



Consulta Pública sobre aprimoramentos propostos pela CPAMP (ciclo 2021-2022)

Consulta Pública sobre proposta do Grupo de Trabalho Metodologia – GT-Metodologia da Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico – CPAMP que trata dos aprimoramentos propostos pelo GT-Metodologia no Ciclo 2021-2022, abordando os seguintes temas: Modelo PAR(p)-A de Representação Hidrológica e a Avaliação da Parametrização da Aversão ao Risco (CVaR).



11/03/2022

Contexto

Foi publicado no DOU a consulta pública sobre o aprimoramento propostos pela CPAMP (ciclo 2021-2022), abordando os seguintes temas Modelo PAR(p)-A de Representação Hidrológica e a Avaliação da Parametrização da Aversão ao Risco (CVaR). O Relatório Técnico GT Metodologia CPAMP n° 01-2022 expõe estudos backtests e prospectivos com diferentes configurações de parâmetros do CVAR (α , λ), contidas no relatório técnico. Este documento contém a análise dos membros de inteligência da Tempo Energia dos estudos feitos pela CPAMP, e busca fornecer questionamento e outra proposta metodológica e parâmetros de CVaR para esta alternativa.

Metodologia CPAMP

A metodologia de calibração dos parâmetros de CVaR atual está atrelada a 'Curva de Referência de Armazenamento – CRef – para o ano de 2022' realizado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), de modo que se objetiva utilizar os parâmetros do CVaR que façam o modelo decidir um despacho termoeletrico aderente em ao menos 95% as curvas de referência, entre os pares que cumprirem o requisito mínimo será escolhido o que oferecer menor custo térmico. Esta metodologia então impõe, implicitamente, que o par escolhido seja aquele que irá atender o mais próximo acima de 95% do despacho termoeletrico sugerido pelas curvas de referências pré-estabelecidas, uma vez que quanto mais aderente ao despacho da curva mais caro será o custo térmico. Portanto, pela análise do comitê o CVaR indicado foi o par (25, 40), o primeiro CVaR a atender os requisitos exigidos.

Críticas

As críticas à metodologia do CPAMP atual, podem ser categorizadas em duas esferas, a primeira é governança e a segunda teórica/metodológica.

Governança

Na esfera da governança, a crítica vem ao fato de a metodologia da Curva de Referência ser volátil, sem transparência e imprecisa, isto é, a metodologia da construção das curvas não possui uma governança consolidada. Prova disso foi a diferença dos valores das CRefs do ano de 2021 com CRef atual - ano de 2022. A curva de referência de 2021 consiste em uma curva bianual com base na tendência hidrológica de 2019-2020 construída com aflúências próximas à 78% do SIN, enquanto a curva de referência de 2022 é uma curva anual construída com base na tendência hidrológica do ano 2021, considerada pior do histórico desde 1931, aflúência anual de 65% do SIN e com restrições hidráulicas diferentes do ano anterior.

Tal característica gera receio de imprevisibilidade para os agentes, pois cria expectativa de alteração frequente e dramática dos parâmetros de CVaR ao longo dos anos, dado que a metodologia utilizada não seria premeditada e, portanto, criaria um ambiente na qual as decisões de mercado de médio/longo prazo carregariam forte risco imensurável.

Portanto, nesta ótica, é necessário que seja definido uma metodologia explícita para a Calibração do CVaR, e que esta metodologia seja objetiva, pré-definida e constante. Neste contexto, para usar a Curva de

referência para a calibração do CVaR seria necessário estabelecer uma metodologia clara para a construção da curva de referência, de modo que esta garanta previsibilidade e estabilidade ao longo dos anos, isto é, sem alterações frequentes.

Teórica/Metodológica

Entre as críticas teóricas e metodológicas do uso atual da Curva de Referência para a Calibração do CVaR, destacamos:

- Utilização de um horizonte temporal de calibração (1 ano) inconsistente com o próprio horizonte do modelo a ser calibrado (5 anos);
- Utilização da pior série hidrológica do histórico para calibração com o horizonte temporal de 1 ano;
- Métrica de aderência em relação as curvas de segurança sem considerar decisão de despacho termoeletrico acima do estipulado pelas curvas de segurança;

Introdução - Viés metodológico

Entendemos que o objetivo do CPAMP é calibrar os modelos computacionais de modo a garantir a segurança energética do Sistema ao longo do tempo em cenários hidrológicos escassos. Nos pontos que abordam o tema segurança energética destacamos dois objetivos distintos:

- **Contingência:** Garantir atendimento da demanda elétrica em circunstâncias extremas e imprevisibilidade em um cenário estritamente pessimista (reservatório inicial baixo e ENA pior do histórico).
- **Preventiva:** Garantir que ao longo do tempo o modelo possua um viés econômico otimizado, isto é, que este acumule energia armazenada anualmente, a fim de que em períodos críticos futuros exista energia inicial armazenada suficiente nos reservatórios que garantam segurança energética do relativo ano ou do período a um menor custo.

