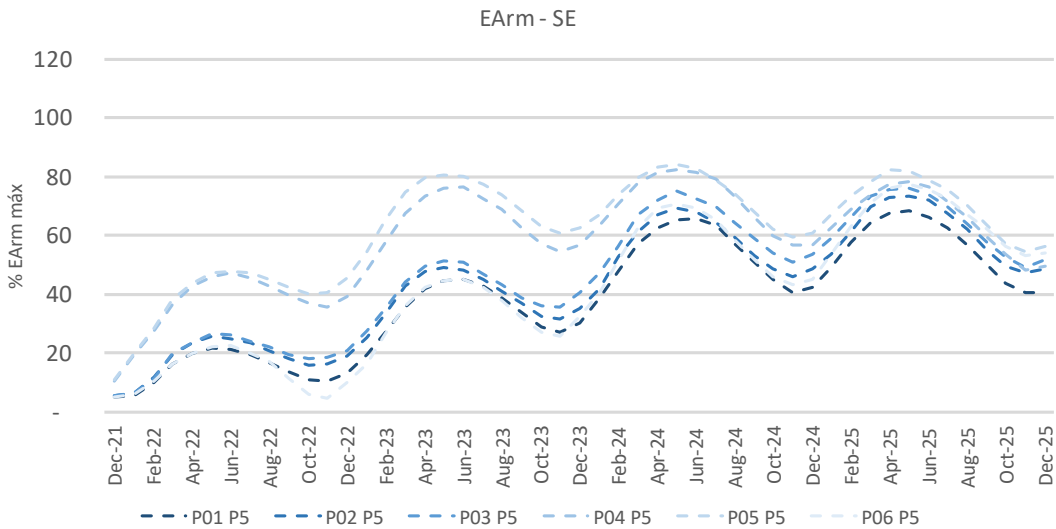


# Energia Armazenada

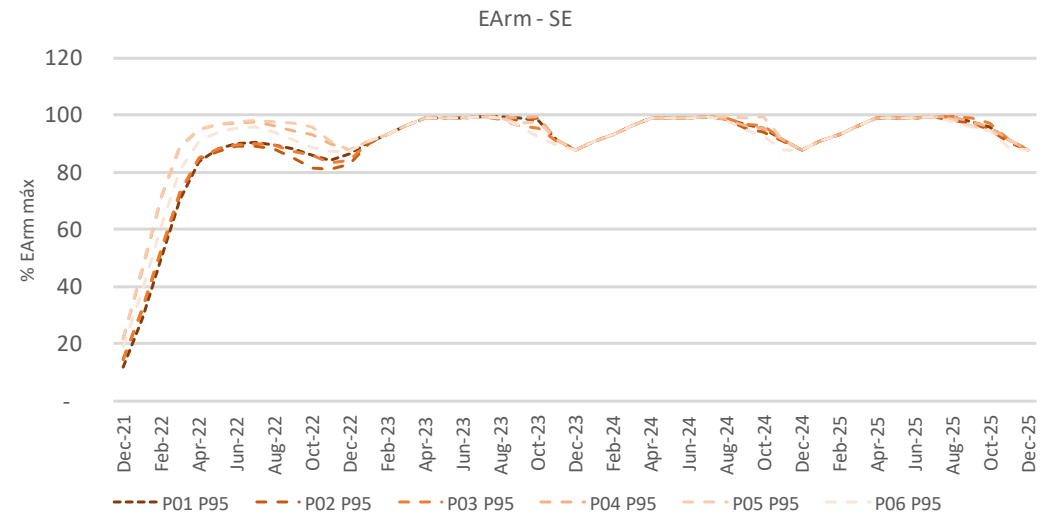
Gráficos da EArm-SE - Médias e percentis



EArm SE Média – Todos os casos



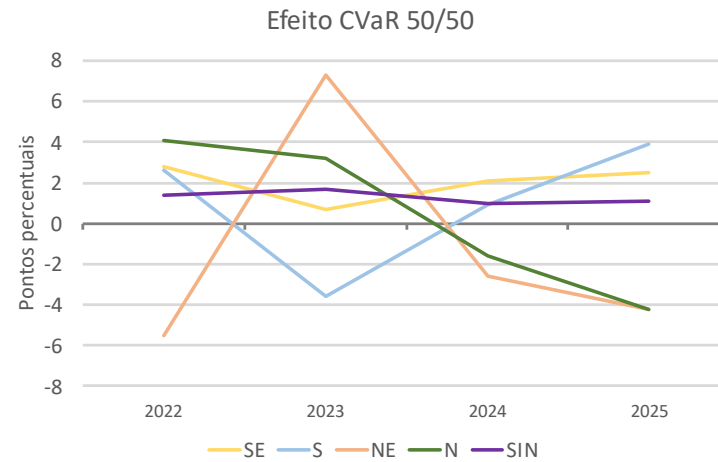
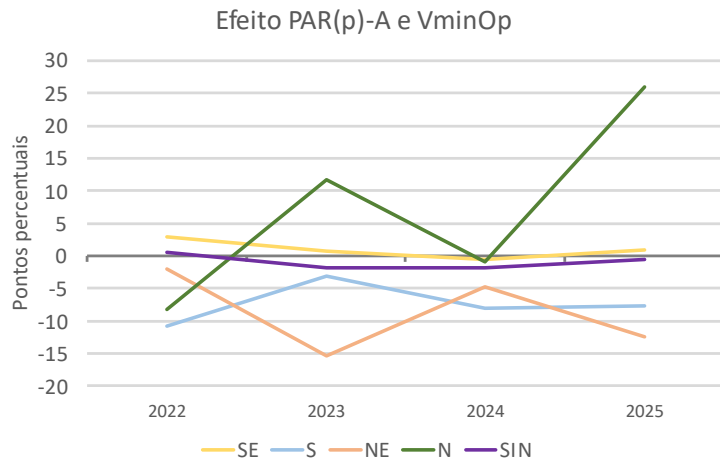
EArm SE P5 – Todos os casos



EArm SE P95 – Todos os casos

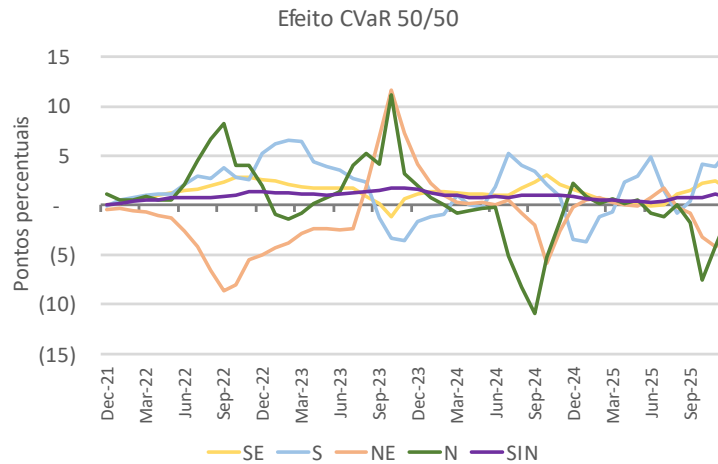
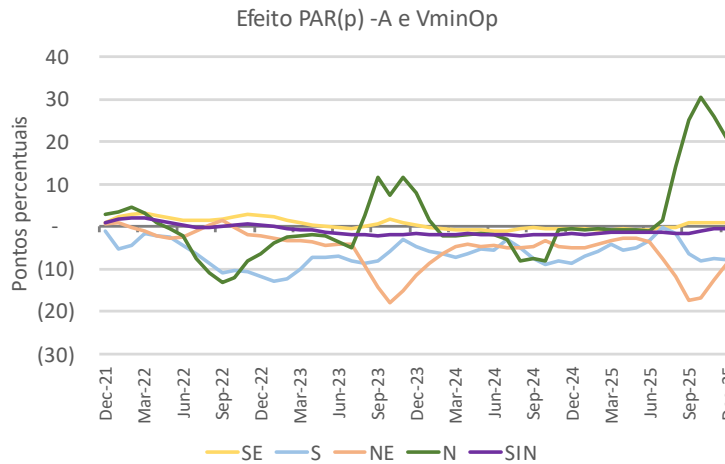
# Energia Armazenada

