



**BOLETIM  
MENSAL**



# **MONITORAMENTO DE SECAS E IMPACTOS NO BRASIL**

Centro Nacional de Monitoramento e  
Alertas de Desastres Naturais - Cemaden

**DEZEMBRO 2022**

Ano 06 | Número 55



**MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES**



# MONITORAMENTO DE SECAS E IMPACTOS NO BRASIL

**BOLETIM - DEZEMBRO 2022**

Ano 06 | Número 55

## **Diretor do Cemaden**

Oswaldo Luiz Leal de Moraes

## **Coordenador Geral de Pesquisa e Desenvolvimento**

José A. Marengo

## **Revisão Científica**

Ana Paula Cunha

Marcelo Zeri

## **Pesquisadores Colaboradores**

Adriana Cuartas

Alan Pimentel

Aliana Maciel

Christopher Cunningham

Elisângela Broedel

João Garcia

Jerusa Peixoto

Lidiane Costa

Márcia Guedes

Regina Alvalá

## **Cemaden - Localização/ Contato**

Estrada Doutor Altino Bondensan, 500

Distrito de Eugênio de Melo, São José dos Campos/SP

Tel: +55 (12) 3205-0200 | Tel: +55 (12) 3205-0201

## **Equipe Secas**

[secas@cemaden.gov.br](mailto:secas@cemaden.gov.br)

[www.gov.br/cemaden](http://www.gov.br/cemaden)

## SUMÁRIO

O Índice Integrado de Seca (IIS) para o mês de dezembro indica a permanência de condição de seca moderada a severa principalmente no Acre, norte do Mato Grosso, Rondônia, sul de Goiás e na porção norte de São Paulo. A condição de seca extrema foi observada em municípios localizados no Rio Grande do Sul.

De acordo com a avaliação dos impactos da seca em áreas de atividades agrícolas e/ou pastagens (agropecuárias), 537 municípios apresentaram pelo menos 40% de suas áreas de uso impactadas no mês de dezembro. Destaque para o estado do Rio Grande do Sul que teve 152 municípios com área agroprodutiva impactada pela seca acima de 80%.

Com relação aos impactos da seca nos recursos hídricos, referente ao mês de dezembro de 2022, destaca-se, na região Sudeste do país, o Sistema Cantareira, em uma condição de seca hidrológica Moderada (de acordo com o SSFI), onde foi registrada vazão afluente de 108% da média histórica do mês, enquanto o armazenamento nos reservatórios encerrou o mês com 43% do volume útil (faixa de operação "Atenção"). Ainda na região Sudeste, a usina hidrelétrica (UHE) Furnas que se encontra numa seca hidrológica Fraca, registrou vazão equivalente a 108% da média do mês, e o armazenamento no reservatório encerrou o mês com 66% do volume útil (faixa de operação "Normal"). Na UHE Três Marias, também na região Sudeste, que apresenta uma condição Normal em relação à seca hidrológica, foi registrado vazão cerca de 107% da média histórica, e o reservatório finalizou o mês com 63% do volume útil (faixa de operação "Normal"). Na Região Centro-Oeste, a vazão na UHE Serra da Mesa, também classificada numa condição de seca hidrológica Normal, foi 151% da média, e o nível de armazenamento do reservatório, no final de dezembro, atingiu 60% da capacidade total (faixa de operação "Normal"). Ressalta-se que em todas essas áreas, devido as precipitações abundantes no mês de dezembro, foi registrada uma elevação tanto na vazão afluente quanto no volume armazenado nos reservatórios, comparativamente ao mês anterior. Na região Sul do país, destaca-se a UHE Itaipu, numa condição de seca hidrológica Extrema. Em dezembro, a vazão média em Itaipu foi equivalente a 78% da média histórica. Ainda no Sul, na UHE Passo Real, que atualmente também apresenta condição de seca hidrológica Extrema, foi registrada, em dezembro, vazão média inferior ao mínimo absoluto mensal (16%), e o armazenamento no reservatório finalizou o mês com 58% da capacidade total. Nas UHEs Segredo e Barra Grande que apresentam uma condição de Normalidade em relação a seca hidrológica, as vazões se mantiveram acima e em torno da média histórica (142% e 102%, respectivamente), e o volume armazenado finalizou o mês com cerca de 85% e 80% da capacidade total, respectivamente.