Acreditamos que o primeiro critério é satisfeito pela metodologia da curva de referência como um plano de contingência, porém, o segundo critério não. Na nossa visão o segundo ponto é mais relevante, visto que uma situação hidricamente crítica, semelhante ao cenário hidrológico da CRef 2022, não necessariamente resultará em um cenário energeticamente crítico, devido ao nível de energia armazenada acumulado previamente. Ou seja, caso os reservatórios tivessem sido acumulados anteriormente, o Sistema ficará mais confortável e podendo garantir até mesmo operação estável num cenário hidrológico ainda pior.

Tal comportamento é observado ao comparar os resultados dos prospectivos **60MLT_EARM11** e **60MLT_EARM20**, na qual embora os dois possuindo a mesma tendência hidrológica pessimista, foi verificado que no cenário com EARM inicial alto (EARM_11) seria possível realizar uma operação por completo acima das curvas de segurança atual sem nenhum momento de criticidade de reservatório abaixo do mínimo operativo para todos os parâmetros CVaR testados. Enquanto no cenário **60_MLT_EARM20**, todos alcançaram um EARM final próximo, um despacho termoeletrico muito semelhante em termos absolutos¹ e mesmo assim **todos** terminaram **não atendendo** a exigência de **20% do EAR mínimo do subsistema Sudeste**.

Portanto, fica evidente que a solução mais preventiva e econômica para um provável cenário crítico futuro é preservar a energia armazenada antecipadamente. Contudo, utilizar a CRef 2022 para calibrar o modelo é apenas buscar os parâmetros que realize um despacho quase integral do parque térmico do SIN em um ano

crítico (EAR inicial baixo e ENA média pior do histórico), e neste quesito, todos os parâmetros em termos absolutos dialogam com pequena diferença, o que torna a seleção de um parâmetro específico bastante frágil, por meio desse estudo.

A melhor forma de selecionar os parâmetros de CVaR é analisar diversos cenários de afluições, probabilidades de acontecimentos e trajetórias de reservatórios para cada conjuntura, checando o comportamento dos diferentes parâmetros e verificando se existe um viés acumulativo para estes cenários de modo que a energia armazenada inicial de um novo período hidrológico não seja baixa.

Adicionalmente, a ideia de operação preventiva e acumulativa ao longo dos anos entra em conflito com o horizonte temporal de um ano utilizado na construção da CRef 2022 e do modelo de médio prazo (NEWAVE), uma vez que o modelo planeja e realiza decisões acumulativas de reservatório para um horizonte de 5 anos, isto é, o modelo realiza uma política operativa sempre observando efeitos de crescimento de demanda, e planeja acúmulos de reservatórios para lidar com isso no futuro.

Sendo o NEWAVE um modelo estocástico, espera-se que este esboce comportamento reativo frente a uma metodologia que pré-defini um dado despacho termoeletrico constante e uma fixada tendência hidrológica, afinal a reatividade de uma curva fixa é nula. Desta forma criar um indicador “nível de atendimento energético da geração termelétrica” calculando despacho térmico total **acumulado de um ano, desprezando** o despacho térmico nos estágios em que o despacho simulado é superior ao despacho térmico estipulado pela curva, é enviesar por uma reatividade nula que provavelmente somente seria possível de ser contornada se o modelo pudesse prever as vazões futuras. Portanto entendemos que esta metodologia é **questionável**, nossa sugestão é utilizar a métrica considerando esses estágios como positivos.

Equação (1) proposta do CPAMP:

$$1 + \frac{\sum_{i=1}^n \min(\text{Geração térmica simulada}_i - \text{Geração térmica necessária}_i; 0)}{\sum_{i=1}^n \text{Geração térmica necessária}_i}$$

Equação (2) proposta pela Tempo Energia:

$$1 + \frac{\sum_{i=1}^n \text{Geração térmica simulada}_i - \text{Geração térmica necessária}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Geração térmica necessária}_i}$$

Idealmente, para analisar os parâmetros e realizar a escolha destes, a nossa proposta seria reformular os estudos prospectivos realizados para 2022, construindo séries artificiais com 60%, 80%, 100% e 120% da MLT, inicializando o EAR com a saída relativa ao **Backtestes 2016/2021** para cada estudo de parâmetro executado, por exemplo, dado que a saída do **Backtestes 2016/2021** para o CVaR 25/40 foi 36,3 % da energia armazenada do SIN, os prospectivos para este parâmetro deveriam ser feitos com este valor de energia armazenada inicial, seguindo a mesma lógica para os outros casos.

