

## Sumário Executivo

---

Resume-se a seguir as nossas recomendações para apreciação da CPAMP.

- Concordamos com a utilização da metodologia PARP-A na geração de séries de aflúncias e de energia natural aflúente;
- Concordamos com as alterações propostas para os critérios de parada. Não obstante, os resultados dos testes evidenciam que as propostas recomendadas representam situações de convergência incompleta e de subotimalidade em uma fração considerável dos casos, ponto que necessita ser devidamente solucionado em trabalhos futuros.;
- Concordamos com a necessidade de alinhamento da política operativa fruto dos modelos de otimização com a visão de risco real do operador, especialmente em situações mais adversas, evitando assim custos não gerenciáveis para os agentes. Neste sentido a utilização da CREF como balizadora do despacho necessário é uma proposição positiva.
- **Recomendamos a priorização da definição regulatória do critério de estabelecimento do Nível de Segurança para o final do Período Seco (NSPS) e do critério de seleção do cenário hidrológico desfavorável empregado na CREF, com vista à estabilidade interanual da análise das condições de atendimento sob situação de risco.** É de igual importância que se mantenha coerência e estabilidade no critério utilizado para a determinação do CVU limítrofe e/ou volume de geração térmica considerado na construção das curvas da CREF. Outras premissas como carga, intercâmbio, expansão do parque gerador, disponibilidade térmica total, entre outras, já possuem rito bem estabelecido de acompanhamento e ajuste, sendo suficiente o uso da informação atualizada no Programa Mensal da Operação (PMO) mais recente ao momento de atualização da CREF. Desta forma, as variações interanuais da curva referencial ficam sempre justificadas em função de maior folga ou maior aperto nas condições de balanço energético do SIN sob um mesmo contexto de oferta hidráulica e critérios de segurança, o que é absolutamente razoável.
- **Entendemos que o critério utilizado para a exclusão dos pares  $(\alpha, \lambda)$  foi apressado. Após análise multicritério, acreditamos haver espaço para reconsideração e adoção do par CVaR(25,35).** Os resultados para este par demonstraram plena capacidade de resposta quando se estabelecem condições adversas no SIN, com índices de atendimento da GT em 96,5% para o BACKTEST e de 94,3% no estudo prospectivo 60MLT\_EARM20. Ao mesmo tempo apresenta bom compromisso entre a aversão ao risco e a minimização de geração térmica excessiva em situações de atendimento assegurado. Os resultados do estudo prospectivo 80MLT\_EARM20 mostra que para esta parametrização o volume de despacho térmico utilizado é retido de forma eficiente, sendo inteiramente convertido em ganho de armazenamento. Também apresenta capacidade de resposta adequada e proporcional em situações de degradação dos volumes armazenados, conforme estudo prospectivo 60MLT\_EARM11.

Tabela 1: Resumo da avaliação multicritério dos pares CVaR simulados.

CVaR		Critério	Ref.	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)
A.1	Atendimento à geração térmica referencial em situação de crise instaurada (60MLT_EARM20)	$%ATEND_{CREF}$	$\geq 95\%$	86,6%	88,6%	87,6%	91,7%	94,3%	95,8%	95,2%	95,8%
A.2	Ponderação na aversão ao risco (60MLT_EARM20)	$%GT_{FALTANTE}$	0%	-13,4%	-11,4%	-12,4%	-8,3%	-5,7%	-4,2%	-4,8%	-4,2%
		$%GT_{EXCEDENTE}$	0%	0,7%	1,0%	0,8%	3,7%	8,5%	10,3%	12,0%	13,4%
A.3	Média harmônica ponderada dos índices de atendimento à GT necessária e de atendimento à minimização da GT excedente, avaliada em três ponderações distintas (60MLT_EARM20)	$MH(1,1)$	100%	92,5%	93,5%	93,1%	93,9%	92,9%	92,6%	91,5%	91,0%
		$MH(2,1)$	100%	90,5%	91,8%	91,2%	93,2%	93,4%	93,7%	92,7%	92,5%
		$MH(3,1)$	100%	89,5%	91,0%	90,2%	92,8%	93,6%	94,2%	93,3%	93,3%
B.2	Eficiência na retenção de armazenamento com geração térmica preventiva (80MLT_EARM20)	$%EARM_{TEÓRICA}$	-	Ref.	1,8%	1,3%	7,0%	9,7%	12,0%	15,0%	17,8%
		$%EARM_{EFETIVA}$	-	Ref.	2,0%	1,4%	7,2%	9,8%	11,9%	14,1%	16,4%
		$%EFF$	$\geq 100\%$	Ref.	109%	110%	102%	102%	99%	94%	92%
C.1	Comprometimento do atendimento energético no próximo ciclo de planejamento dada a deterioração dos armazenamentos (60MLT_EARM11)	$EARM_f$ (dez/22)	$\geq 36$	26,15	30,93	30,18	35,82	39,01	41,63	43,88	47,66
C.2	Adequação do volume térmico de resposta à degradação do armazenamento (60MLT_EARM11)	$GT_{MÉDIA\_ANUAL}$	$\leq 12.211$	9.080	10.247	10.069	11.284	12.031	12.704	13.285	14.294
C.3	Adequação da velocidade de resposta à degradação dos níveis armazenados (60MLT_EARM11)	Data na qual $GT_{SIMULADA} \approx GT_{CREF\_VERDE}$	mai/22 (+0m)	out/22 (+5m)	jun/22 (+1m)	jul/22 (+2m)	mai/22 (+0m)	mai/22 (+0m)	abr/22 (-1m)	abr/22 (-1m)	mar/22 (-2m)
D.1	Atendimento à geração térmica referencial no período de backtest (BACKTEST)	$%ATEND_{CREF}$	$\geq 95\%$	81,7%	92,5%	88,6%	96,2%	96,5%	98,3%	99,9%	99,9%
E	Desempenho em condições de abundância de oferta hidráulica afluyente e armazenada (120MLT_EARM11)			Indiferente							

VERMELHO: desempenho aquém dos critérios estipulados

BRANCO: desempenho à margem dos critérios estipulados

VERDE: desempenho dentro dos critérios estipulados

## 1. GT Metodologia - Modelo PAR(p)-A e parametrização do CVaR

O Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) deliberou em 02/09/2020 para que a CPAMP avaliasse mecanismos visando a elevação estrutural dos níveis de armazenamento dos reservatórios das usinas hidrelétricas, primordialmente aos finais dos períodos secos, como também propusessem uma transição capaz de minimizar os impactos no GFS e na tarifa do consumidor de energia elétrica.

Assim, ao longo do ciclo 2021/2022, o Grupo de Trabalho de Metodologia da CPAMP (GT- Metodologia) apresentou o aperfeiçoamento metodológico do modelo de geração de cenários de aflúências PAR(p), com a implementação do modelo PAR(p)-A, visando preservar a condição hidrológica recente por um maior período. Todavia, os resultados de sua implementação no modelo NEWAVE apontaram que sua formulação inicial não contemplava de forma exata o cálculo da Função de Custo Futuro quando da aplicação do modelo PAR(p)-A, conforme exposto no Relatório Técnico GT Metodologia CPAMP nº 02/2021. E, sendo impossível a reavaliação da modelagem para a Consulta Pública MME nº 109/2021 por questões de tempo, a CPAMP optou pela não recomendação da metodologia proposta a partir de janeiro de 2022, mantendo-a como objeto de estudo no ciclo seguinte.

No âmbito do ciclo de trabalho 2021/2022 do GT-Metodologia que se produziu o Relatório Técnico do GT-Metodologia da CPAMP nº 01/2022, documento anexo à esta Consulta Pública. Neste documento se detalham os resultados das simulações com a representação hidrológica empregando o modelo PAR(p)-A, se avalia a necessidade de alteração do critério de parada e de recalibração dos atuais parâmetros  $\alpha=50\%$  e  $\lambda=35\%$  do CVaR para serem utilizados nos processos de planejamento da operação e formação de preços a partir de janeiro de 2023, bem como para o planejamento da expansão e cálculo de Garantia Física ainda em 2022. Ao fim do documento, o grupo de trabalho apresenta suas recomendações.