## Gráficos comparativos - Médios



Caso P02 vs P01 - Anual

Caso P03 vs P02 - Anual

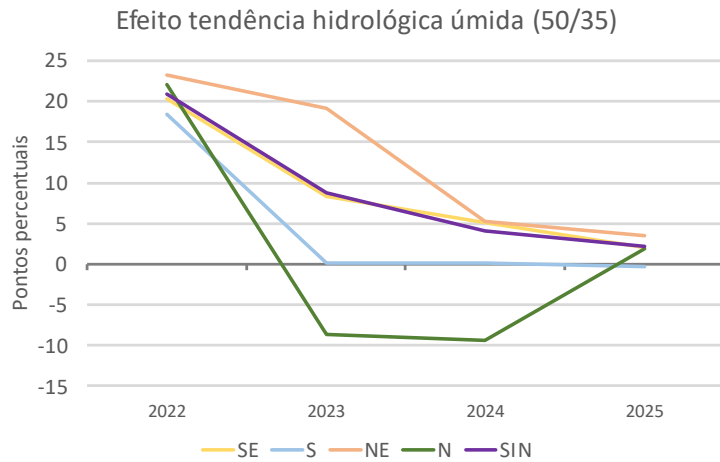


Caso P02 vs P01 - Mensal

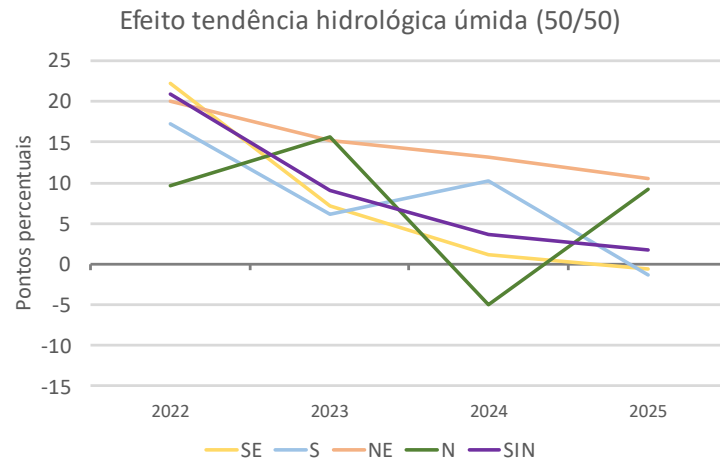
Caso P03 vs P02 - Mensal

# Energia Armazenada

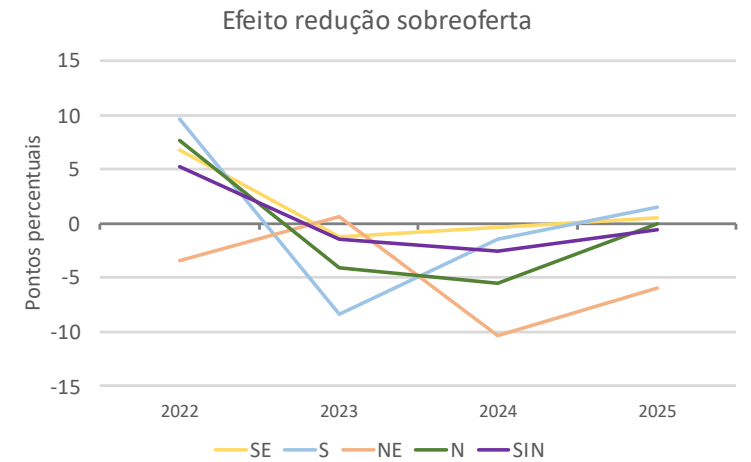
## Gráficos comparativos - Médios



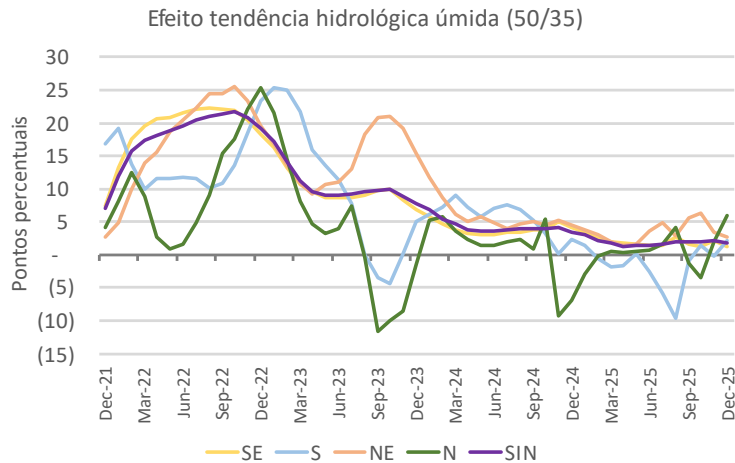
Caso P04 vs P02 - Anual



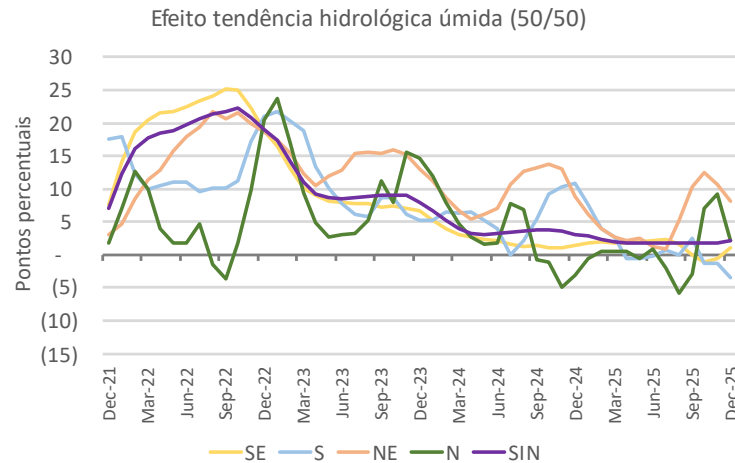
Caso P05 vs P03 - Anual



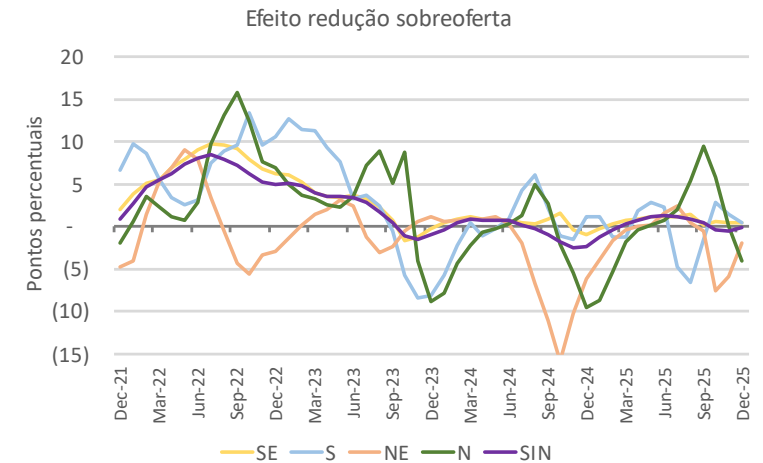
Caso P06 vs P02 - Anual



Caso P04 vs P02 - Mensal



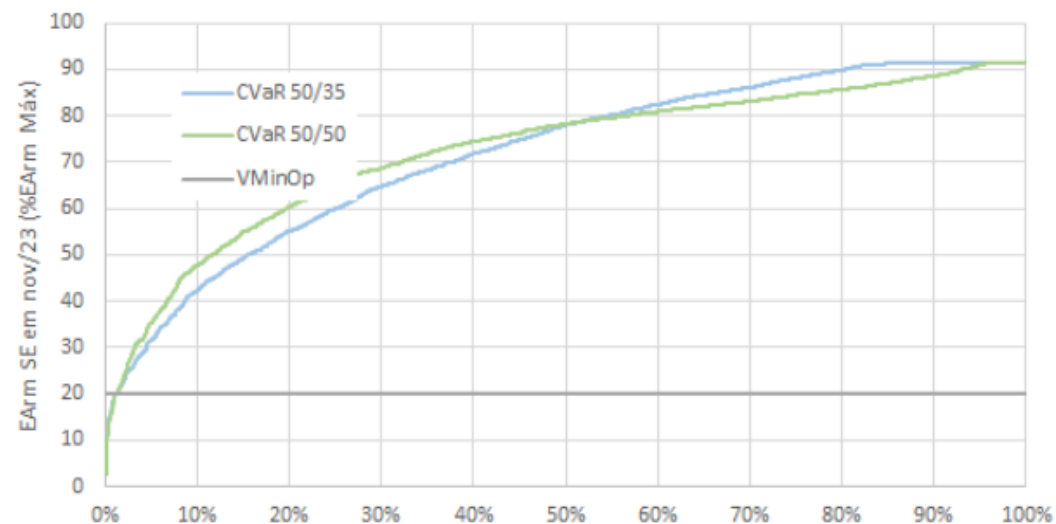
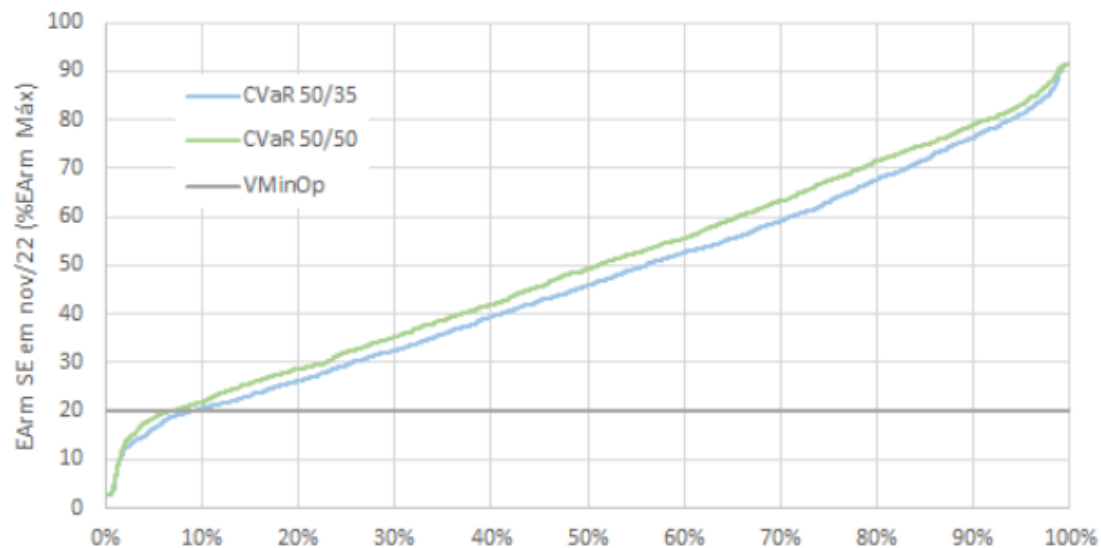
Caso P05 vs P03 - Mensal



Caso P06 vs P02 - Mensal

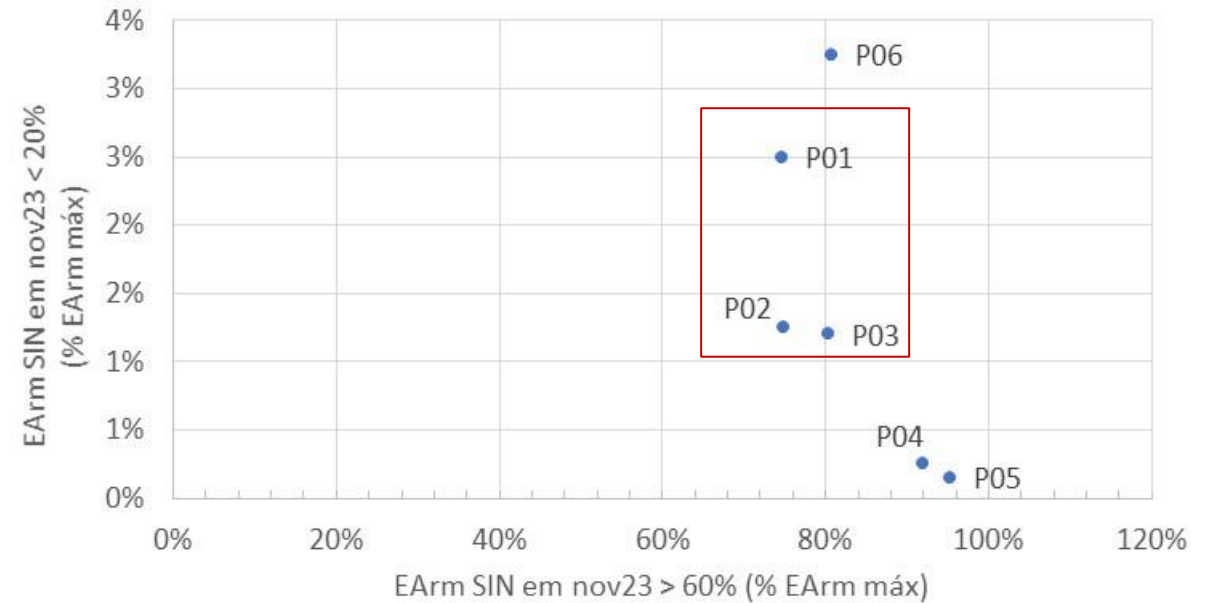
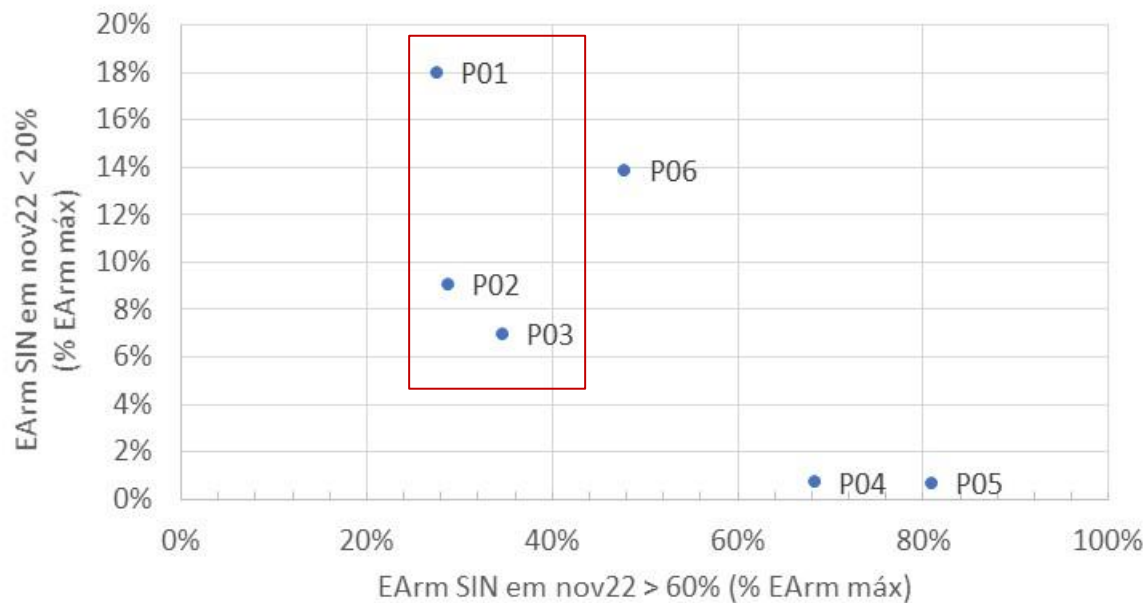
## Resumo: Energia Armazenada em novembro de 2022 e 2023

- ▶ A probabilidade da Energia Armazenada da região SE/CO ficar acima do VminOP é maior que 90%, sendo que em 2023 é maior que 98% das séries.
  - ▶ CVaR 50/35 -> 91% acima da meta
  - ▶ CVaR 50/50 -> 93% acima da meta
  - ▶ CVaR 50/35 -> 98,75% acima da meta
  - ▶ CVaR 50/50 -> 98,80% acima da meta



## Resumo: probabilidade de reservatórios baixos vs elevados

- ▶ A alteração dos parâmetros propostos (sem alterar o CVaR) reduziram a probabilidade de reservatórios abaixo de 20% em novembro, sem alterar muito a probabilidade de terminar acima de 60% para novembro de 2022. A alteração para CVaR (50, 50) apresentou ligeira redução na probabilidade de ficar abaixo de 20% e pequena elevação na probabilidade de ficar acima de 60%.
- ▶ Para novembro de 2023, o caso P2 reduziu a probabilidade (já baixa) de reservatórios abaixo de 20% em novembro, sem alterar a probabilidade acima de 60%. O CVaR (50, 50) aumentou um pouco a probabilidade de reservatórios acima de 60% sem alterar significativamente os valores < 20%.