A partir desses resultados, seria possível observar qual modelo teria sido capaz de atender a operação térmica necessária estimada pelas curvas, escolhendo aquele que ao aplicar a equação (2) possuir ao menos 95% de aderência em média para todos as séries do prospectivo (média dos 4 cenários) desde que satisfaça as exigências de energia armazenada mínima operativa em todo a horizonte e que também não cause grandes perdas de energia por vertimentos turbináveis ou não turbináveis em cenários otimistas.

Porém, não havendo possibilidade de reprodução desses testes a sugestão então é descartar o estudo **60MLT_EARM20**, pois a criticidade deste é tamanha que revela uma fragilidade estrutural dado que nenhum parâmetro de CVaR foi capaz de atender ao requisito operativo mínimo, conclui-se que o estudo apenas expõe a incapacidade sistêmica de realizar uma operação em período hidrológico ruim com um nível de armazenamento baixo, um cenário que não existiria caso a operação preventiva fosse executada anteriormente.

Para todos os outros cenários todos os parâmetros atenderam o mínimo operativo, exceto o modelo vigente e o par de CVAR 25/20, sugerimos calcular a média para estes cenários considerando os despachos termoeletricos simulados maiores que os da curva, isto é, utilizando a equação (2), logo, o resultado pode ser visto abaixo:

Tabela 1 – Resultado dos níveis de atendimento energético da geração térmica com a equação (2)

	60MLT_EARM11	80MLT_EARM20	120MLT_EARM11	Back_Test	Média
Vigente	98,8%	81,1%	100,0%	82,3%	90,7%
(50,35)	101,7%	82,3%	100,0%	96,6%	95,1%
(25,20)	101,9%	81,8%	100,0%	98,2%	98,1%
(25,30)	102,6%	86,6%	100,0%	109,2%	99,6%
(25,35)	100,0%	90,1%	100,0%	105,8%	99,0%
(25,40)	100,0%	94,0%	100,0%	104,0%	99,5%
(25,45)	100,0%	98,0%	100,0%	99,9%	99,5%
(25,50)	100,0%	99,3%	100,0%	99,9%	99,8%

Portanto, a nossa sugestão final como parâmetro de CVaR é o (25,30).

¹: A maior diferença foi de 7,3% entre o modelo Vigente e o CVaR 25/50 do despacho termoeletrico entre ambos, não é um valor expressivo e resultou em uma diferença de energia armazenada final do SIN entre estes de apenas 5,6%.

Horizonte temporal de calibração

Os argumentos para a utilização de 1 ano do horizonte temporal entre a CRef 2022 e o modelo de médio prazo NEWAVE, foram primordialmente pela escolha de contingência, a fim de que o despacho térmico atendesse um cenário hidricamente extremo. No entanto, o acontecimento do passado, não indica que esse cenário crítico energeticamente se repetirá em anos de baixas aflúncias, caso o modelo preventivamente realize um acúmulo de reservatórios em anos anteriores. Portanto, para avaliar adequadamente pressupõe considerar as políticas operativas anteriormente realizadas que culminaram em um determinado nível de energia armazenada final.

Nesta perspectiva é essencial que o modelo detenha um caráter conservador e construa tendências de acúmulo de energia armazenada, para checar essa hipótese de tendência da energia armazenada para um modelo podemos utilizar a Transformada Rápida de Fourier (FFT - Fast Fourier Transform) para verificar sazonalidade e a decomposição da série temporal para verificar a tendência. Neste estudo foi realizado a FFT para curva de energia armazenada do subsistema Sudeste do período de 01/01/2010 – 31/12/2021, o resultado mostrou as frequências temporais dominantes dessa série. O resultado desejado é não haver sazonalidade forte para frequências maiores que de 1 ano, pois isso, significaria fraca tendência de acúmulo



de energia ao longo do tempo para horizontes de maior prazo, o que resultaria em fragilidade para possíveis períodos hidricamente críticos posteriores.

Na figura 1 verifica-se o espectro de potência e constatou-se uma forte sazonalidade para frequências baixas.