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

#### Recomendações

Visando que os modelos computacionais reflitam preços da energia e níveis de operação aderentes à segurança do sistema, o GT-Metodologia recomenda as seguintes alterações para uso oficial a partir de janeiro de 2023<sup>1</sup>:

<b>Metodologia de geração de cenários hidrológicos atual</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia PAR(p)</li> </ul>	➔	<b>Metodologia de geração de cenários hidrológicos proposta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia PAR(p)-A</li> </ul>
<b>Critério de parada atual</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 iterações abaixo de 0,2% de <math>\Delta Z_{inf}</math></li> <li>• Mínimo de 30 iterações</li> <li>• Máximo de 45 iterações</li> <li>• Mínimo e máximo de 45 iterações para casos de PDE</li> </ul>	➔	<b>Critério de parada proposto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 iterações abaixo de 0,1% de <math>\Delta Z_{inf}</math></li> <li>• Mínimo de 30 iterações</li> <li>• Máximo de 50 iterações</li> <li>• Mínimo e máximo de 50 iterações para casos de PDE e GF</li> </ul>
<b>Nível de aversão ao risco atual</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CVaR(50,35)</li> </ul>	➔	<b>Nível de aversão ao risco proposto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CVaR(25,40)</li> </ul>

<sup>1</sup>A decisão oficial ocorrerá apenas após o encerramento da CP MME 121 de 2022.

Figura 1: Recomendações do GT-Metodologia para o ciclo de trabalho 2021/2022 da CPAMP.

Inicialmente avaliou-se a incorporação da metodologia PAR(p)-A nos modelos NEWAVE e GEVAZP, sendo que os resultados demonstraram que a formulação exata da FCF foi devidamente obtida e aprovada na FT-NEWAVE. Com a alteração, foi avaliada a necessidade de ajuste do critério de convergência do processo de otimização, onde se recomendou parada após 6 iterações consecutivas

com a permanência de  $\Delta Z_{inf}$  inferior a 0,1%. Ademais, para que o tempo computacional de simulações para fins de operação no PMO e formação do PLD seja próximo a 2 horas, fixou-se o número máximo de iterações em 50, mantendo-se o mínimo em 30. Para cálculos de garantia física e PDE, recomendou-se à EPE utilizar critério máximo e mínimo iguais em 50 iterações.

O próximo estudo foi relativo à recalibração dos parâmetros do CVaR. Inicialmente realizou-se um estudo de equivalência entre os pares de parâmetros, de onde pode-se verificar a existência de pares equivalentes de CVaR( $\alpha, \lambda$ ) em diferentes famílias de  $\alpha$ , calibrando-se  $\lambda$ . Como não existiu domínio entre famílias em relação ao ótimo operativo, foi escolhida a família  $\alpha=25\%$  para posterior exploração sem perda de generalidade operativa, limitando-se à região caudal da função de distribuição de probabilidades. Foram realizadas a seguir simulações de backtest (dezembro de 2015 a dezembro de 2021) e análises prospectivas (armazenamento de 2020 com 60% MLT, armazenamento de 2020 com 80% MLT, armazenamento de 2011 com 60% MLT e armazenamento de 2011 com 120% MLT).

Tomou-se como objetivo apontar pares de CVaR que indiquem a geração termelétrica aderente àquela obtida da consulta à Curva Referencial de Armazenamento 2022 (CRef 2022), presente na NT-ONS DPL 0156/2022, considerando o menor custo de operação termelétrico dentre os pares testados da família  $\alpha=25\%$ . O GT-Metodologia então identificou os pares CVaR(25,40), CVaR(25,45) e CVaR(25,50) como pares potenciais. Em função do objetivo proposto, o GT-Metodologia recomendou à Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico – CPAMP o conjunto CVaR (25,40), justificando:

“Como se observa nos resumos a seguir, apesar do CVaR(25,40) apresentar o CMO/PLD mais elevado que o caso Vigente, com a redução da geração fora da ordem de mérito, os despachos termelétricos se tornam custos gerenciáveis pelos Agentes, reduzindo de forma substancial os encargos por segurança energética. Além disso, o CVaR(25,40) ainda é capaz de elevar o nível dos reservatórios contribuindo de forma geral para a segurança eletroenergética do SIN.”

## Dos esforços empregados ao longo do GT-Metodologia

Importante reconhecer os esforços empregados por todos os participantes do GT-Metodologia ao longo dos ciclos de trabalho, notadamente nos últimos anos, no sentido da busca por maior proximidade com os agentes, da maior transparência nas diretrizes e objetivos de cada ciclo, do compartilhamento de resultados e material de apoio, e da realização de análises mais completas, com verificação de impactos em toda a cadeia setorial.

## Adoção da modelagem PARP-A

A adoção da modelagem PAR(p)-A no modelo NEWAVE foi um dos principais objetos de avaliação do GT-Metodologia durante o ciclo 2020-2021, com metodologia já referendada neste mesmo ciclo, restando a aprovação de ajustes na sua formulação exata na construção da Função de Custo Futuro (FCF) do algoritmo de Programação Dinâmica Dual Estocástica (PDDE). O acompanhamento dos trabalhos realizados ao longo da FT-NEWAVE assegura que esta etapa de desenvolvimento está plenamente superada. Sendo assim, concordamos com a recomendação de uso da modelagem PAR(p)-A na cadeia de modelos energéticos setoriais.

## Alterações nos critérios de parada da otimização

A avaliação da implementação da metodologia PAR(p)-A levantou necessidade de revisão dos critérios de parada do algoritmo da PDDE. O critério atual se baseia na estabilidade da métrica Zinf calculada entre iterações do processo de otimização. A utilização de um critério não estatístico não é usual para problemas de PDDE e decorre do emprego da metodologia CVaR como critério de aversão ao risco internalizado ao modelo. Não há atualmente trabalhos científicos que proponham alternativa que utilize critérios de convergência estatísticos em problemas de PDDE com as características atuais vislumbradas no modelo NEWAVE. Ademais, a implementação da reamostragem de cenários, aprovada em ciclos anteriores, e a atual implementação da metodologia PAR(p)-A contribuíram para uma maior variabilidade da métrica Zinf, necessitando um maior número de iterações para a atingir a sua estabilização.

Os estudos produzidos no âmbito do GT-Metodologia avaliaram casos destinados aos processos de planejamento da operação (PMO), formação de preços (PLD), cálculo de garantia física (GF) e planejamento da expansão (PDE), com um total de 30 análises. Buscou-se entender a equivalência estatística dos resultados obtidos a cada iteração com aqueles da 100ª e última iteração simulável, restrito a um subconjunto de variáveis de grande relevância (CMO, GT, GH, EAR e CT), a partir da inferência com o teste t-Student. O mapeamento obtido demonstrou necessidade de elevação significativa no número máximo de iterações para obtenção desta equivalência, com exigência do limite de 100 iterações em alguns subconjuntos de casos e variáveis relevantes.

Por fim, vale lembrar das restrições impostas ao tempo médio de processamento de todos estes estudos em sua fase operacional, com limitações de prazo de entrega definidos por procedimento de rede (ONS), procedimentos de comercialização (CCEE), agendamento de leilões e demais prazos específicos para os processos de planejamento da expansão (EPE). Não nos parece razoável contrargumentar as indicações de tempo necessário para a execução destes processos apontadas por cada entidade setorial. Neste sentido, corroboramos com as propostas de revisão do critério de parada recomendadas pela GT-Metodologia. Não obstante, os resultados dos testes evidenciam que as soluções obtidas representam situações de convergência incompleta e de subotimalidade em uma fração considerável dos casos, ponto que necessita ser devidamente solucionado em trabalhos futuros.

## Necessidade de regulamentação dos critérios adotados na CRef para o seu uso como balizador da calibração dos parâmetros do CVaR

A metodologia proposta para a calibração do CVaR teve como objetivo apontar os pares de CVaR que indiquem geração termelétrica aderente àquela que seria obtida a partir da consulta à Curva Referencial de Armazenamento 2022 (CRef 2022), aproximando a política energética dos modelos à rotina de recomendação de despacho por segurança energética pelo Comitê de Monitoramento de Setor Elétrico (CMSE).