# Energia Vertida

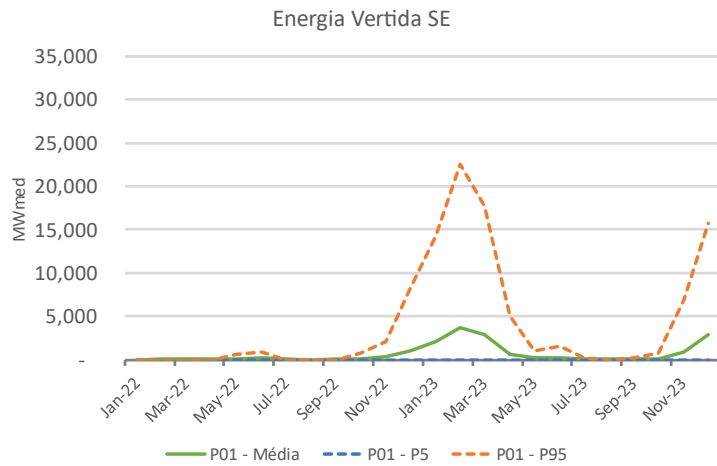
## Descrição e principais resultados - Médios

► A tabela abaixo resume os efeitos das mudanças das premissas na energia vertida.

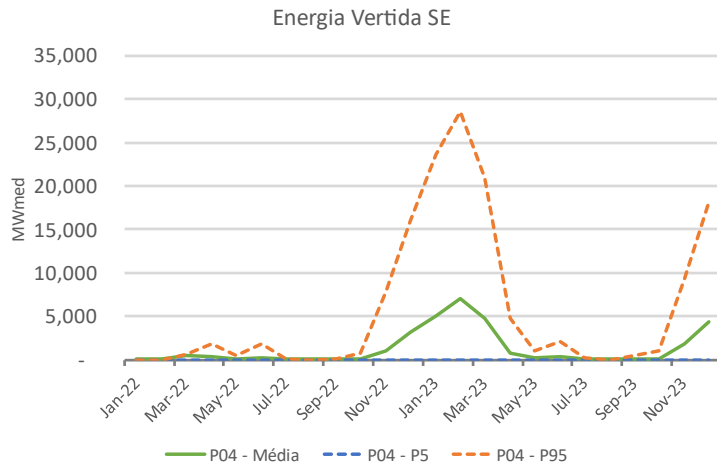
Caso	Projeção de vazões	VMinOp	CVaR	Tendência hidrológica	Reservatórios iniciais	Sobreoferta	Efeitos sobre vertimento médio
P01 – Caso Referência	PAR(p)	Atual	50/35	2020	2020	Atual	-
P02 – Novos parâmetros (exceto CVaR)	PAR(p)-A	Proposto	50/35	2020	2020	Atual	No geral, houve uma redução da energia vertida no Sistema, observada em todos submercados, com exceção do SE e do N no primeiro ano.
P03 – Novos parâmetros	PAR(p)-A	Proposto	50/50	2020	2020	Atual	Pequeno aumento do vertimento no Sistema, no primeiro ano, praticamente nulo.
P04 - Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/35	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	Com melhora da tendência hidrológica, o vertimento médio aumenta bastante nos primeiros anos.
P05 - Novos parâmetros com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/50	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	Assim como em uma hidrologia ruim, a alteração do CVaR com hidrologia boa não aumentou muito o vertimento total do Sistema.
P06 - Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor	PAR(p)-A	Proposto	50/50	Sem	2020	7%	A redução da sobreoferta reduz o vertimento no longo prazo, porém o efeito da tendência eleva levemente o vertimento no primeiro ano (264 MWmed).

# Energia Vertida

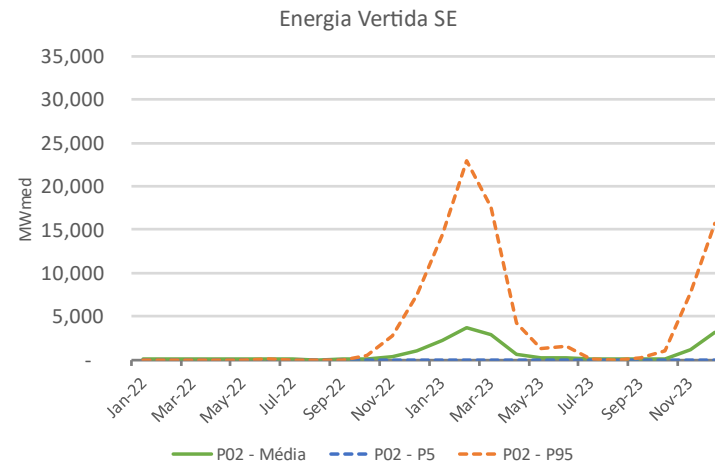
## Gráficos da Energia Vertida-SE - Médias e percentis



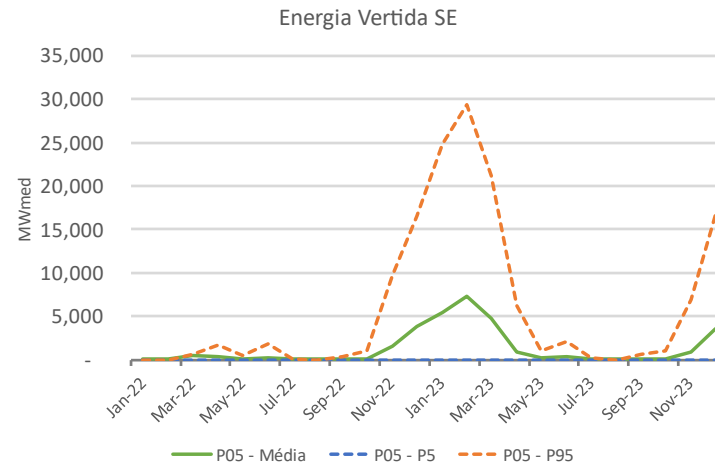
Caso P01 - Referência



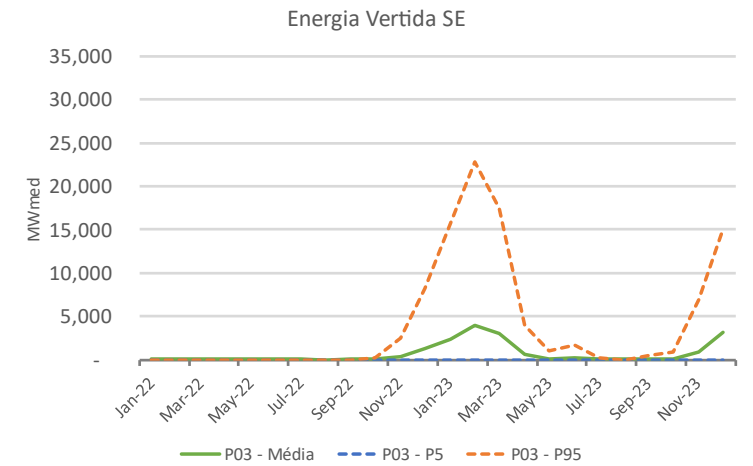
Caso P04 – Novos Parâmetros (exceto CVaR) úmido



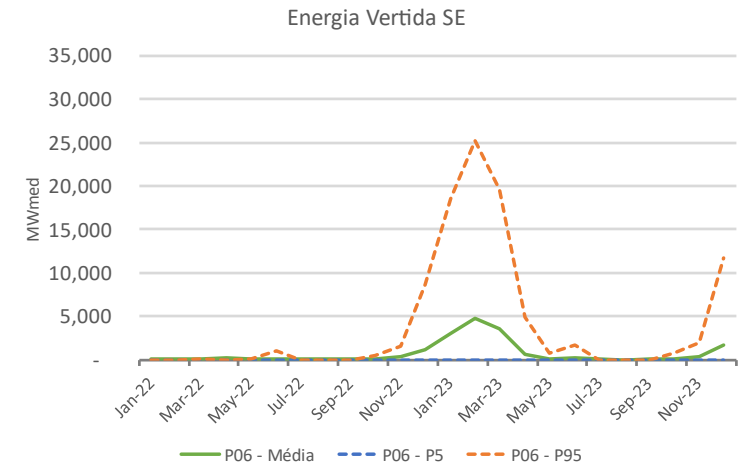
Caso P02 – Novos Parâmetros (exceto CVaR)



Caso P05 – Novos Parâmetros úmido



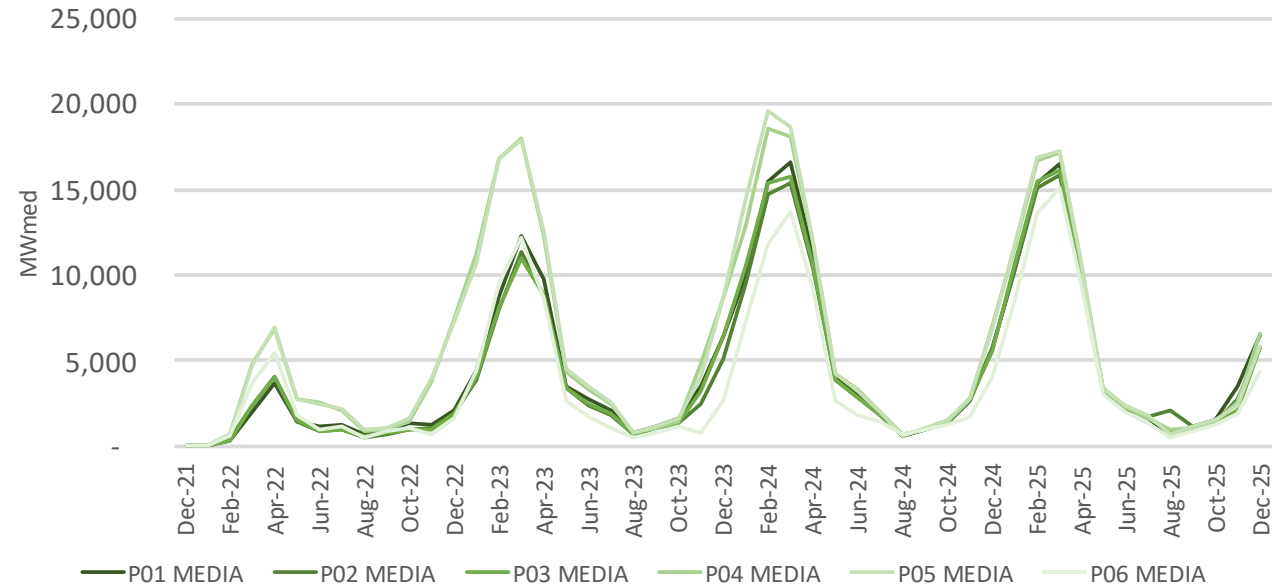
Caso P03 – Novos Parâmetros



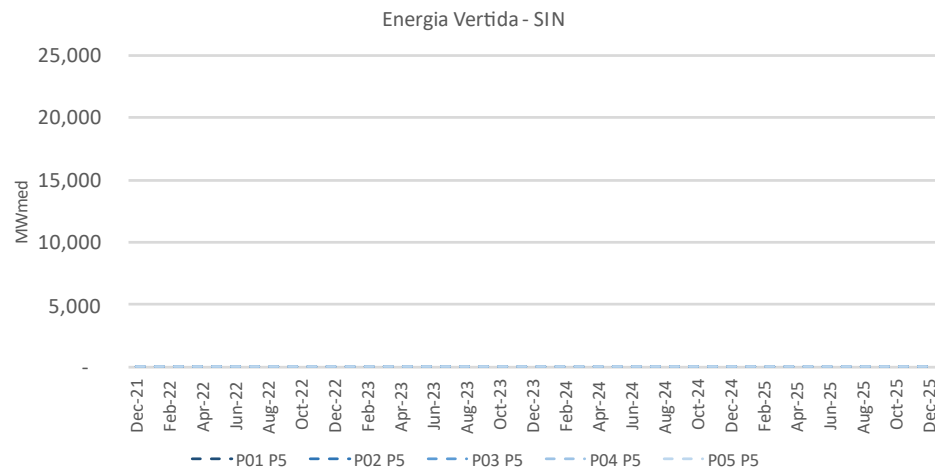
Caso P06 – Novos Parâmetros (exceto CVaR), sem tendência e sobreoferta reduzida