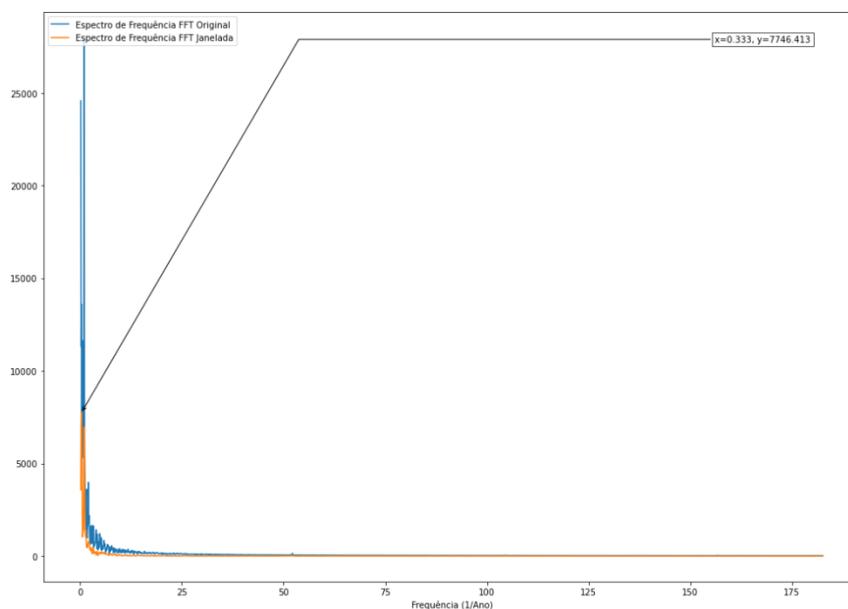


Figura 1: Espectro de Potência do EAR do Sudeste do período de 2010-2021 (01-01-2010 – 31-12-2021).

Na Tabela abaixo, temos a lista das dez maiores magnitudes de potência da FFT para a série do histórico.

Tabela 2 : Dez maiores magnitudes de força do espectro de potência da Curva de Energia Armazenada diário do subsistema Sudeste durante o período de 2016-2021.

Frequência Temporal (Anos)	Magnitude de Força
3,0	7.746
4,0	7.073
1,0	6.962
2,4	6.224
0,9	5.727
1,1	3.910
2,0	3.683
6,0	3.580
0,9	2.732
1,2	1.406

A tabela 2 esclarece o que houve sinais de oscilação sazonal em períodos de 3 e 4 anos na operação de Energia armazenada do Sudeste ao longo de um histórico de 11 anos. Sabe-se que a sazonalidade é esperada dado que a energia armazenada é intrinsecamente dependente de variáveis e fenômenos de natureza caótica, mas sinaliza uma possível vulnerabilidade nas políticas operativas do passado em manter ou economizar os níveis de energia armazenada, dado que que a linha de tendência foi intensamente decrescente, tal fato, é verificado no quadro 2 da figura 2.

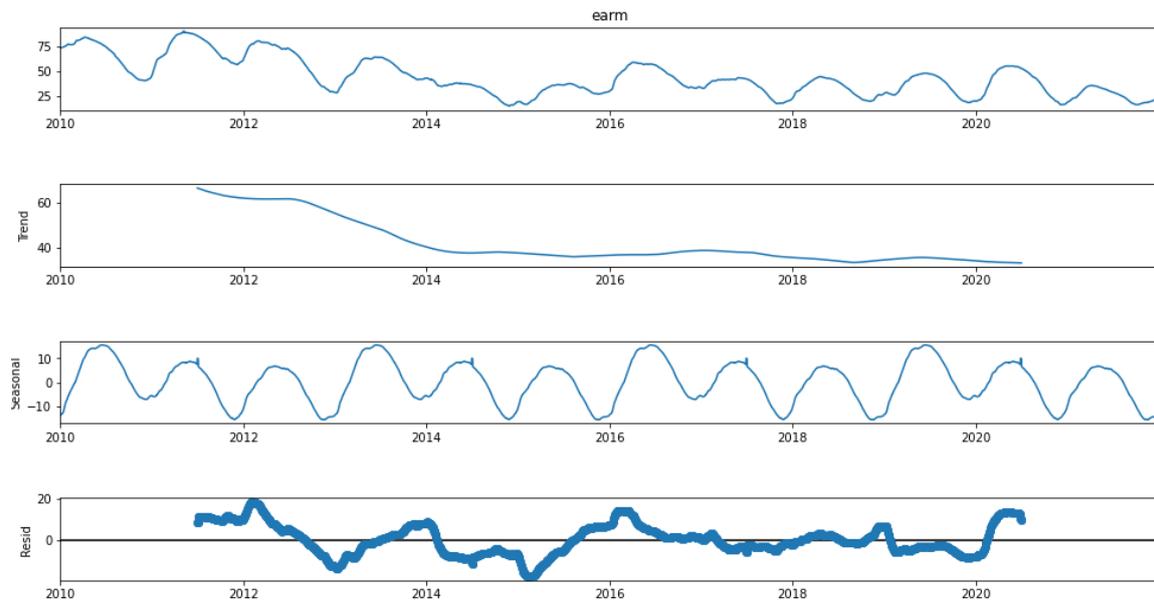


Figura 2: Série Temporal de EAR SE, Curva de Tendência, Sazonalidade e Resíduos para Energia Armazenada do Sudeste.