Entende-se que a proposta metodológica é positiva, mas apresenta um ponto de fragilidade que impacta a avaliação futura das deliberações a serem tomadas: **não há mecanismo regulatório que determine os critérios e metodologias a serem empregados na construção da CREF**. A ausência de diretrizes bem estabelecidas não é admissível a partir do momento em que esta metodologia passa a ser a principal componente balizadora da calibração dos parâmetros CVaR.

Recorda-se, por exemplo, que há diferenças nos critérios adotados para a determinação do cenário hidrológico da CRef 2021 e da CRef 2022, os quais foram responsáveis por alterações significativas nas três curvas referenciais traçadas em cada ano. Para a CRef de 2021 foram consideradas vazões associadas ao pior biênio hidrológico do SIN, dado pelos anos 2019-2020. Para a CRef de 2022, adotou-

se as vazões verificadas no período de outubro de 2020 a setembro de 2021, consideradas as piores dos últimos cinco anos do histórico. Ou seja, não somente se alteraram os cenários, mas os critérios para a seleção de cenários.

Ademais, não é a primeira ocasião que esta situação fica em evidência. Durante a elaboração da CRef de 2021, em dezembro de 2020, tivemos uma revisão do **Nível de Segurança para o final do Período Seco (NSPS)** do subsistema Sudeste/Centro-Oeste de 10% para 20%, colocando-o em divergência com o critério internalizado pelo VMinOp, aprovado pela mesma CPAMP em julho de 2020. Durante a avaliação da CAR 2008/2009 optou-se pela alteração do critério utilizado na escolha dos cenários hidrológicos para o subsistema Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste, com grande impacto na curva resultante destas alterações. O NSPS para a região Sul assumiu 3 valores distintos no horizonte de 2002 a 2022, enquanto o do subsistema Norte passou por ao menos seis alterações. A tabela 2 resume as alterações históricas dos critérios adotados.

Portanto, a ausência de critérios estáveis na confecção de estudos que visem a análise da segurança energética do setor é um problema que assombra o setor há anos, desde a utilização da CAR nos modelos setoriais. A experiência setorial aponta que permitir que estas premissas fundamentais estejam sujeitas a influências externas inviabiliza a aplicação de qualquer mecanismo de aversão ao risco. É imprescindível que este vácuo regulatório seja sanado. Neste âmbito, a NT ONS 082/2012 já apresentava linhas gerais de discussão sobre a regulamentação destes parâmetros e da metodologia das curvas referenciais, podendo valer como guia para a revisão atual deste tema.

Em resumo, recomendamos a **priorização da definição regulatória do critério de estabelecimento do NSPS e do critério de seleção do cenário hidrológico desfavorável empregado, com vista à estabilidade interanual da análise das condições de atendimento sob situação de risco.** É de igual importância que se mantenha coerência e estabilidade no critério utilizado para a determinação do CVU limítrofe e/ou volume de geração térmica considerado na construção das curvas da CRef.

Outras premissas como carga, intercâmbio, expansão do parque gerador, disponibilidade térmica total, entre outras, já possuem rito bem estabelecido de acompanhamento e ajuste, sendo suficiente o uso da informação atualizada no PMO mais recente ao momento de atualização da CRef. Desta forma, as variações interanuais da curva referencial ficam sempre justificadas em função de maior folga ou maior aperto nas condições de balanço energético do SIN sob um mesmo contexto de oferta hidráulica e critérios de segurança, o que é absolutamente razoável.

Tabela 2: Alterações nos critérios utilizados na aversão ao risco ao longo dos anos.

Alterações relacionadas à escolha do cenário hidrológico utilizado																			
SUBS	CAR 2002/2003	CAR 2003/2004	CAR 2004/2005	CAR 2005/2006	CAR 2006/2007	CAR 2007/2008	CAR 2008/2009	CAR 2009/2010	CAR 2010/2011	CAR 2010/2011 RV1	CAR 2011/2012	CAR 2011/2012 RV1	CAR 2012/2013	CAR 2012/2013 RV1	CAR 2012/2013 RV2	CAR 2013/2014	CARQ 2013/2017	CREF 2020	CREF 2021
SE/CO	Cenário hidrológico dado pela média dos quatro biênios mais críticos (1933-1934, 1953-1954, 1954-1955 e 1955-1956)						Cenário hidrológico dado pelo quarto biênio mais crítico para a região Sudeste (1933-1934)											Análise integrada do cenário hidrológico dado pelo biênio mais crítico para o SIN (2019-2020)	Análise integrada do cenário hidrológico dado pela repetição do período de out/20 a set/21 para todo o SIN
SUL	Cenário hidrológico dado pela repetição do ano mais crítico verificado na região (1945)																		
NE	Cenário hidrológico dado pela repetição do ano mais desfavorável do histórico (2001)						Cenário hidrológico dado pelo biênio mais desfavorável do histórico (2000-2001)												
N	Cenário hidrológico dado pela pior série do histórico no período seco em Tucuruí (1963)																		
SIN	Análise não integrada de condições hidrológicas simultaneamente críticas nos subsistemas Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte. Isto é, os balanços são realizados individualmente, considerando o cenário escolhido para o subsistema de interesse em conjunção com os intercâmbios inter-regionais obtidos de cenários menos severos nos demais. No caso do subsistema Sul, considera-se situação de complementaridade hidrológica, ou seja, o cenário que baseia o intercâmbio não é simultaneamente severo.						Análise integrada de condições hidrológicas simultaneamente críticas nos subsistemas Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte. No caso do subsistema Sul, considera-se situação de complementaridade hidrológica, ou seja, o cenário que baseia o intercâmbio não é simultaneamente severo.												

Alterações no Nível de Segurança ao Fim do Período Seco (NSPS)																					
SUBS	CAR 2002/2003	CAR 2003/2004	CAR 2004/2005	CAR 2005/2006	CAR 2006/2007	CAR 2007/2008	CAR 2008/2009	CAR 2009/2010	CAR 2010/2011	CAR 2010/2011 RV1	CAR 2011/2012	CAR 2011/2012 RV1	CAR 2012/2013	CAR 2012/2013 RV1	CAR 2012/2013 RV2	CAR 2013/2014	CARQ 2013/2017	VMINOP 2020	CREF 2020	CREF 2021	VMINOP 2021
SE/CO	10%																	20%			
SUL	15%				13%								30%								
NE	10%																22,5%	23,5%			
N (TUC)	(15%)	(20%)	(26%)	15% (10%)			17% (10%)			20% (20%)			10,7% (10%)	20,8% (15,8%)	20,7% (15,8%)						

### Critério empregado na exclusão de pares CVaR

A metodologia para a recalibração dos parâmetros CVaR teve como meta principal identificar o par de parâmetros que indicassem geração térmica aderente àquela obtida da consulta da CRef 2022 a cada estágio, dentro de um intervalo de tolerância, sendo posteriormente selecionado o par que cumprisse com este objetivo ao menor custo total possível.

Para tanto o GT-Metodologia compilou os resultados obtidos durante os estudos de backtest e prospectivos, combinando-os em um gráfico que resume a performance de cada parametrização, conforme figura 2. O Eixo X indica o pior resultado de atendimento da meta estabelecida pela CRef de cada parametrização CVaR, o Eixo Y indica um valor de custo total médio de geração térmica anual, obtido da média do resultado obtido no estudo de backtest com o custo médio das sensibilidades prospectivas. Sob estes critérios, somente os pares de CVaR (25,40), (25,45) e (25,50) cumprem o objetivo de atendimento da GT para um critério de tolerância de aproximadamente 5%.