# Energia Vertida

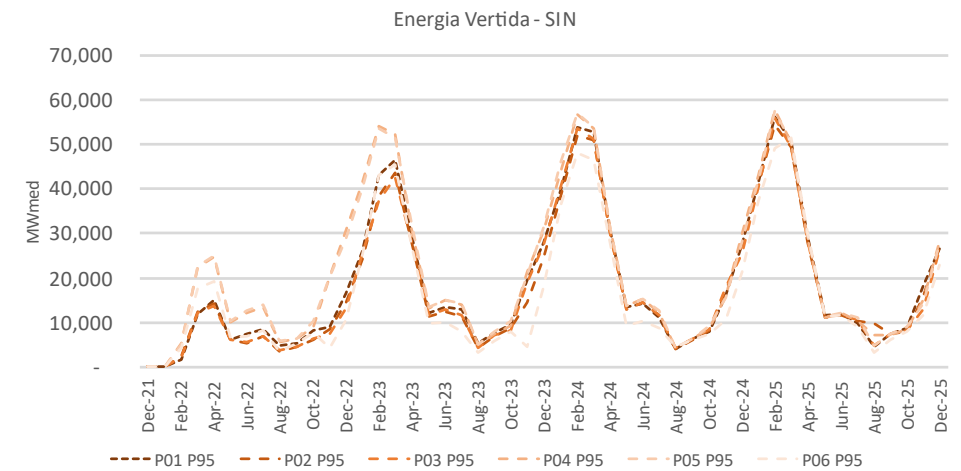
Gráficos da Energia Vertida total no SIN - Médias e percentis



Energia Vertida no SIN Média – Todos os casos



Energia Vertida no SIN P5 – Todos os casos

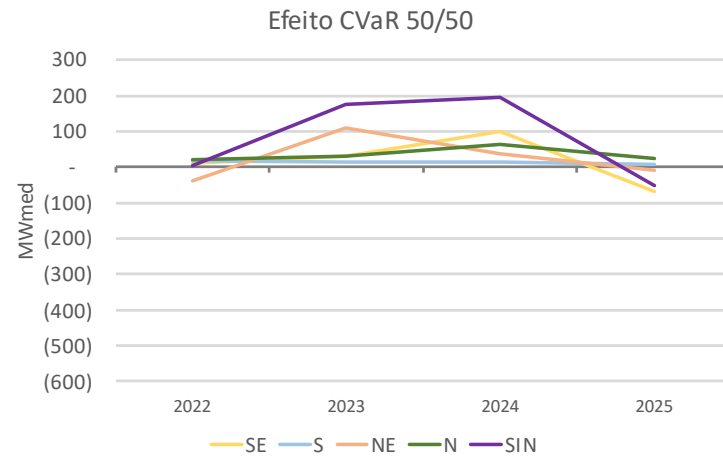
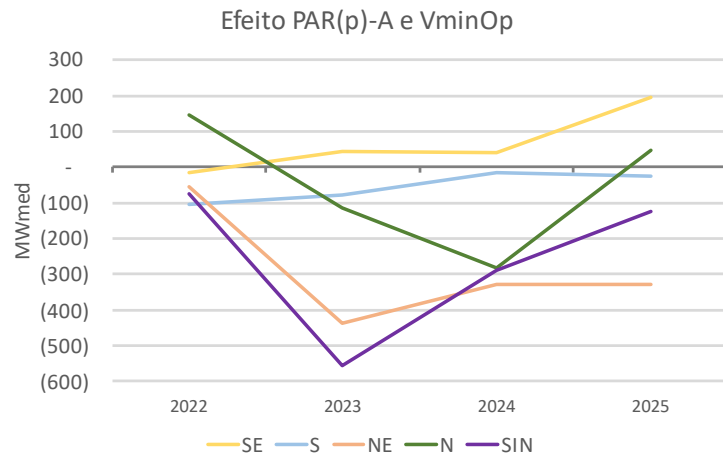


Energia Vertida no SIN P95 – Todos os casos



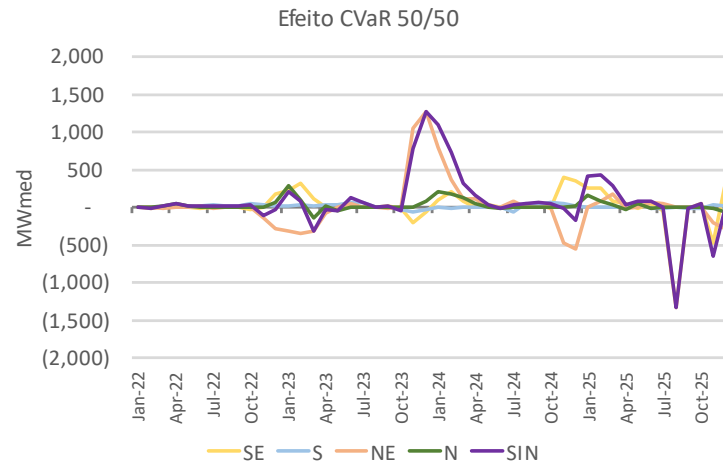
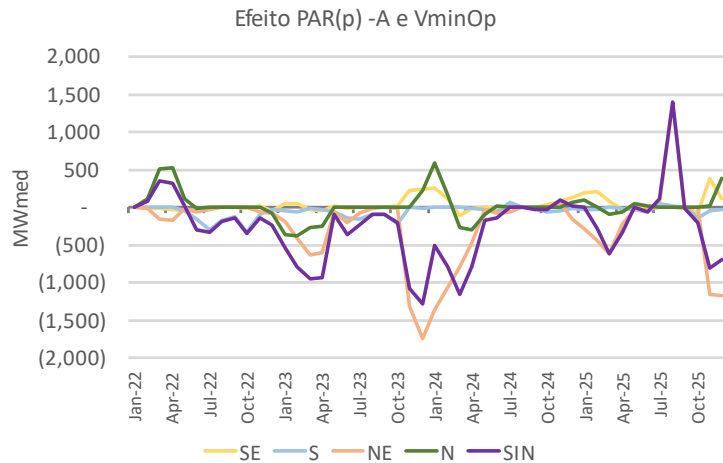
# Energia Vertida