Deste modo, a análise de Fourier e decomposição, pode ser realizada para a saída dos modelos em seus estudos **Backtestes 2016/2021** desempenhados pelo CPAMP, e verificar se existe uma tendência de crescimento ou de manutenção mais constante da energia armazenada ao longo do tempo.

Ao utilizarmos análises FFT/Decomposição; nos casos **Backtestes 2016/2021**, chegamos nos seguintes resultados da tabela 3. Foi verificado neste estudo, a sazonalidade dominante, cujo valor foi de 1 ano para todas as curvas de saída de energia armazenada.

Tabela 3: Maior magnitude de força do espectro de potência da Curva de Energia Armazenada diário do subsistema Sudeste durante o período de 2016-2021 para os respectivos pares de CVaR.

CVaR	Frequência Dominante (Anos)
50-35	1
25-20	1
25-30	1
25-35	1
25-40	1
25-45	1
25-50	1

A diante, consultando a figura 3 é possível verificar quais destes pares foi capaz de gerar uma tendência de crescimento de Energia armazenada que garantiria uma proteção prévia para o ano crítico (2021).

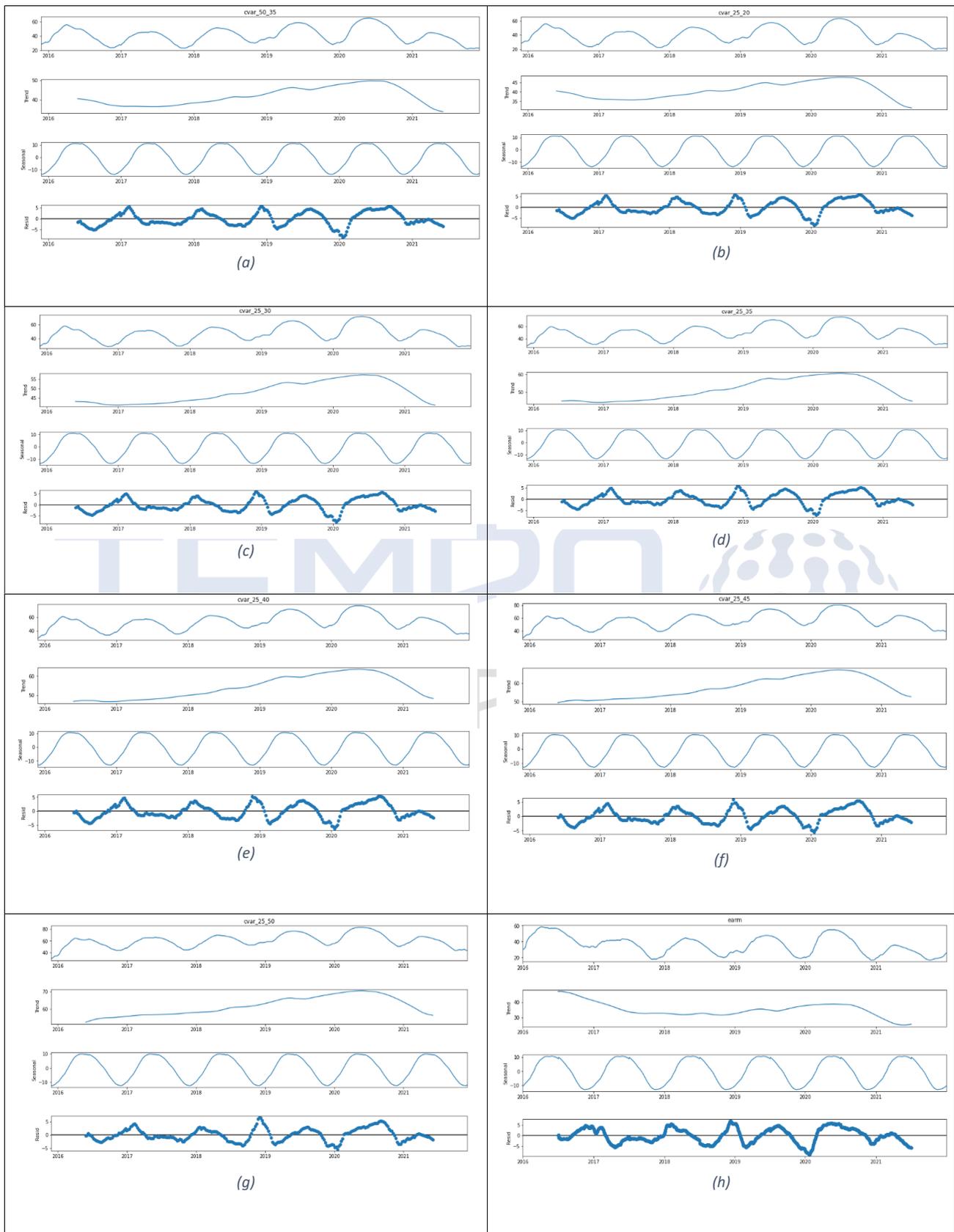


Figura 3 - Gráficos de Curva de Energia Armazenada, tendência, sazonalidade e resíduos para cada parâmetro de CVaR.