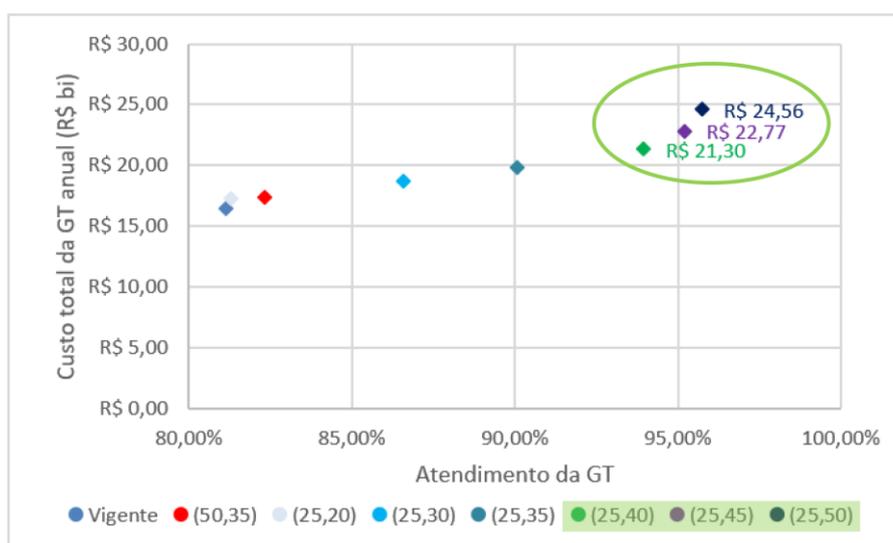


Figura 2: Análise resumida da aderência dos pares CVaR à Curva Referencial de Armazenamento.

Avaliando este resumo de resultados em maior profundidade, procurou-se entender o contexto do estudo para o qual o pior atendimento da GT ocorreu. Analisando-se os pares inicialmente apontados pelo GT-Metodologia, tem-se que para o par CVaR(25,40) o pior cenário ocorreu na simulação prospectiva 80MLT\_EARM20, atingindo 94% da demanda energética, enquanto os pares CVaR(25,45) e CVaR(25,50) apresentaram os piores resultados para a simulação prospectiva 60MLT\_EARM20 com 95,2% e 95,8% da demanda energética, respectivamente. Já a análise das parametrizações excluídas pelo GT-Metodologia mostra que o pior desempenho ocorreu durante a simulação prospectiva 80MLT\_EARM20 em todos os casos. A tabela 3 destaca esta situação.

O cenário 80MLT\_EAMR20 busca compreender as diferentes respostas obtidas em um cenário no qual o nível de armazenamento inicial é baixo, mas com condições hidrológicas suficientemente positivas, permitindo a recuperação dos armazenamentos ao fim do horizonte. Avaliando-se graficamente, é perceptível que a recuperação dos reservatórios ao longo do ciclo anual completo ocorre com relativa tranquilidade em todos os cenários, inclusive aquele com as implementações vigentes dos mecanismos de aversão ao risco.

Tabela 3: Compilação de resultados de todos os estudos realizados, destaque aos piores índices de atendimento da GT de cada parametrização avaliada.

CVaR	BACKTEST		60MLT_EARM20		80MLT_EARM20		60MLT_EARM11		120MLT_EARM11	
	%GT CREF	Custo GT (R\$ bi)	%GT CREF	Custo GT (R\$ bi)	%GT CREF	Custo GT (R\$ bi)	%GT CREF	Custo GT (R\$ bi)	%GT CREF	Custo GT (R\$ bi)
Vigente	81,7%	94,35	86,6%	48,26	81,1%	6,25	97,9%	14,8	100,0%	5,62
(50,35)	92,5%	95,67	88,6%	50,46	82,3%	6,91	100,0%	18,9	100,0%	5,62
(25,20)	88,6%	94,64	87,6%	50,37	81,3%	6,7	100,0%	18,45	100,0%	5,62
(25,30)	96,2%	98,95	91,7%	53,05	86,6%	9,25	100,0%	23,23	100,0%	5,62
(25,35)	96,5%	102,79	94,3%	53,85	90,1%	10,77	100,0%	27,19	100,0%	5,62
(25,40)	98,3%	110,26	95,8%	56,35	94,0%	12,39	100,0%	31,17	100,0%	5,62
(25,45)	99,9%	116,31	95,2%	59,26	98,0%	14,81	100,0%	34,2	100,0%	5,62
(25,50)	99,9%	125,55	95,8%	60,09	99,3%	17,18	100,0%	39,89	100,0%	5,62

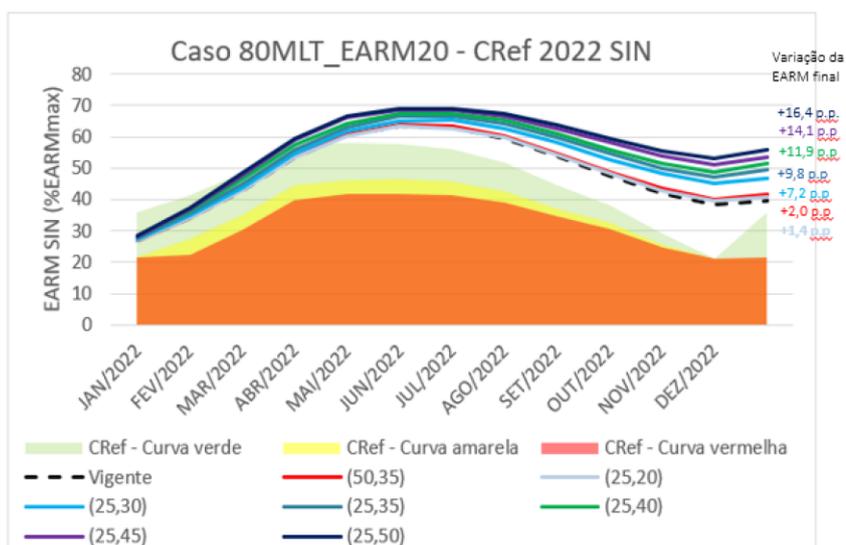


Figura 3: Trajetória da energia armazenada simulada para o caso 80MLT\_EARM20.

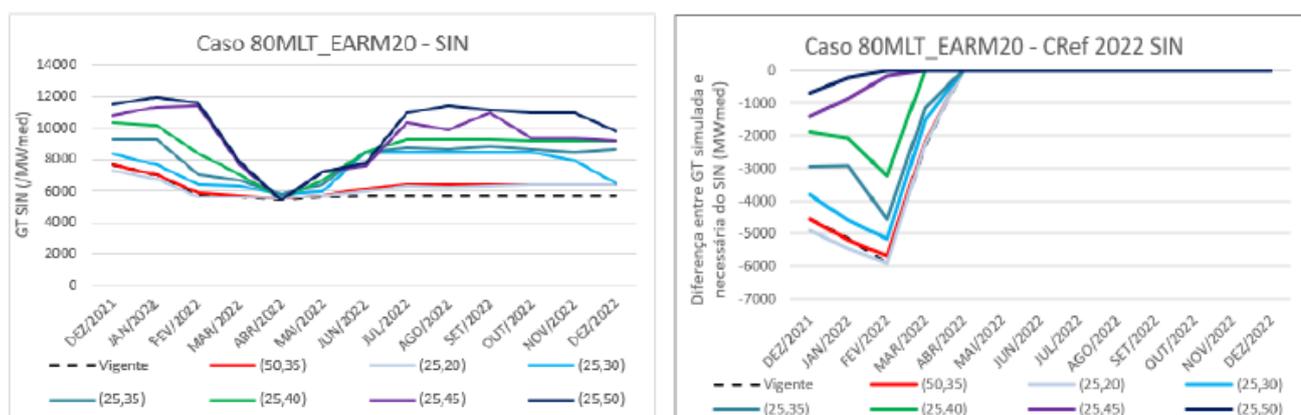


Figura 4: Trajetória da geração termoelétrica simulada para o caso 80MLT\_EARM20 e verificação do atendimento ao nível demandado através da consulta à CREF.

A necessidade de despacho térmico adicional fica limitada aos primeiros 4 meses do horizonte de avaliação devido à violação dos requisitos estabelecidos pela curva verde da CRef. Neste sentido, nenhum nível de aversão simulado foi capaz de remediar imediatamente a situação, sendo necessário um período mínimo de 2 meses para o reestabelecimento dos armazenamentos acima da linha referencial estabelecida na CRef verde. A parametrização CVaR(25,50), a mais avessa, é a que melhor acompanha a necessidade de complementação de geração térmica determinada a partir da CRef durante este primeiro quadrimestre. Além disto, verifica-se nos resultados deste cenário que há um grande volume de geração térmica acionada preventivamente no período de maio a dezembro, principalmente a partir da parametrização CVaR(25,30). Neste caso a parametrização que melhor acompanhou o mérito estabelecido pela GT-Metodologia foi aquela dada pela modelagem vigente. A trajetória ótima estimada para a geração térmica sofre uma reversão muito abrupta, conforme figura 5, e isto pode ser visto como um indicador de necessidade de aprofundamento nas análises durante o processo de exclusão das parametrizações selecionadas.