## Gráficos comparativos - Médios



Caso P02 vs P01 - Anual

Caso P03 vs P02 - Anual

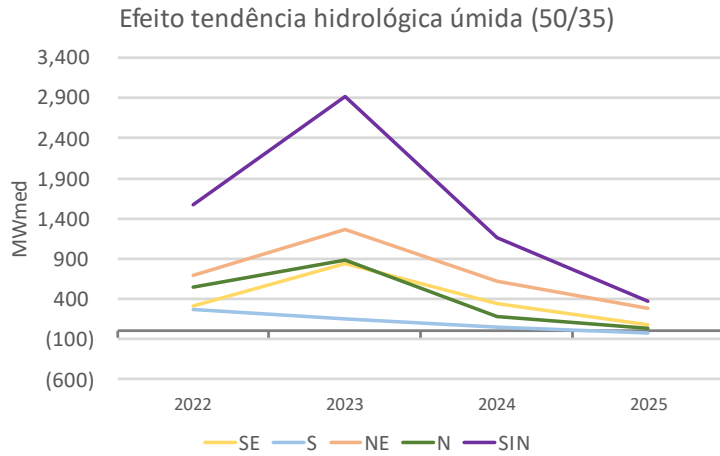


Caso P02 vs P01 - Mensal

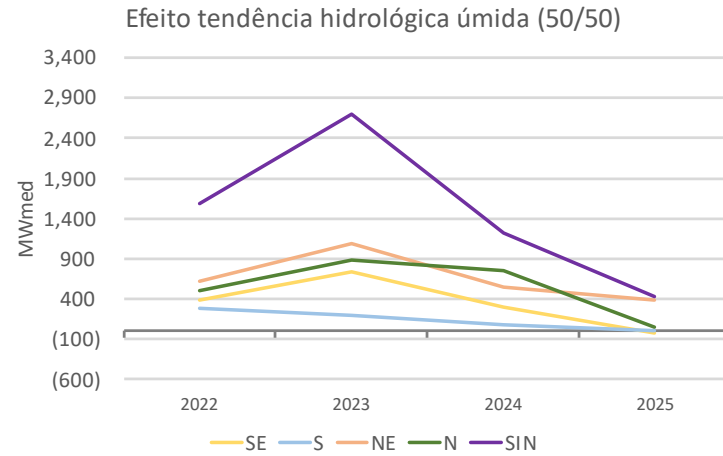
Caso P03 vs P02 - Mensal

# Energia Vertida

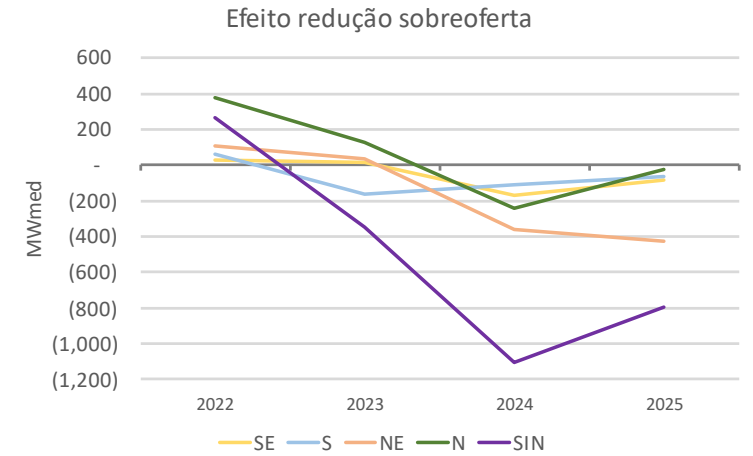
## Gráficos comparativos - Médios



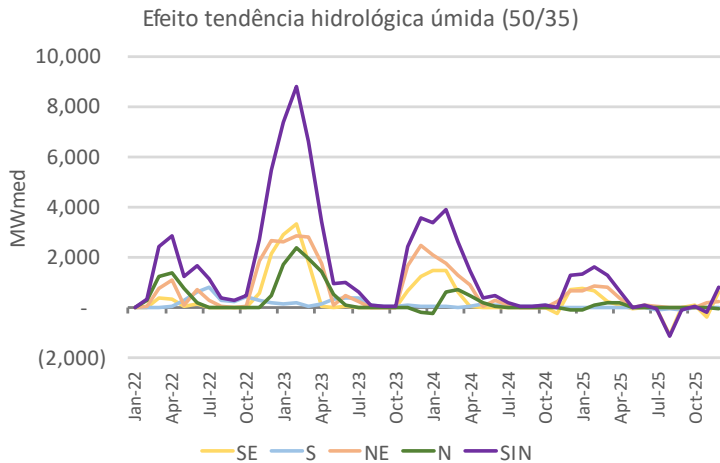
Caso P04 vs P02 - Anual



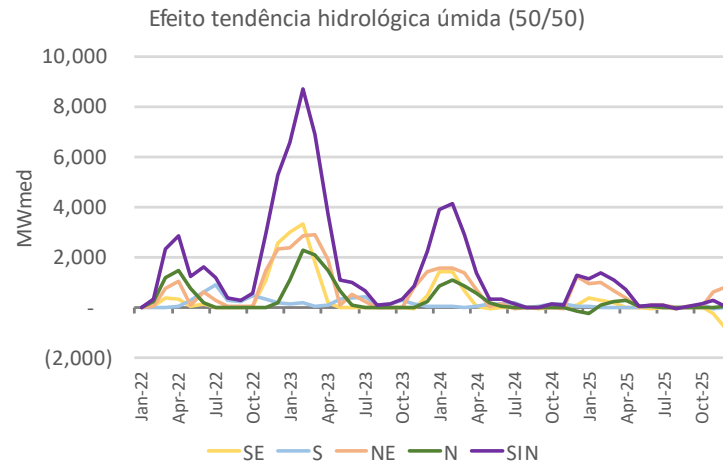
Caso P05 vs P03 - Anual



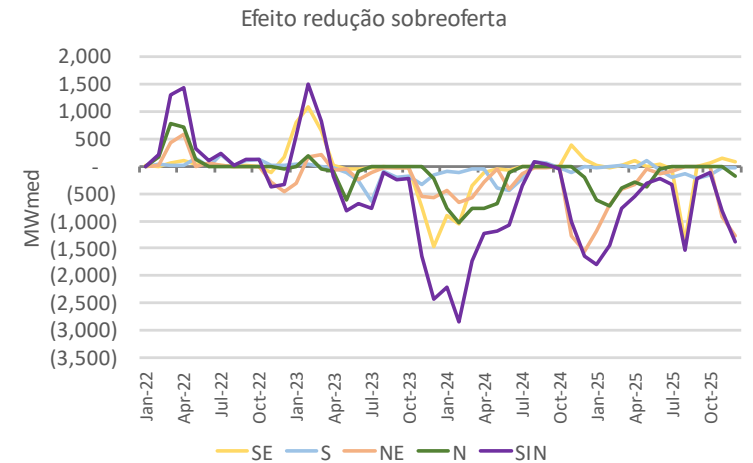
Caso P06 vs P02 - Anual



Caso P04 vs P02 - Mensal



Caso P05 vs P03 - Mensal



Caso P06 vs P02 - Mensal

# Custo operativo

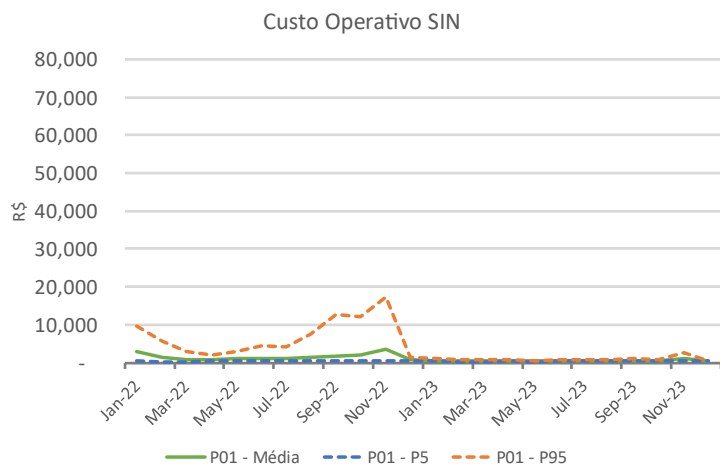
## Descrição e principais resultados - Médios

► A tabela abaixo resume os efeitos das mudanças das premissas no custo operativo.

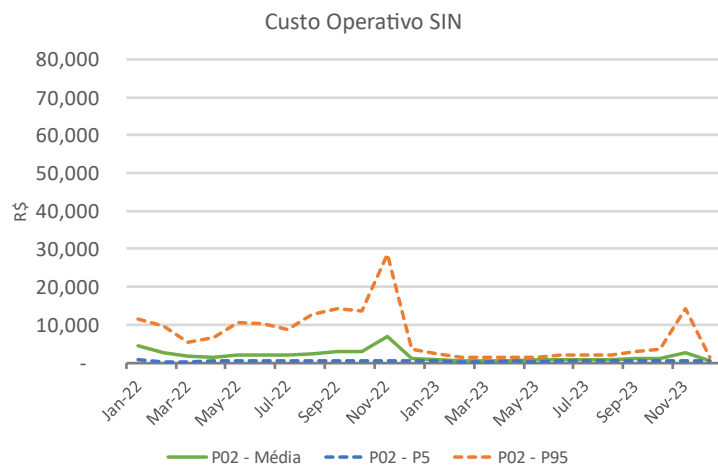
Caso	Projeção de vazões	VMinOp	CVaR	Tendência hidrológica	Reservatórios iniciais	Sobreoferta	Efeitos sobre custo operativo
P01 – Caso Referência	PAR(p)	Atual	50/35	2020	2020	Atual	-
P02 – Novos parâmetros (exceto CVaR)	PAR(p)-A	Proposto	50/35	2020	2020	Atual	Novos parâmetros aumentaram o custo operativo anual do Sistema em 70% nos dois primeiros anos e 52% e 37% nos últimos, respectivamente. Destaque para aumento acentuado nos custos de novembro de cada ano.
P03 – Novos parâmetros	PAR(p)-A	Proposto	50/50	2020	2020	Atual	O CVaR proposto aumento o custo anual entre 8-10% no horizonte analisado.
P04 - Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/35	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	A melhora da tendência hidrológica reduz significativamente os custos no 1º ano (~80%). Esta redução diminui aos poucos até o último ano (-15%).
P05 - Novos parâmetros com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/50	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	Com CVaR 50/50, a redução provocada pela hidrologia mais úmida é bem próxima da provocada com CVaR 50/35
P06 - Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor	PAR(p)-A	Proposto	50/50	Sem	2020	7%	A redução da sobreoferta aumenta consideravelmente os custos nos dois primeiros anos (<60%). Nos dois últimos, a diferença se reduz para <50%, pois a diferença entre a sobreoferta original diminui também.

# Custo Operativo

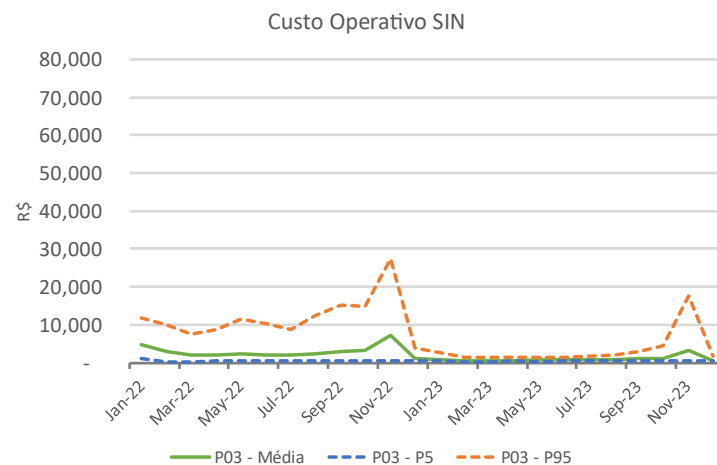
## Gráficos do Custo Operativo Total- Médias e percentis



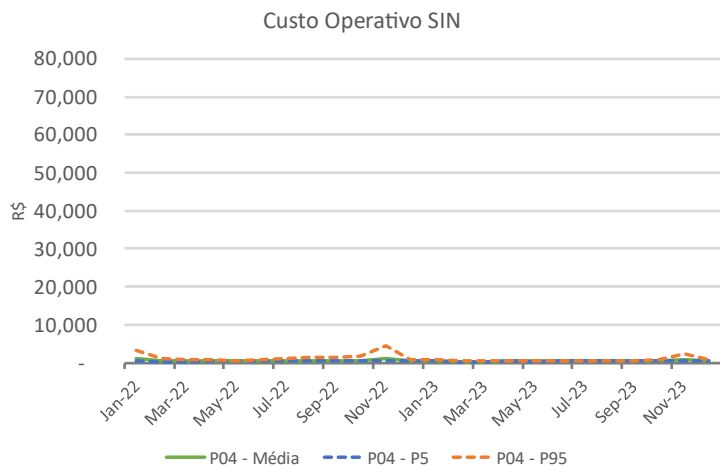
Caso P01 - Referência



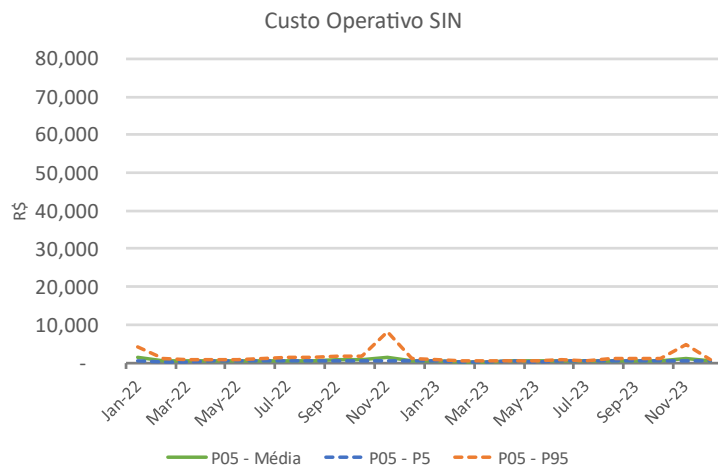
Caso P02 – Novos Parâmetros (exceto CVaR)