Ao analisar as decomposições das séries temporais dos **Backtestes 2016/2021** (figuras (a) a (g)) e da **curva de operação real** (figura (h)), é conclusivo que o ano crítico (2021) seria contornado, caso qualquer modelo acima tivesse comandado o despacho anteriormente. Todos construíram uma tendência acumulativa de reservatório no longo prazo, conforme observado no quadro 2 das figuras de (a) até (g) da figura 3, que claramente foi utilizado com maior intensidade no ano crítico, portanto, o comportamento desejado em linhas gerais já está sendo verificado nos resultados.

Com isso, podemos concluir que o estudo mais relevante para o julgamento correto do comportamento dos modelos é a análise de aderência a Curva de Referência para o **Backtestes 2016/2021**, pois este levou em conta todo o acúmulo de energia armazenada decidido pelos modelos previamente.

Então, o melhor modelo seria aquele que conseguiu passar pelo período crítico sem nunca ter ficado abaixo dos volumes mínimos operativos tanto no ano crítico quanto no período do **Backteste**, tal requisito apenas descartaria o modelo Vigente e o par 25/20.

A partir da análise dos resultados, sugerimos o CVaR 25/30, pois este finalizou o ano crítico com uma folga de, aproximadamente, 10% da energia armazenada mínima para o subsistema Sudeste, enquanto o par 50/35 ficou apenas 3% acima.

Calibração com base no pior cenário operativo (EAR inicial baixo e ENA pior do histórico)

A metodologia defendida nesta contribuição é que a forma de garantir o atendimento da demanda em um cenário hídrico extremo é somente através de acúmulo de reservatório previamente feito em cenários hídricos mais prováveis e recorrentes do histórico.

Portanto, a argumentação é que o pior cenário deve ser analisado, porém, considerando um antecedente prévio de cenários mais prováveis. Analisar prospectivos totalmente artificiais, isto é, EAR inicial baixo e ENA pior do histórico é um erro avaliativo, no nosso entendimento apenas o cenário hídrico deve ser simulado sem assumir premissas iniciais de Energia Armazenada.

Nível de atendimento energético da geração termelétrica

Conforme mencionado anteriormente, avaliar um nível de atendimento energético da geração de termelétrica sem considerar o despacho térmico superior ao despacho térmico necessária indicada pela CRef demonstra um indicador equivocado e tendencioso, pois implicitamente desconsidera uma geração térmica que foi despachada pelo modelo em momentos que o modelo é mais restritivo que a CRef. Desta forma sugerimos utilizar a Equação (2) para mensurar o melhor despacho térmico, ou seja, considerar o integral de todos despacho acumulado durante o período.

Equação (1) proposta do CPAMP:

$$1 + \frac{\sum_{i=1}^n \min(\text{Geração térmica simulada}_i - \text{Geração térmica necessária}_i; 0)}{\sum_{i=1}^n \text{Geração térmica necessária}_i}$$

Equação (2) proposta pela Tempo Energia:

$$1 + \frac{\sum_{i=1}^n \text{Geração térmica simulada}_i - \text{Geração térmica necessária}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Geração térmica necessária}_i}$$

Ao recalcular os indicadores de despacho térmico conforme a equação proposta (Equação 2) nos estudos prospectivos apresentados pela CCEE, **60MLT_EARM11**, **60MLT_EARM20**, **80MLT_EARM20** e **120MLT_EARM11**, chegamos nos seguintes resultados representados na tabela abaixo.

Tabela 4 – Indicadores dos níveis de atendimento energético da geração térmica nos casos prospectivos com as equações (1) e (2).