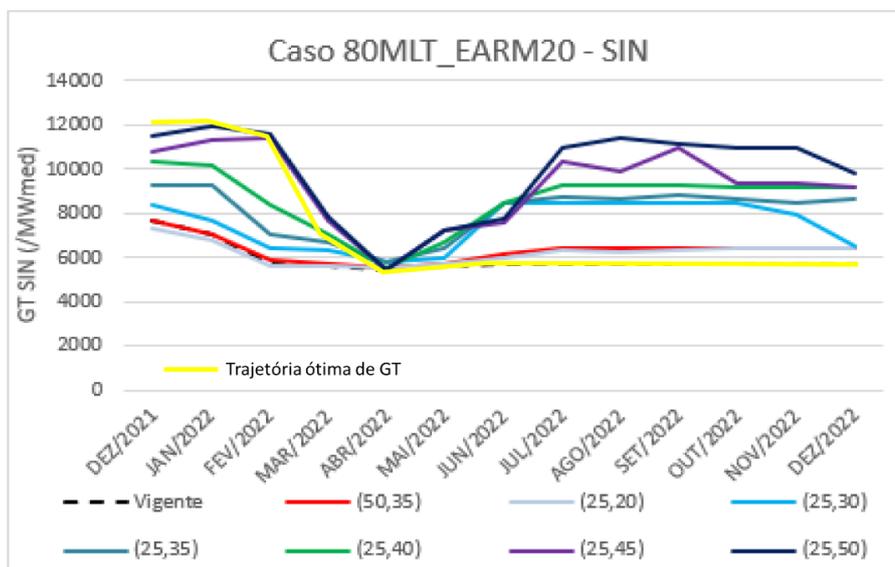


Figura 5: Trajetória ótima estimada para geração termoeletrica simulada para o caso 80MLT\_EARM20.

Outra situação que fica em evidência com os resultados apresentados no cenário 80MLT\_EARM20 é a divergência entre o mecanismo de acionamento térmico internalizado, que é progressivo na medida do risco e de sua aversão, e o mecanismo de acionamento térmico fora da ordem de mérito, que é avaliado em faixas de acionamento, não fazendo distinção da situação de atendimento quando os reservatórios se encontram próximos ao limite superior ou inferior destas faixas. Este problema se agrava justamente na região interior da faixa verde da CRef, que apresenta largura superior a 10 pp nos meses de janeiro a maio quando verificada no âmbito do SIN.

Neste pretexto, a exclusão dos demais pares de parametrização aparenta ter sido uma conclusão apressada. Não parece razoável limitar toda compreensão dos estudos realizados ao resumo compilado pelo GT-Metodologia, apresentado na figura 2. A recomendação do GT-Metodologia tem como premissa de fundo desconsiderar cenários que não cumprem um requisito de atendimento de geração térmica adicional em um período muito curto, para um cenário de tranquilidade no abastecimento anual do SIN, com uma situação inicial de violação que não pode ser imediatamente sanada e com uma trajetória ótima de geração térmica complementar que demonstra uma variação abrupta na tomada de decisão pelo CMSE.

## 2. Reanálise dos pares CVaR

---

Postos os argumentos iniciais para a reavaliação dos pares CVaR, dedica-se os próximos parágrafos na compilação e comparação aprofundada dos resultados com foco no confronto em relação ao par recomendado pela CPAMP.

A simulação de cenários com condições diversas foi uma decisão correta do GT-Metodologia, permitindo a avaliação das respostas das parametrizações em contextos distintos do atendimento ao SIN. Cada contexto exige um comportamento específico dos mecanismos de internalização do risco, não sendo ideal que a avaliação de todos os cenários se dê em um único aspecto. É preciso entender qual a resposta aceitável a cada contexto e avaliar qual parametrização é capaz de melhor atender estes múltiplos requisitos.

Por exemplo, o cenário 60MLT\_EARM20 representa uma situação de crise já instituída. Os níveis de armazenamento já se encontram reduzidos e a oferta hidráulica é fraca em todo o horizonte de estudo. Neste contexto, a principal diretriz é o atendimento à geração necessária definida via CRef. O mecanismo de aversão deve ser capaz de internalizar a mesma visão de risco que o operador tem, principalmente em vista da situação já instaurada.

O cenário 80MLT\_EARM20 apresenta uma condição bastante distinta apesar de compartilhar dos mesmos volumes iniciais de água armazenada nos reservatórios. A condição hidrológica é favorável, permitindo a plena recuperação dos armazenamentos ao fim do período úmido em qualquer das parametrizações de risco utilizadas. Sendo assim, é mais interessante que se avalie os contrapesos das aversões a risco utilizadas, procurando equilibrar o despacho térmico necessário ao início do horizonte de simulação com o despacho térmico excedente e preventivo verificado no restante deste mesmo horizonte.

Uma das situações mais importantes de se avaliar diz respeito ao cenário 60MLT\_EARM11, que apresenta um contexto de deterioração progressiva dos armazenamentos em função de afluências muito reduzidas. Neste sentido é importante verificar se a velocidade de resposta à degradação dos armazenamentos é satisfatória, apressada ou atrasada. Também é interessante entender se o volume térmico despachado preventivamente é condizente com avaliação da visão de risco, se ocorre de forma muito relaxada ou muito exagerada.

Temos que o cenário 120MLT\_EARM11 representa uma situação de absoluta tranquilidade no atendimento ao SIN, tanto pela oferta hidráulica afluenta quanto por àquela armazenada. Neste caso, não há distinção na resposta entre todas as parametrizações de aversão ao risco estudadas, de forma que não é possível criar um entendimento de vantagens e desvantagens a partir dos resultados deste cenário. Ainda assim, apresenta uma situação limite de abastecimento interessante de se avaliar, com a maximização da produção hidráulica frente à forte inflexibilidade operativa do sistema.

Por fim, verifica-se um pouco mais de dificuldade na comparação de desempenhos atribuída ao estudo de Backtest, principalmente em função dos diferentes níveis de armazenamento iniciais atribuídos a cada caso CVaR no ano de análise. Ainda assim, entende-se que o contexto deste cenário representa um regime de afluências bastante desfavorável para o SIN, contemplando alguns meses do período seco com os piores desempenhos verificados no histórico.

## A) Cenário 60MLT\_EARM20

Verificada a situação de crise de abastecimento, é importante entender se as parametrizações do CVaR foram capazes de internalizar a mesma visão de risco que o operador e o CMSE entendem estar em vigor. A métrica principal para esta avaliação é o requisito de atendimento à geração térmica definida via consulta à CRef, dado pelo índice de atendimento da geração térmica referencial, já definido no GT-Metodologia.

### A.1) Atendimento da geração térmica referencial

No que diz respeito às curvas de armazenamento indicadas nas simulações prospectivas, diferencia-se duas situações, avaliadas em base mensal: (a) armazenamento inferior à referência de alguma das curvas da CRef, implicando na existência de um volume mínimo referencial para a geração térmica; e (b) armazenamento superior à referência dada pela CRef verde, implicando em geração térmica livremente definida pelo modelo conforme cada nível de aversão ao risco.

Com foco na avaliação de situações do tipo (a), o GT-Metodologia calculou um índice de atendimento da geração térmica referencial, definido a partir da equação [1], a qual necessita dos valores de geração necessária definida pela consulta à CREF e dos valores de geração simulada em cada par de parametrização CVaR. O índice agrega as situações de insuficiência na geração térmica em base mensal, ignorando eventos em que a geração térmica indicada pelo modelo é superior à referência do CMSE.

$$\%ATEND_{CREF} = 1 + \frac{\sum \min (GT_{SIMULADA} - GT_{NECESSARIA} , 0)}{\sum GT_{NECESSARIA}} \quad [1]$$

$$\%ATEND_{CREF} = 1 + \%GT_{FALTANTE} \quad [1b]$$

Assumindo o mesmo critério de tolerância de aproximadamente 5%, temos na tabela 4 o resumo das parametrizações que foram capazes de atender ao requisito estipulado.