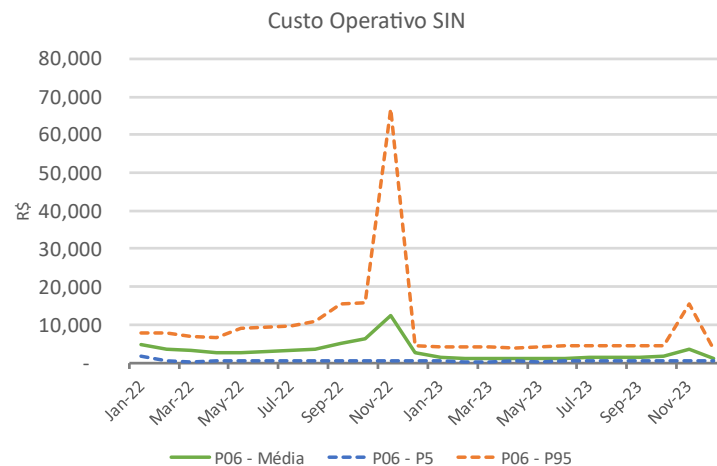
Caso P03 – Novos Parâmetros



Caso P04 – Novos Parâmetros (exceto CVaR) úmido



Caso P05 – Novos Parâmetros úmido

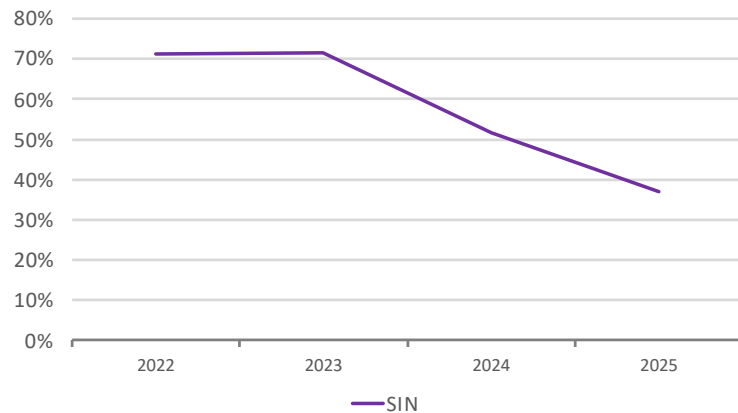


Caso P06 – Novos Parâmetros (exceto CVaR), sem tendência e sobreoferta reduzida

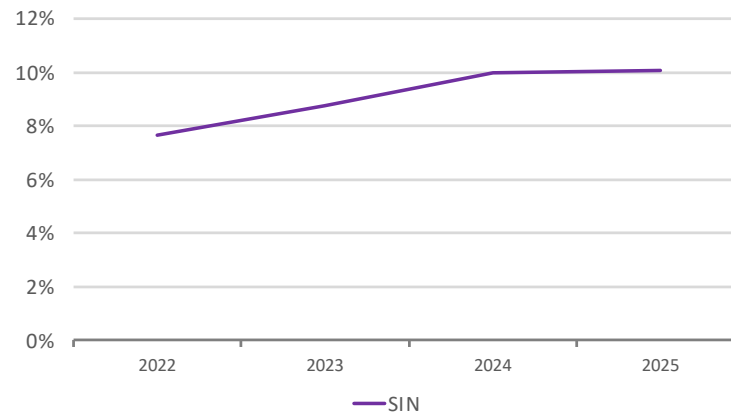
# Custo operativo

## Gráficos comparativos - Médios

Efeito PAR(p)-A e VminOp

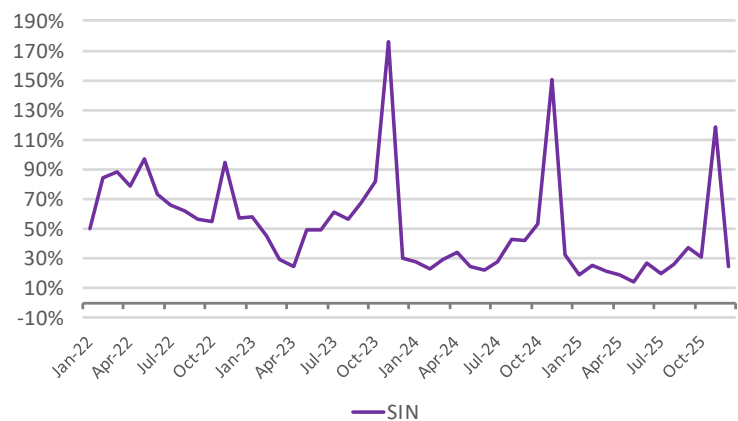


Efeito CVaR 50/50



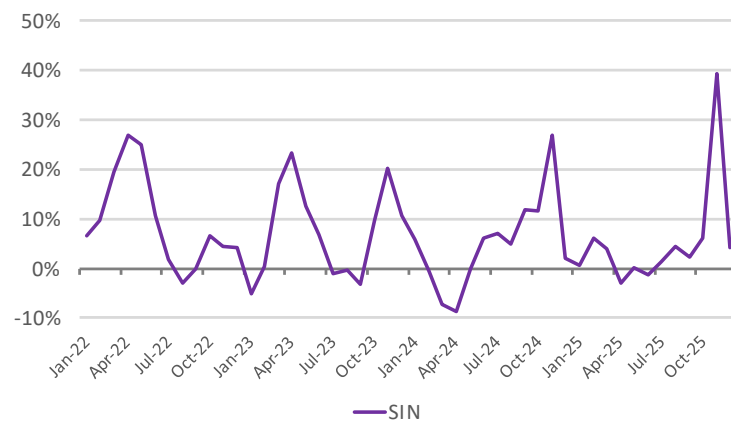
Caso P02 vs P01 - Anual

Efeito PAR(p) -A e VminOp



Caso P03 vs P02 - Anual

Efeito CVaR 50/50



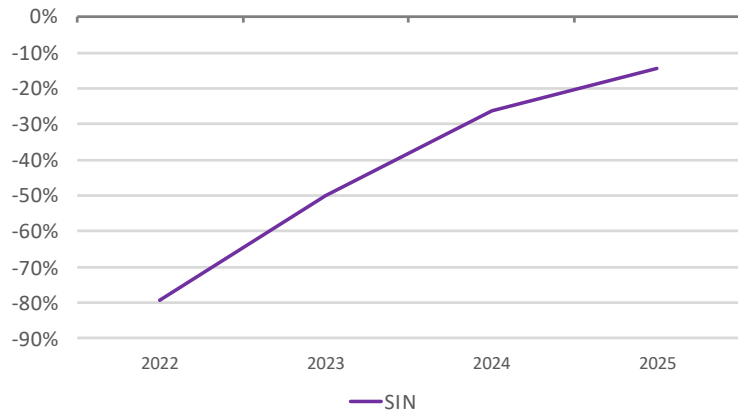
Caso P02 vs P01 - Mensal

Caso P03 vs P02 - Mensal

# Custo operativo

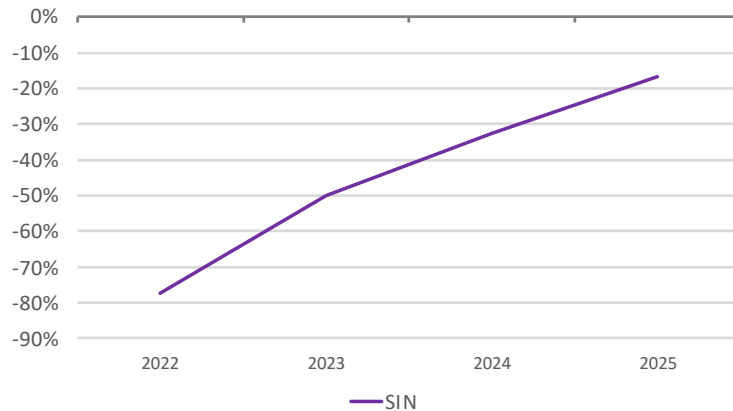
## Gráficos comparativos - Médios

Efeito tendência hidrológica úmida (50/35)



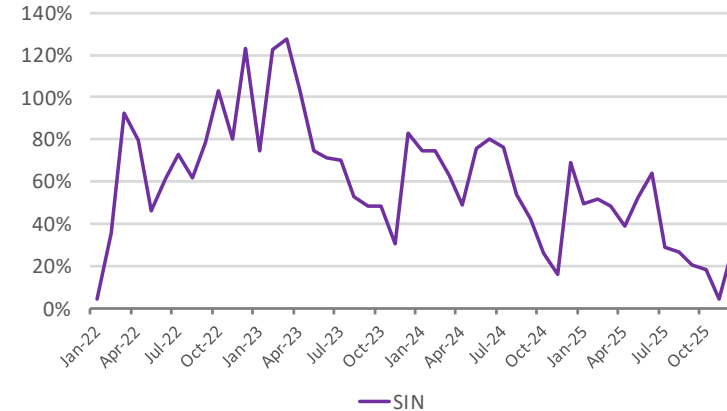
Caso P04 vs P02 - Anual

Efeito tendência hidrológica úmida (50/50)



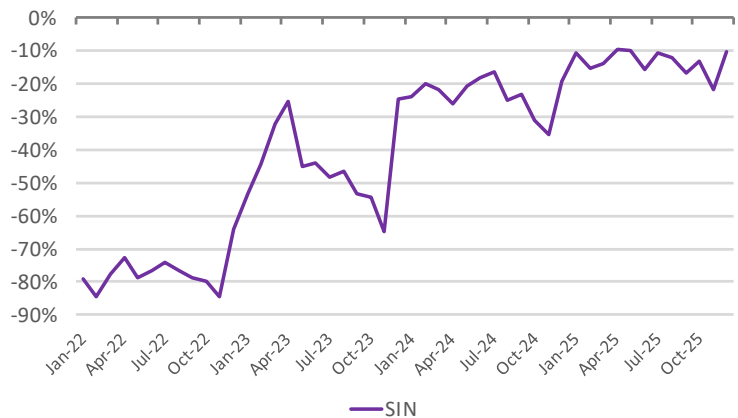
Caso P05 vs P03 - Anual

Efeito redução sobreoferta



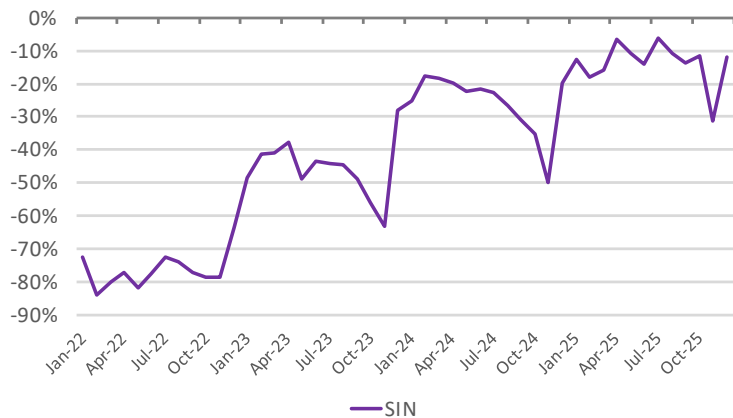
Caso P06 vs P02 - Anual

Efeito tendência hidrológica úmida (50/35)



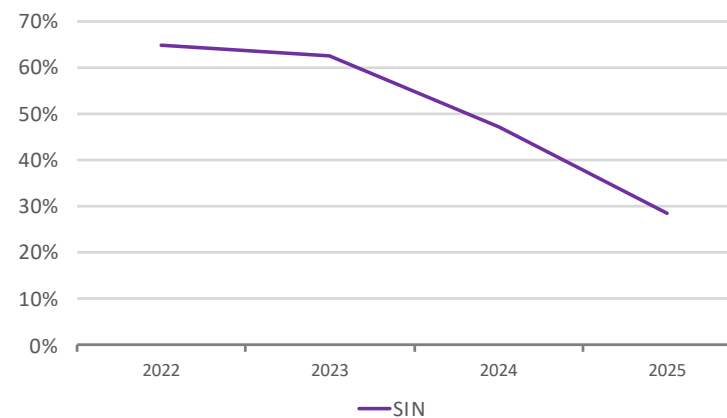
Caso P04 vs P02 - Mensal

Efeito tendência hidrológica úmida (50/50)