	SUBMERCADO	Caso	CVaR	Equação (1)	Equação (2)	Delta
60MLT_EARM11	SIN	Base - PAR(p)	Vigente	97,9%	98,8%	0,9%
	SIN	PAR(p)-A - 5035	(50,35)	100,0%	101,7%	1,7%
	SIN	PAR(p)-A - 2520	(25,20)	100,0%	101,9%	1,9%
	SIN	PAR(p)-A - 2530	(25,30)	100,0%	102,6%	2,6%
	SIN	PAR(p)-A - 2535	(25,35)	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2540	(25,40)	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2545	(25,45)	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2550	(25,50)	100,0%	100,0%	0,0%
60MLT_EARM20	SIN	Base - PAR(p)	Vigente	86,6%	87,4%	0,7%
	SIN	PAR(p)-A - 5035	(50,35)	88,6%	89,5%	1,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2520	(25,20)	87,6%	88,3%	0,8%
	SIN	PAR(p)-A - 2530	(25,30)	91,7%	95,4%	3,7%
	SIN	PAR(p)-A - 2535	(25,35)	94,3%	102,8%	8,5%
	SIN	PAR(p)-A - 2540	(25,40)	95,8%	106,1%	10,3%
	SIN	PAR(p)-A - 2545	(25,45)	95,2%	107,2%	12,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2550	(25,50)	95,8%	109,1%	13,4%
80MLT_EARM20	SIN	Base - PAR(p)	Vigente	81,1%	81,1%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 5035	(50,35)	82,3%	82,3%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2520	(25,20)	81,3%	81,3%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2530	(25,30)	86,6%	86,6%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2535	(25,35)	90,1%	90,1%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2540	(25,40)	94,0%	94,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2545	(25,45)	98,0%	98,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2550	(25,50)	99,3%	99,3%	0,0%
120MLT_EARM11	SIN	Base - PAR(p)	Vigente	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 5035	(50,35)	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2520	(25,20)	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2530	(25,30)	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2535	(25,35)	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2540	(25,40)	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2545	(25,45)	100,0%	100,0%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2550	(25,50)	100,0%	100,0%	0,0%

Observa-se que no cenário **60MLT_EARM20**, os indicadores dos casos com os parâmetros mais restritos que o (25,30) indicaram um despacho térmico acima do despacho indicado da CRef de 2022. E nos outros prospectivos **60MLT_EARM11**, **80MLT_EARM20** e **120MLT_EARM11** expôs que todos os parâmetros do CVaR satisfazem os despachos térmicos.

Análogo, replicamos o mesmo cálculo no estudo **Backtest - Análise da meta em comparação com a CRef 2022 SIN** apresentado pela CCEE nos períodos de 2020 a dezembro de 2021 e chegamos nos seguintes resultados.

Tabela 5 - Indicadores dos níveis de atendimento energético da geração térmica no caso Backteste CRef 2022 SIN com as equações (1) e (2).

	SUBMERCADO	Caso	CVaR	Equação (1)	Equação (2)	Delta
Backtest Cref 2022 SIN	SIN	Base - PAR(p)	(50,35)_PAR(p)	81,7%	82,9%	1,3%
	SIN	PAR(p)-A - 5035	(50,35)	92,5%	96,6%	4,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2520	(25,20)	88,6%	90,2%	1,7%
	SIN	PAR(p)-A - 2530	(25,30)	96,2%	109,2%	13,1%
	SIN	PAR(p)-A - 2535	(25,35)	96,5%	105,8%	9,3%
	SIN	PAR(p)-A - 2540	(25,40)	98,3%	104,0%	5,8%
	SIN	PAR(p)-A - 2545	(25,45)	99,9%	99,9%	0,0%
	SIN	PAR(p)-A - 2550	(25,50)	99,9%	99,9%	0,0%

Da tabela acima, verificamos que a partir dos parâmetros CVaR (25,30) os indicadores de despacho térmico foram atendidos acima de 96,2% pela equação (1) e 109,2% pela equação (2).

Conclusão

Realizando uma análise dos **prospectivos** e do **Backteste- CRef 2022 SIN** apresentados, fica incontestável que o objetivo que o CPAMP deveria garantir o comportamento **preventivo**, ao invés de garantir a **contingência**. Visto que, no nosso entendimento, o acúmulo de energia armazenada é menos custoso ao Sistema e mais seguro, se comparado ao critério de contingência, que não atende um reservatório satisfatório em cenário crítico, (EAR inicial baixo e pior ENA do histórico), caso que foi provado que independente do parâmetro o sistema neste cenário artificial terminará em uma situação operativa não desejada (prospectivo 60MLT_EARM20).

A contestação para essa metodologia surge pela argumentação de que o cenário crítico futuro não existirá, na condição da garantia do comportamento preventivo do modelo, isto significa que o modelo se preparará anteriormente quando chegar o ano hídrico crítico, e a forma efetiva para se avaliar este comportamento preventivo consiste em analisar as decisões de despacho térmico para os anos hidricamente prováveis que antecedem um possível ano crítico.

Logo, é necessário considerar um espaço temporal maior; passando por cenários mais prováveis até chegar ao cenário crítico, e a métrica de avaliação deve considerar todo despacho térmico comandado pelo modelo, não importando se o despacho foi desviado temporalmente em relação à curva de segurança.