Tabela 4: Compilação de resultados do índice de atendimento à geração térmica referencial.

		(60MLT_EARM20)							
		Atendimento à geração térmica referencial em situação de crise instaurada							
A.1	CVaR	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)
		$\%ATEND_{CREF}$	86,6%	88,6%	87,6%	91,7%	94,3%	95,8%	95,2%

### A.2) Atendimento à minimização da geração térmica excedente àquela referencial

A avaliação do atendimento dos requisitos de GT em base mensal procura replicar o procedimento usual de avaliação das condições de atendimento que o CMSE realiza junto ao ONS, entretanto, desconsidera compensação de geração térmica simulada entre um mês e outro, que é uma situação bastante recorrente nas simulações. A necessidade de um estudo encadeado se dá também neste sentido, procurando entender a adequação das medidas

adotadas em um intervalo de mais longo prazo, priorizando os resultados ao fim do horizonte de estudo em detrimento daqueles parciais.

Mais além, a análise enrijece o mecanismo da CRef, que foi abertamente tratado como guia comparativo na definição do despacho fora da ordem de mérito e não como instrumento de definição sumária deste despacho. Sendo assim, é importante incluir na avaliação as situações de compensação de geração térmica excedente à aversão ao risco definida pela CRef, quando violada, conforme equação [2]. O indicador pode ser determinado a partir do mesmo conjunto de informações utilizado pelo GT-Metodologia na avaliação do nível de atendimento da CRef, bastando excluir neste caso as situações de insuficiência de geração térmica e focar nos eventos em que o despacho indicado pelo modelo supera aquele definido pelo CMSE.

$$\%ATEND_{MIN\_GTEXCED} = 1 - \frac{\sum \max(GT\_SIMULADA - GT\_NECESSARIA, 0)}{\sum GT\_NECESSARIA} \quad [2]$$

$$\%ATEND_{MIN\_GTEXCED} = 1 - \%GT_{EXCEDENTE} \quad [2b]$$

Idealmente, deseja-se obter com a parametrização do CVaR os mais elevados níveis de internalização do despacho por fora da ordem de mérito e, ao mesmo tempo, produzir os menores excedentes de geração térmica possíveis. O pleno atendimento de ambos os requisitos é impossível, pois representam resultados com respostas que se esperam inversamente proporcionais à medida de risco adotada. Isto é, quanto maior a aversão ao risco internalizada, maiores as chances de se atender plenamente o critério de geração térmica necessária, mas também maiores acumulados de geração térmica excedente são produzidos. A tabela 5 apresenta este comportamento.

Tabela 5: Compilação dos resultados obtidos para as métricas de avaliação do cenário 60MLT\_EARM20.

		(60MLT_EARM20)							
		Ponderação na aversão ao risco							
A.2	CVaR	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)
	$\%GT_{FALTANTE}$	-13,4%	-11,4%	-12,4%	-8,3%	-5,7%	-4,2%	-4,8%	-4,2%
	$\%GT_{EXCEDENTE}$	0,7%	1,0%	0,8%	3,7%	8,5%	10,3%	12,0%	13,4%

### A.3) Ponderação dos índices de atendimento

Entende-se que em situações que envolvem grandezas inversamente relacionadas, a escolha pelo uso da média harmônica é mais adequada na construção de um indicador agregado. A equação [3] apresenta a formulação a ser empregada neste caso.

$$MH = \frac{n}{\left(\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}\right)} \quad [3]$$

Ainda assim, o Comitê pode entender que o atendimento ao critério de geração térmica mínima referencial deve ser priorizado em relação à minimização da geração térmica

excedente. Neste caso é possível reformular a equação da média harmônica para contemplar os pesos atribuídos a cada parcela deste indicador, conforme equação [4].

$$MH(p_1, p_2, \dots, p_n) = \frac{\sum p}{\left(\frac{p_1}{x_1} + \frac{p_2}{x_2} + \dots + \frac{p_n}{x_n}\right)} \quad [4]$$

$$MH(p_{CREF}, p_{MIN\_GTEXCED}) = \frac{p_{CREF} + p_{MIN\_GTEXCED}}{\left(\frac{p_{CREF}}{\%ATEND_{CREF}} + \frac{p_{MIN\_GTEXCED}}{\%ATEND_{MIN\_GTEXCED}}\right)} \quad [4b]$$

Verifica-se que a possibilidade de atribuição de pesos distintos para cada parcela do indicador média harmônica abre alguma margem de arbitrariedade na avaliação de desempenho de cada par CVaR. Ainda assim, fica evidente um maior equilíbrio na solução empregada pelos pares CVaR(25,30), CVaR(25,35) e CVaR(25,40).

Tabela 6: Compilação dos resultados obtidos para as métricas de avaliação do cenário 60MLT\_EARM20.

		(60MLT_EARM20)							
		Média harmônica ponderada dos índices de atendimento à GT necessária e de atendimento à minimização da GT excedente							
CVaR		Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)
A.3	<i>MH(1,1)</i>	92,5%	93,5%	93,1%	93,9%	92,9%	92,6%	91,5%	91,0%
	<i>MH(2,1)</i>	90,5%	91,8%	91,2%	93,2%	93,4%	93,7%	92,7%	92,5%
	<i>MH(3,1)</i>	89,5%	91,0%	90,2%	92,8%	93,6%	94,2%	93,3%	93,3%

## B) Cenário 80MLT\_EARM20

Em um contexto de atendimento assegurado, é interessante que se avalie o balanceamento da aversão ao risco selecionada, de modo que a solução indicada não represente um ônus despropositado ao SIN. Uma das formas de se avaliar é diretamente nos resultados obtidos para o custo total anual da operação, entretanto, não existe um requisito objetivo do nível de aceitação deste custo. Inclusive, a experiência recente demonstra que em condições de crise este fator de ponderação perde quase que totalmente o seu valor como guia da operação, aceitando-se custos extraordinários para a segurança energética do setor.

Uma segunda maneira de avaliar o contrapeso das medidas de aversão internalizadas é verificar o volume de geração térmica excedente àquela referencial quando em situações do tipo (a) e o volume de geração térmica preventiva despachada em situações do tipo (b). A análise nestes termos permanece objetiva e contida aos resultados produzidos no âmbito do GT-Metodologia.

### B.1) Atendimento à minimização da geração térmica excedente àquela referencial

Verifica-se que para o cenário 80MLT\_EARM20 não houve geração térmica excedente àquela referencial para situações em que os armazenamentos se apresentam em níveis inferiores ao da CREF.

### B.2) Eficiência na retenção de armazenamento com geração térmica preventiva

A partir da diferença entre o despacho térmico total simulado em cada parametrização de CVaR, calcula-se o ganho teórico ideal de armazenamento esperado com este despacho. Compara-se este valor com o ganho de armazenamento efetivo obtido em cada caso, obtendo um índice de eficiência na retenção da geração térmica acionada, conforme equações [5a], [5b] e [5c].

$$\%EARM_{TEÓRICA,i} = \frac{(GT_{SIMULADA,i} - \min(GT_{SIMULADA}))}{(EARMAX_{SIN})} \quad [5a]$$

$$\%EARM_{EFETIVA,i} = EARMf_i\left(\frac{dez}{22}\right) - \min\left(EARMf\left(\frac{dez}{22}\right)\right) \quad [5a]$$

$$\%EFF_i = \frac{\%EARM_{TEÓRICA,i}}{\%EARM_{EFETIVA,i}} \quad [5a]$$

Tabela 7: Compilação de resultados do índice de eficiência de retenção da geração térmica.

		(80MLT_EARM20)							
		Eficiência na retenção de armazenamento com geração térmica preventiva							
	CVaR	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)
B.2	$\%EARM_{TEÓRICA}$	Ref.	1,8%	1,3%	7,0%	9,7%	12,0%	15,0%	17,8%
	$\%EARM_{EFETIVA}$	Ref.	2,0%	1,4%	7,2%	9,8%	11,9%	14,1%	16,4%
	$\%EFF$	Ref.	109%	110%	102%	102%	99%	94%	92%

### C) Cenário 60MLT\_EARM11

A avaliação deste cenário permite melhor delinear qual a resposta ideal por parte dos modelos energéticos em situações de degradação dos volumes armazenados. De antemão, é preciso entender que o deplecionamento dos reservatórios em condições hidrológicas adversas é esperado, aceitável inclusive, especialmente quando as condições iniciais se mostram amplamente favoráveis ao atendimento anual da operação do sistema.