Caso P05 vs P03 - Mensal

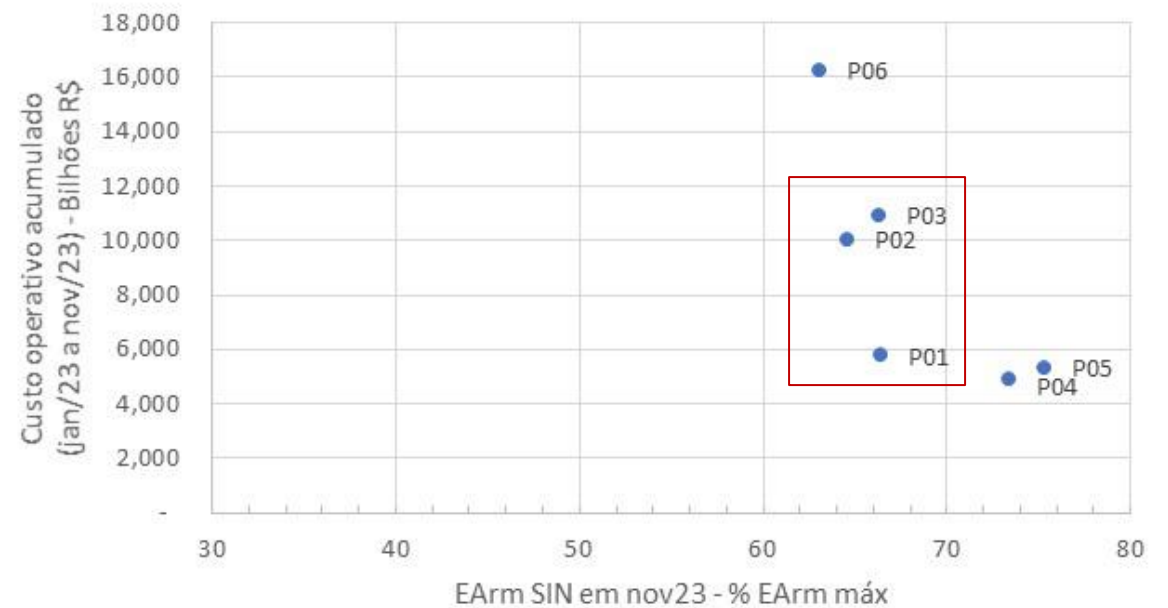
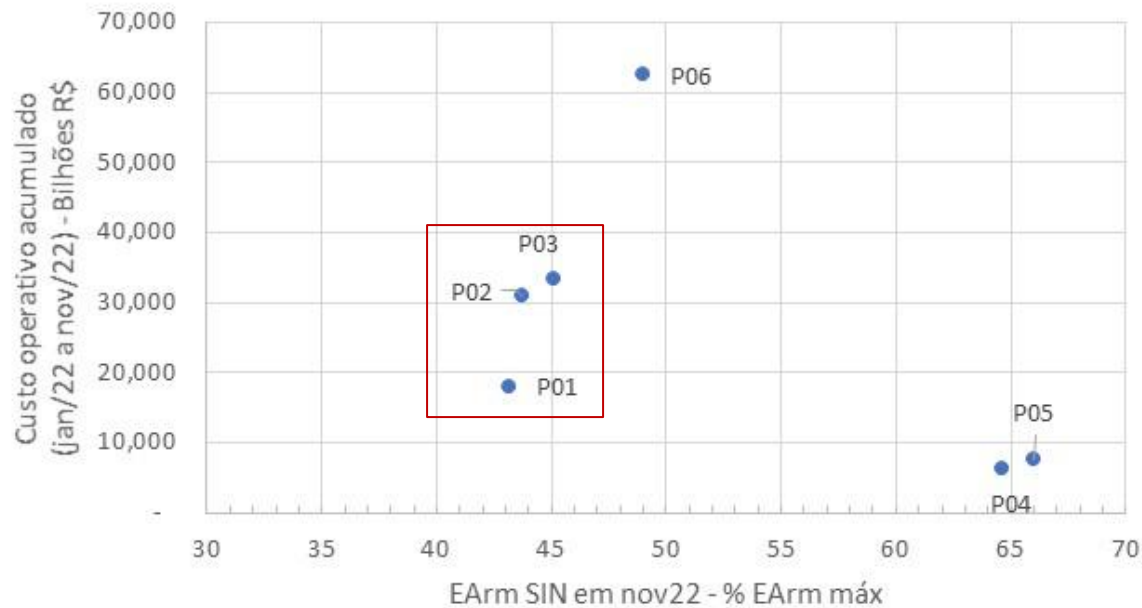
Efeito redução sobreoferta



Caso P06 vs P02 - Mensal

## Resumo: Custo Operativo vs Energia Armazenada

- ▶ A alteração dos parâmetros propostos elevam o custo operativo sem apresentar elevação nos reservatórios, resultado das afluências piores. A alteração dos parâmetros para (50,50) aumentam o custo operativo (maior despacho térmico, violação de restrições, etc) e resulta em aumento no armazenamento.



# Déficit

## Descrição e principais resultados - Médios

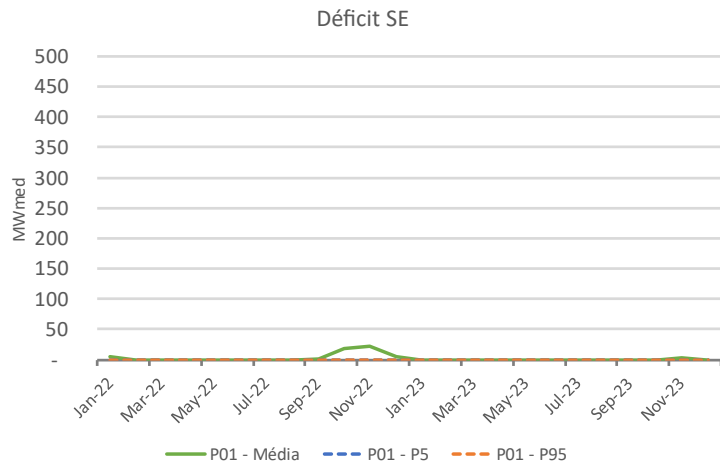
► A tabela abaixo resume os efeitos das mudanças das premissas no déficit.

Caso	Projeção de vazões	VMinOp	CVaR	Tendência hidrológica	Reservatórios iniciais	Sobreoferta	Efeitos sobre déficit
P01 – Caso Referência	PAR(p)	Atual	50/35	2020	2020	Atual	-
P02 – Novos parâmetros (exceto CVaR)	PAR(p)-A	Proposto	50/35	2020	2020	Atual	No geral, os novos parâmetros mudaram tiveram efeito pouco significativo no deficit nos submercados. Aumento menor que 5 MWmed no primeiro ano.
P03 – Novos parâmetros	PAR(p)-A	Proposto	50/50	2020	2020	Atual	O CVaR proposto reduziu em menos de 2 MWmed anuais o deficit.
P04 - Novos parâmetros (exceto CVaR) com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/35	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	A tendência boa reduz em quase 50 MW, na media, o deficit no Sistema em novembro do primeiro ano.
P05 - Novos parâmetros com tendência boa	PAR(p)-A	Proposto	50/50	110% MLT	Média 2011-2020	Atual	A alteração do CVaR não causou impacto significativo na análise de deficit.
P06 - Novos parâmetros (exceto CVaR) sem tendência hidrológica e sobreoferta menor	PAR(p)-A	Proposto	50/50	Sem	2020	7%	A diminuição da sobreoferta elevou o deficit médio em novembro do primeiro para quase 500 MW no SE.

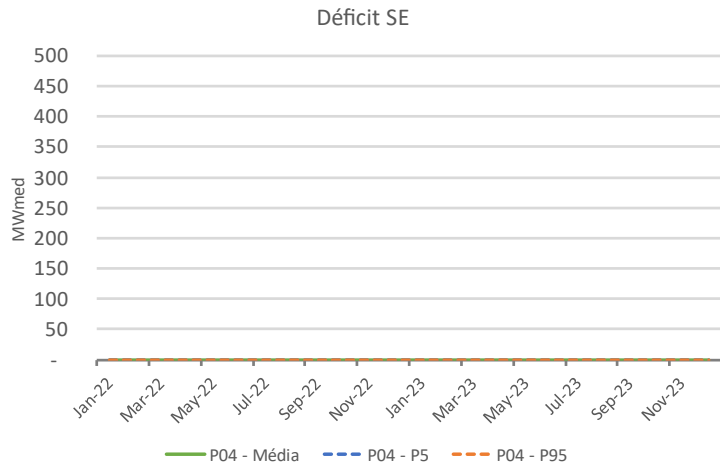


# Déficit

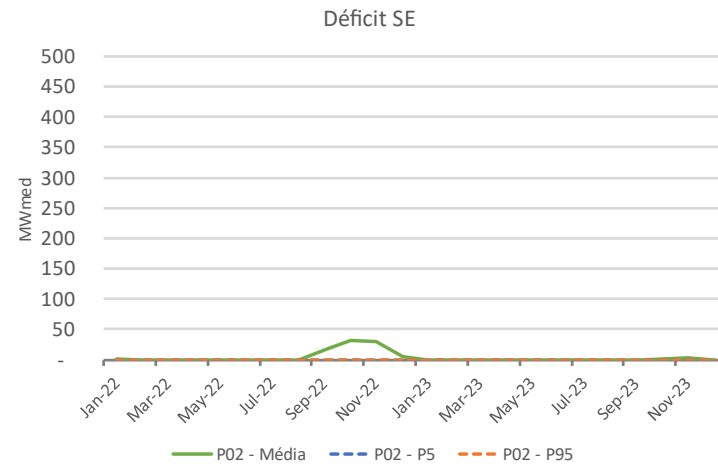
## Gráficos do Déficit no SE - Médias e percentis



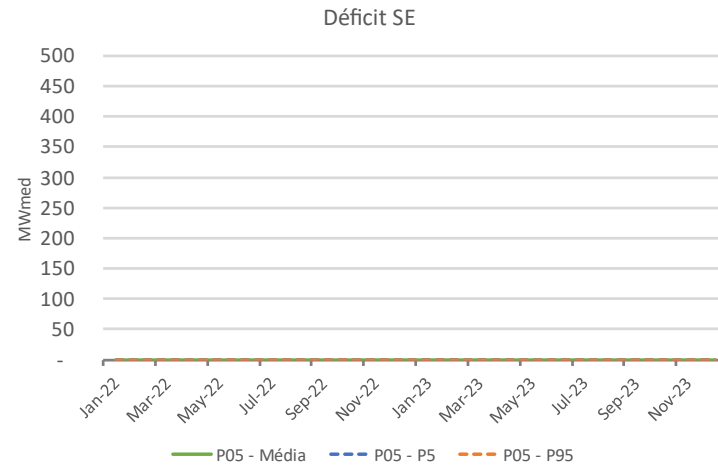
Caso P01 - Referência



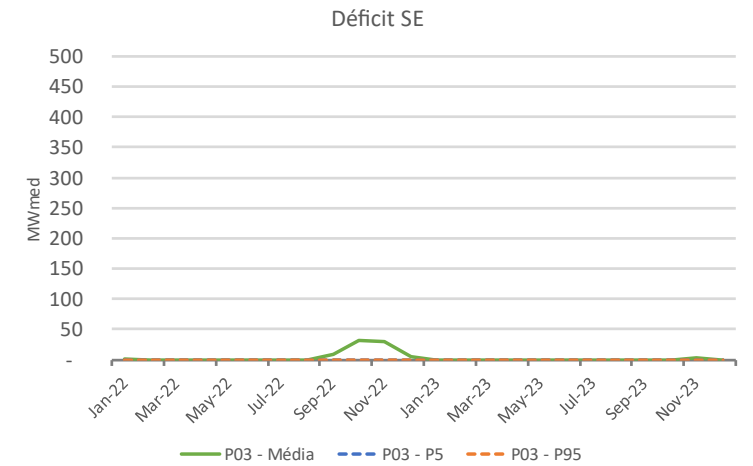
Caso P04 - Novos Parâmetros (exceto CVaR) úmido



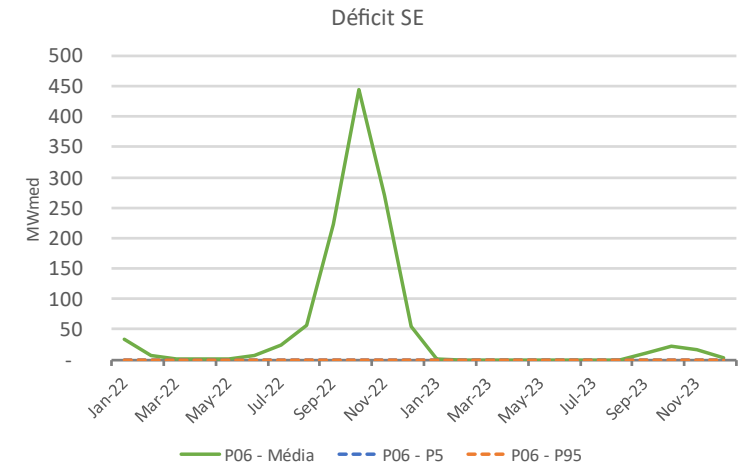
Caso P02 - Novos Parâmetros (exceto CVaR)