Este resultado é verificado no **BackTeste 2016-2021**, dado que se tivéssemos iniciado o ano de 2020 com os níveis de energia armazenada dos estudos teríamos terminado o ano crítico com os reservatórios confortáveis, acima do volume mínimo em todos os casos (exceto o vigente) e realizando o despacho térmico ótimo (acima de 95% pela equação 2), apresentado na figura 4; aliado a um menores impactos tarifários mostrado na figura 5; e conseqüentemente menores riscos de não atendimento a demanda, mesmo no pior ano de aflúncias do histórico de 91 anos, que foi o ano de 2021.

Desta forma dentre todos os casos estudados, entendemos que o **caso PAR(A) – 2530** é o caso que atendeu todos os requisitos ao menor custo e maior benefício.

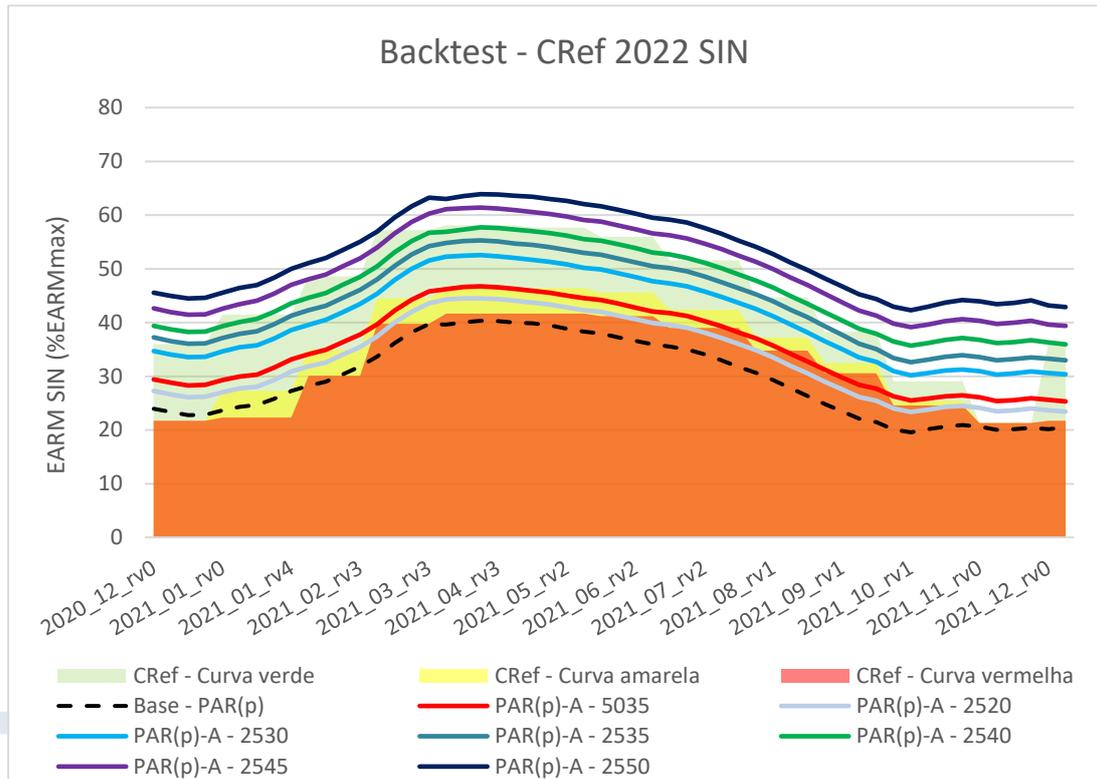


Figura 4 - Resultado da Energia Armazenada do SIN para o BackTeste 2016-2021

Resultados (com revisão de GF)

Impacto Tarifário (%)							
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Média
CVaR5035_Ref	-	-	-	-	-	-	-
CVaR5035_NP	-1,59%	-0,28%	-0,20%	0,34%	-1,85%	-5,61%	-1,53%
CVaR2520_NP	-1,77%	-0,14%	-0,45%	0,08%	-2,04%	-5,45%	-1,63%
CVaR2530_NP	-0,79%	-0,07%	0,09%	0,99%	-1,90%	-5,83%	-1,25%
CVaR2535_NP	-0,22%	0,16%	0,27%	1,36%	-1,62%	-5,90%	-0,99%
CVaR2540_NP	0,24%	0,51%	0,27%	2,59%	-1,37%	-5,80%	-0,59%
CVaR2545_NP	1,04%	0,76%	0,45%	3,19%	-1,12%	-5,73%	-0,23%
CVaR2550_NP	2,01%	0,94%	0,76%	3,63%	-0,79%	-5,50%	0,18%

Figura 5 - Avaliação de impacto Tarifário - Simulação + ESS