Mais do que impedir e redução dos níveis armazenados, é necessário entender se este deterioramento ocorre de forma tão acelerada que possa comprometer o atendimento no próximo ciclo. É dever do mecanismo de aversão ao risco mitigar esta situação em caso positivo, mas não há nenhum contraponto a se apresentar em caso negativo. A forma como este risco foi mitigado também deve ser levada em consideração, com qual antecipação e com quanta força o mecanismo de aversão é acionado, se este acionamento é condizente com a visão de risco de atendimento, são

todos pontos válidos de verificação. As métricas utilizadas na compreensão destes atributos são apresentadas a seguir.

### C.1) Comprometimento do atendimento energético no próximo ciclo de planejamento

Entende-se que um dos principais fatores de comprometimento do atendimento energético no próximo ciclo anual está relacionado ao nível de armazenamento ao fim do horizonte de estudo. Em particular, este risco fica evidente caso este volume armazenado represente violação do limite referencial definido pela CRef e se tenha como premissa a repetição de condições adversas para aflúências.

### C.2) Adequação da velocidade de resposta à degradação dos níveis armazenados

Observa-se que a grande maioria das parametrizações CVaR produzem curvas de evolução de armazenamentos superiores à CRef verde, conforme figura 6. Sendo assim, é condizente que o despacho térmico médio anual seja inferior que aquele utilizado em situações de violação deste primeiro nível da curva referencial, definido em 12.211 MWmed. Parametrizações que apresentem despacho médio anual superior à esta indicação acabam oferecendo uma visão de risco em desacordo com aquela que seria tomada no âmbito da avaliação das condições de atendimento do ONS e CMSE.

### C.3) Adequação do volume térmico de resposta à degradação do armazenamento

Em condições normais de atendimento, é procedimento comum ao operador aguardar o término do período úmido, mais sujeito a forte variabilidade, para determinar a diretriz operativa e eventuais restrições a serem aplicadas no resto do horizonte de planejamento, com vistas à segurança energética. Isto define um momento ideal para verificação da velocidade de resposta de cada parametrização CVaR à deterioração dos armazenamentos: o fim do mês de abril.

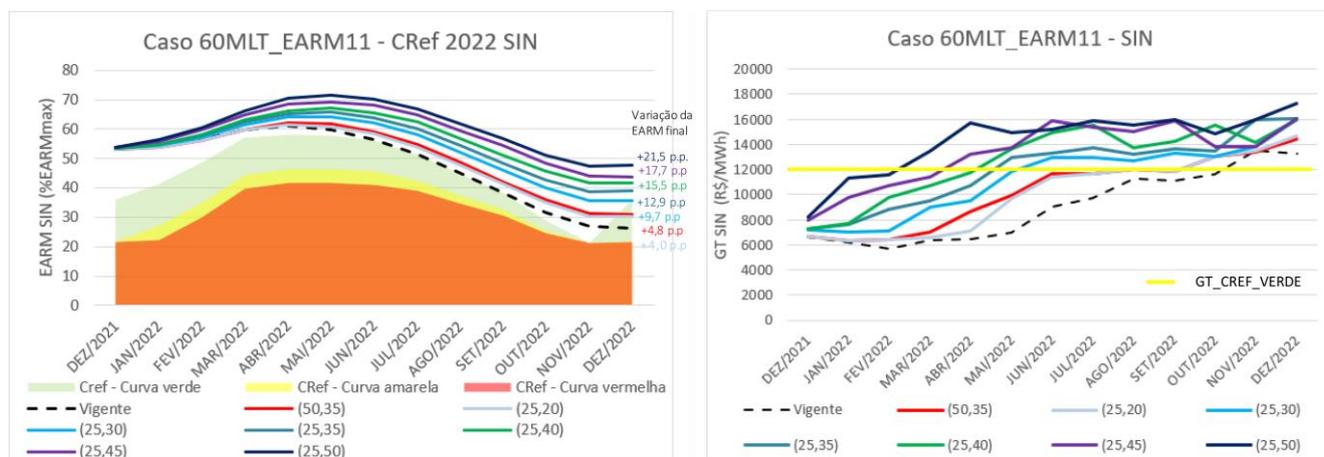


Figura 6: Evolução dos armazenamentos e geração térmica simulada para o cenário 60MLT\_EARM11.

Observa-se que neste período de transição entre o período úmido e o período seco todas as parametrizações CVaR produzem curvas de evolução de armazenamentos superiores à CRef verde, conforme figura 6. É condizente que o despacho térmico mensal neste período

seja inferior que aquele utilizado em situações de violação deste primeiro nível da curva referencial, definido em 12.211 MWmed. Portanto, pode-se utilizar o momento em que o despacho térmico simulado ultrapassa este valor como um indicativo de antecipação e/ou de atraso da resposta dos mecanismos de aversão ao risco.

A tabela 7 apresenta os resultados obtidos para cada um dos níveis de aversão ao risco estudados. O atendimento simultâneo a todos os requisitos é um objetivo difícil pois exige equilíbrio na definição do despacho térmico preventivo necessário para manter níveis de armazenamento confortáveis ao fim do horizonte e ao mesmo tempo conduzir a operação do sistema ao menor custo possível. Observa-se que isto foi alcançado somente para os pares CVaR(25,30) e CVaR(25,35).

Este mesmo desempenho positivo se repete na avaliação da velocidade de resposta da geração térmica acionada pelo modelo em comparação ao rito procedimental do ONS, que usualmente apresenta suas diretrizes e recomendações na reunião do Programa Mensal de Operação (PMO) de maio de cada ano. Sob uma perspectiva de degradação acelerada dos armazenamentos, a diretriz a ser estipulada pelo operador seria de aumento da participação da geração térmica. Somente os pares CVaR(25,30) e CVaR(25,35) apresentaram sincronismo nesta tomada de decisão. Verifica-se que o aumento da geração térmica ocorre com muito atraso na parametrização vigente, com atraso para os pares CVaR(50,35) e CVaR(25,20) e com antecipação para os pares CVaR(25,40), CVaR(25,45) e CVaR(25,50).

Tabela 8: Compilação dos resultados obtidos para as métricas de avaliação do cenário 60MLT\_EARM11.

		(60MLT_EARM11)								
		Comprometimento do atendimento energético no próximo ciclo de planejamento em situação de deterioração dos volumes armazenados								
C.1	CVaR	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)	
		$EARM_f(\text{dez}/22)$	26,15	30,93	30,18	35,82*	39,01	41,63	43,88	47,66
		$CREF_{VERDE}$	36,0							

\* aprovado sob tolerância de 1%

		(60MLT_EARM11)								
		Adequação do volume térmico de resposta à degradação do armazenamento								
C.2	CVaR	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)	
		$GT_{MEDIA\_ANUAL}$	9.080	10.247	10.069	11.284	12.031	12.704	13.285	14.294
		$GT_{CREF\_VERDE}$	12.211							

		(60MLT_EARM11)								
		Adequação da velocidade de resposta à degradação dos níveis armazenados								
C.3	CVaR	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)	
		Data para a qual $GT_{SIMULADA} \approx GT_{CREF\_VERDE}$	out/22 (+5m)	jun/22 (+1m)	jul/22 (+2m)	mai/22 (+0m)	mai/22 (+0m)	abr/22 (-1m)	abr/22 (-1m)	mar/22 (-2m)
		Data de referência para avaliação das condições e resposta à degradação dos armazenamentos	PMO mai/22							

### D) Cenário BACKTEST

A avaliação do cenário BACKTEST foi focada nos anos 2020/2021, momento de crise hídrica. Observa-se que quão mais avesso é o par CVaR em análise, menos a CRef é invadida, como esperado. Ademais, observa-se que entre a revisão 0 de janeiro de 2021 e a revisão 3 de maio de 2021, devido à geração hidráulica compulsória, a diferença entre o montante necessário de geração térmica pelo SIN e o montante simulado permanece mínimo para praticamente todos os casos no horizonte em questão, fora ao fim do período no qual os casos menos avessos apresentam um montante de geração inferior ao requerido.