Caso P05 - Novos Parâmetros úmido



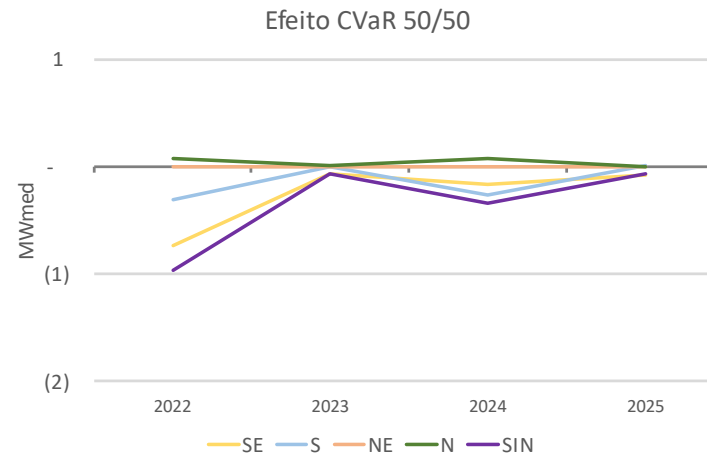
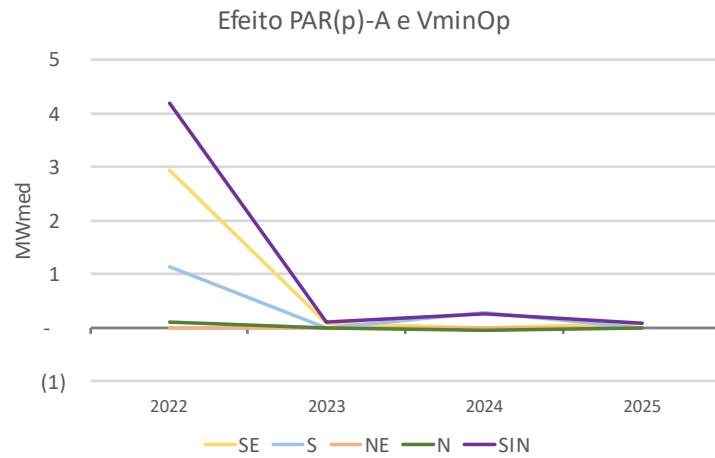
Caso P03 - Novos Parâmetros



Caso P06 - Novos Parâmetros (exceto CVaR), sem tendência e sobreoferta reduzida

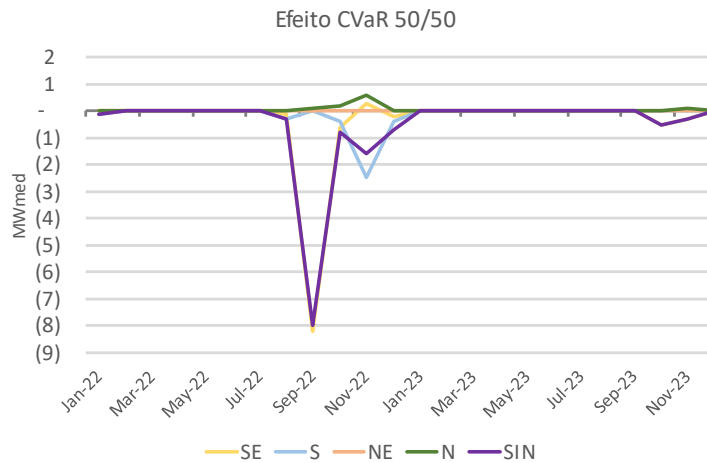
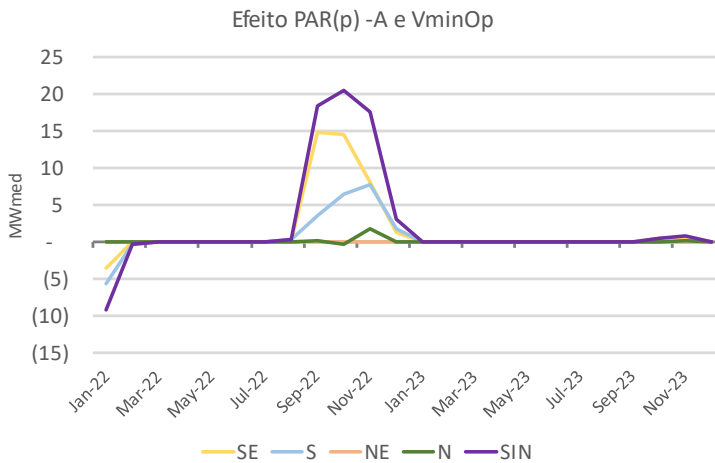
# Déficit

## Gráficos comparativos - Médios



Caso P02 vs P01 - Anual

Caso P03 vs P02 - Anual

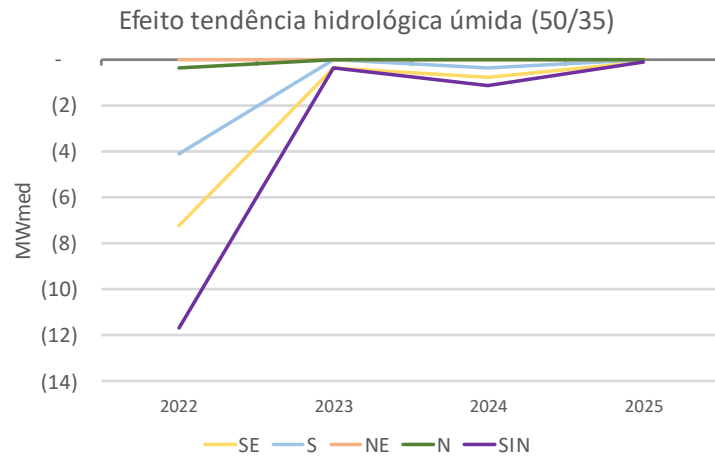


Caso P02 vs P01 - Mensal

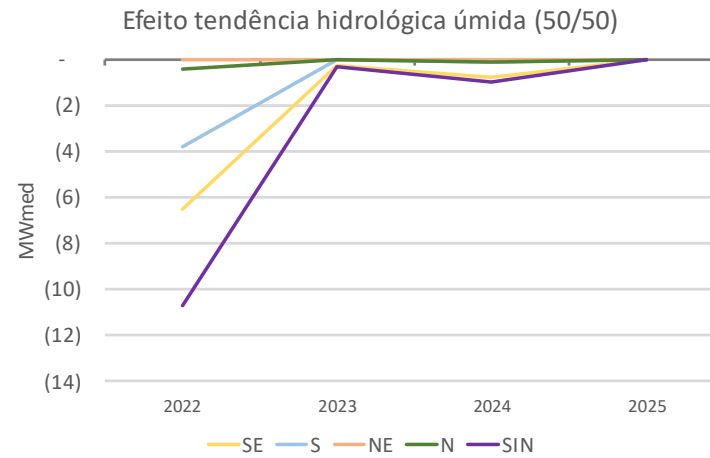
Caso P03 vs P02 - Mensal

# Déficit

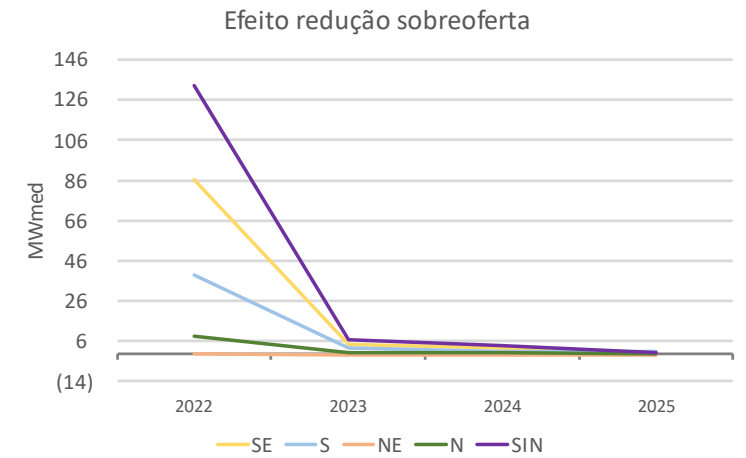
## Gráficos comparativos - Médios



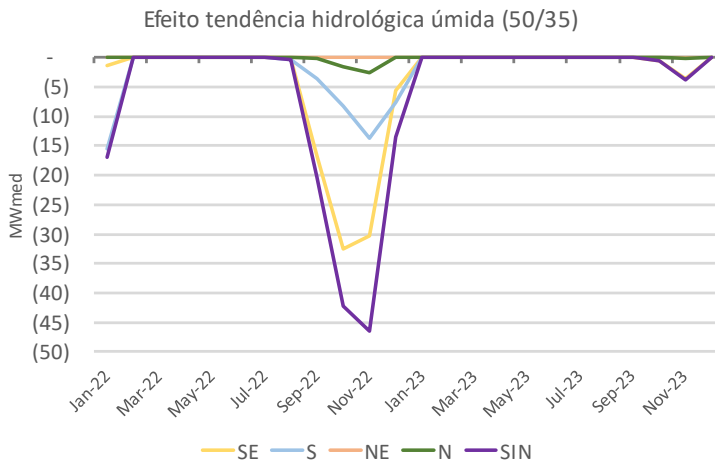
Caso P04 vs P02 - Anual



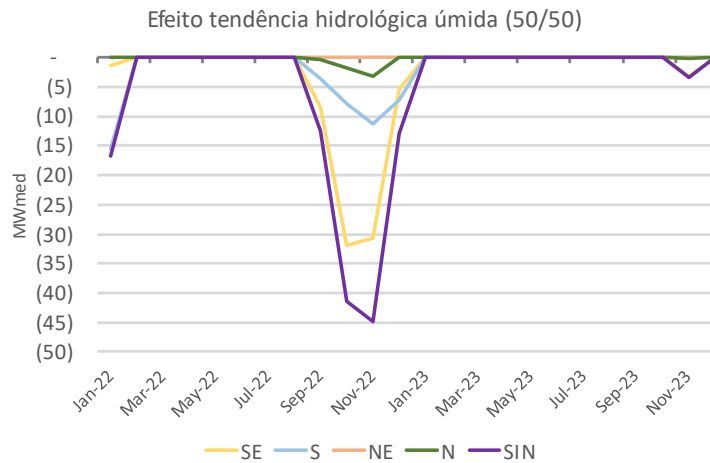
Caso P05 vs P03 - Anual



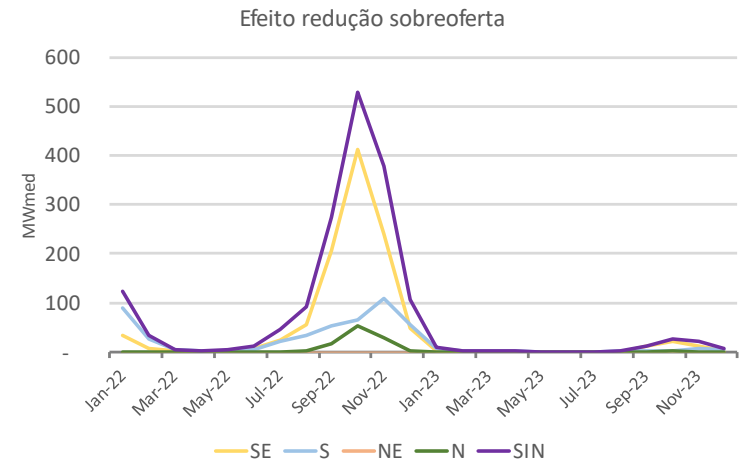
Caso P06 vs P02 - Anual



Caso P04 vs P02 - Mensal



Caso P05 vs P03 - Mensal



Caso P06 vs P02 - Mensal