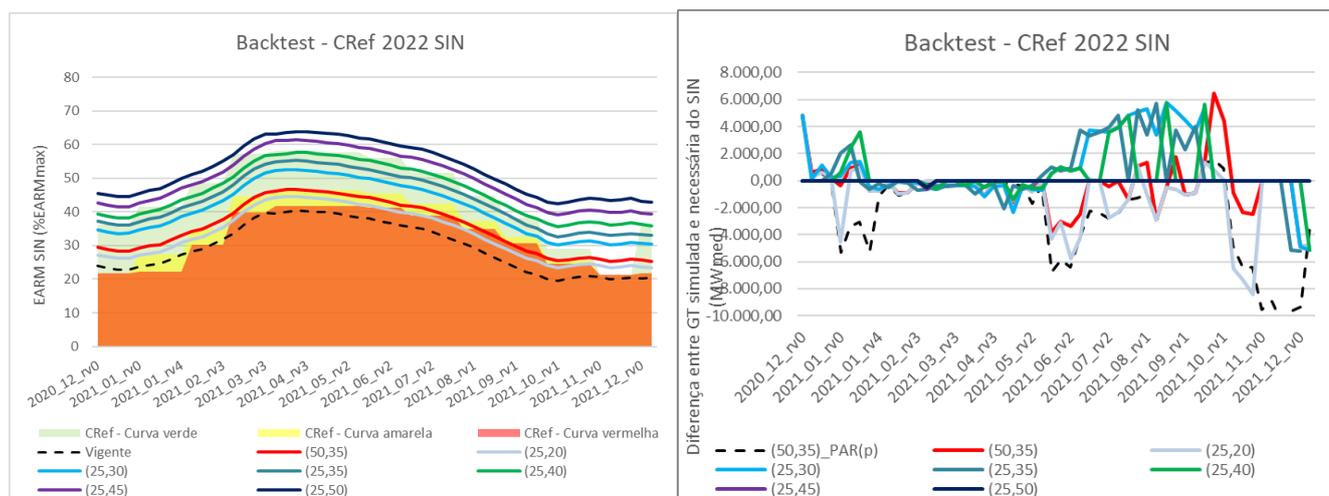


Figura 7: Evolução dos armazenamentos e geração térmica simulada para o cenário de BACKTEST.

Com foco na meta imposta pelo GT-Metodologia de atendimento energético da geração termelétrica, adotando critério de tolerância de 5%, têm-se que dentre os pares CVaR analisados, somente o caso Vigente, o par CVaR(50,35) e o par CVaR(25,20) não se encontram dentro dos limites estabelecidos, como observado na tabela 8. Observa-se que quão mais avesso ao risco é o par, melhor é o atendimento à meta, todavia cresce substancialmente também o custo de geração térmica total.

Tabela 7: Compilação dos resultados obtidos para as métricas de avaliação do cenário BACKTEST.

		(BACKTEST)							
		Atendimento à geração térmica referencial							
D.1	CVaR	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)
	%ATEND <sub>CREF</sub>	81,7%	92,5%	88,6%	96,2%	96,5%	98,3%	99,9%	99,9%

### E) Cenário 120MLT\_EARM11

O cenário 120MLT\_EARM11 representa uma situação de absoluta tranquilidade no atendimento ao SIN, tanto pela oferta hidráulica afluyente quanto por àquela armazenada. Neste caso, não há distinção na resposta entre todas as parametrizações de aversão ao risco estudadas, de forma que não é possível criar um entendimento de vantagens e desvantagens a partir de seus resultados.

### 3. Recomendações

Em vista das respostas obtidas no aprofundamento da análise de cada um dos estudos realizados pela CPAMP, acreditamos que há espaço para reconsideração do par CVaR(25,35).

Tabela 8: Resumo da avaliação multicritério dos pares CVaR simulados.

CVaR		Critério	Ref.	Vigente	(50,35)	(25,20)	(25,30)	(25,35)	(25,40)	(25,45)	(25,50)
A.1	Atendimento à geração térmica referencial em situação de crise instaurada (60MLT_EARM20)	$%ATEND_{CREF}$	$\geq 95\%$	86,6%	88,6%	87,6%	91,7%	94,3%	95,8%	95,2%	95,8%
A.2	Ponderação na aversão ao risco (60MLT_EARM20)	$%GT_{FALTANTE}$	0%	-13,4%	-11,4%	-12,4%	-8,3%	-5,7%	-4,2%	-4,8%	-4,2%
		$%GT_{EXCEDENTE}$	0%	0,7%	1,0%	0,8%	3,7%	8,5%	10,3%	12,0%	13,4%
A.3	Média harmônica ponderada dos índices de atendimento à GT necessária e de atendimento à minimização da GT excedente, avaliada em três ponderações distintas (60MLT_EARM20)	$MH(1,1)$	100%	92,5%	93,5%	93,1%	93,9%	92,9%	92,6%	91,5%	91,0%
		$MH(2,1)$	100%	90,5%	91,8%	91,2%	93,2%	93,4%	93,7%	92,7%	92,5%
		$MH(3,1)$	100%	89,5%	91,0%	90,2%	92,8%	93,6%	94,2%	93,3%	93,3%
B.2	Eficiência na retenção de armazenamento com geração térmica preventiva (80MLT_EARM20)	$%EARM_{TEORICA}$	-	Ref.	1,8%	1,3%	7,0%	9,7%	12,0%	15,0%	17,8%
		$%EARM_{EFETIVA}$	-	Ref.	2,0%	1,4%	7,2%	9,8%	11,9%	14,1%	16,4%
		$%EFF$	$\geq 100\%$	Ref.	109%	110%	102%	102%	99%	94%	92%
C.1	Comprometimento do atendimento energético no próximo ciclo de planejamento dada a deterioração dos armazenamentos (60MLT_EARM11)	$EARM_f$ (dez/22)	$\geq 36$	26,15	30,93	30,18	35,82	39,01	41,63	43,88	47,66
C.2	Adequação do volume térmico de resposta à degradação do armazenamento (60MLT_EARM11)	$GT_{MEDIA\_ANUAL}$	$\leq 12.211$	9.080	10.247	10.069	11.284	12.031	12.704	13.285	14.294
C.3	Adequação da velocidade de resposta à degradação dos níveis armazenados (60MLT_EARM11)	Data na qual $GT_{SIMULADA} \approx GT_{CREF\_VERDE}$	mai/22 (+0m)	out/22 (+5m)	jun/22 (+1m)	jul/22 (+2m)	mai/22 (+0m)	mai/22 (+0m)	abr/22 (-1m)	abr/22 (-1m)	mar/22 (-2m)
D.1	Atendimento à geração térmica referencial no período de backtest (BACKTEST)	$%ATEND_{CREF}$	$\geq 95\%$	81,7%	92,5%	88,6%	96,2%	96,5%	98,3%	99,9%	99,9%
E	Desempenho em condições de abundância de oferta hidráulica afluyente e armazenada (120MLT_EARM11)	-	-	Indiferente							

VERMELHO: desempenho aquém dos critérios estipulados  
BRANCO: desempenho à margem dos critérios estipulados  
VERDE: desempenho dentro dos critérios estipulados

Os resultados para o par CVaR(25,35) demonstraram plena capacidade de resposta quando se estabelecem condições adversas no SIN, com índices de atendimento da GT em 96,5% para o Backtest e de 94,3% no estudo prospectivo 60MLT\_EARM20. Ao mesmo tempo apresenta bom compromisso entre a aversão ao risco e a minimização de custos em situações de atendimento assegurado. Os resultados do estudo prospectivo 80MLT\_EARM20 mostra que para esta parametrização o volume de despacho térmico utilizado é retido de forma eficiente, sendo inteiramente convertido em ganho de armazenamento. Também apresenta capacidade de resposta adequada e proporcional em situações de degradação dos volumes armazenados, conforme estudo prospectivo 60MLT\_EARM11. Ou seja, em uma análise multicritério, acreditamos que foi este o par com a melhor performance. A tabela 9 apresenta este desempenho.