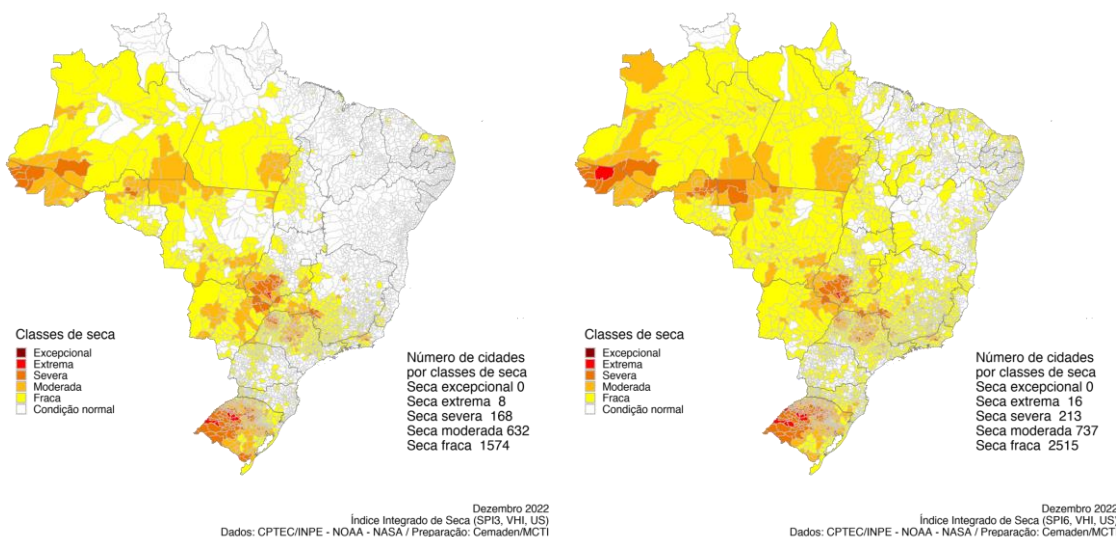
A La Niña ainda se encontra em atividade, mas enfraquecendo do ponto de vista do aquecimento das Temperaturas da Superfície do Mar. A previsão por consenso entre o *Climate Prediction Center* e o *International Research Institute* indica que durante o trimestre JFM/2023 deva ocorrer a transição para um estado neutro (sem La Nina, nem El Nino). As previsões sazonais multi-modelo de chuva do CPTEC/INMET/FUNCEME e do International Research Institute (IRI-EUA) (ambas iniciando das condições observadas em dezembro/2022) concordam em prever, durante JFM/2023, condições normais no centro-

sul do Brasil. Isto é, chuvas dentro dos patamares esperados para o período (JFM/2023). No setor norte a previsão é de chuva acima da média. A previsão do modelo do Centro Europeu (ECMWF), iniciada em dezembro/2022, concorda com este cenário. As previsões subsazonais (3<sup>a</sup> - 4<sup>a</sup> semana: final de janeiro a início de fevereiro) indicam chuva abaixo da média em uma região que abrange o nordeste do estado de São Paulo, o sul de Minas Gerais e os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

## ÍNDICE INTEGRADO DE SECA (IIS) - BRASIL

O IIS é calculado a partir da combinação do SPI (escalas de três e seis meses), com o Índice de Saúde da Vegetação (VHI) e com dados de Umidade do Solo (US) – estes dois últimos estimados por satélite. O IIS de 3 e 6 meses (Figura 1) para o mês de dezembro indica a permanência de seca moderada e severa principalmente no Acre, porção sul de Goiás e norte de São Paulo. A situação é mais crítica no Rio Grande do Sul, onde 31% dos municípios apresentaram condições de seca severa e extrema.

**Figura 1** - Índice Integrado de Seca (IIS) referente ao mês de dezembro de 2022 nas escalas de 3 meses (IIS3, esquerda) e 6 meses (IIS6, direita).

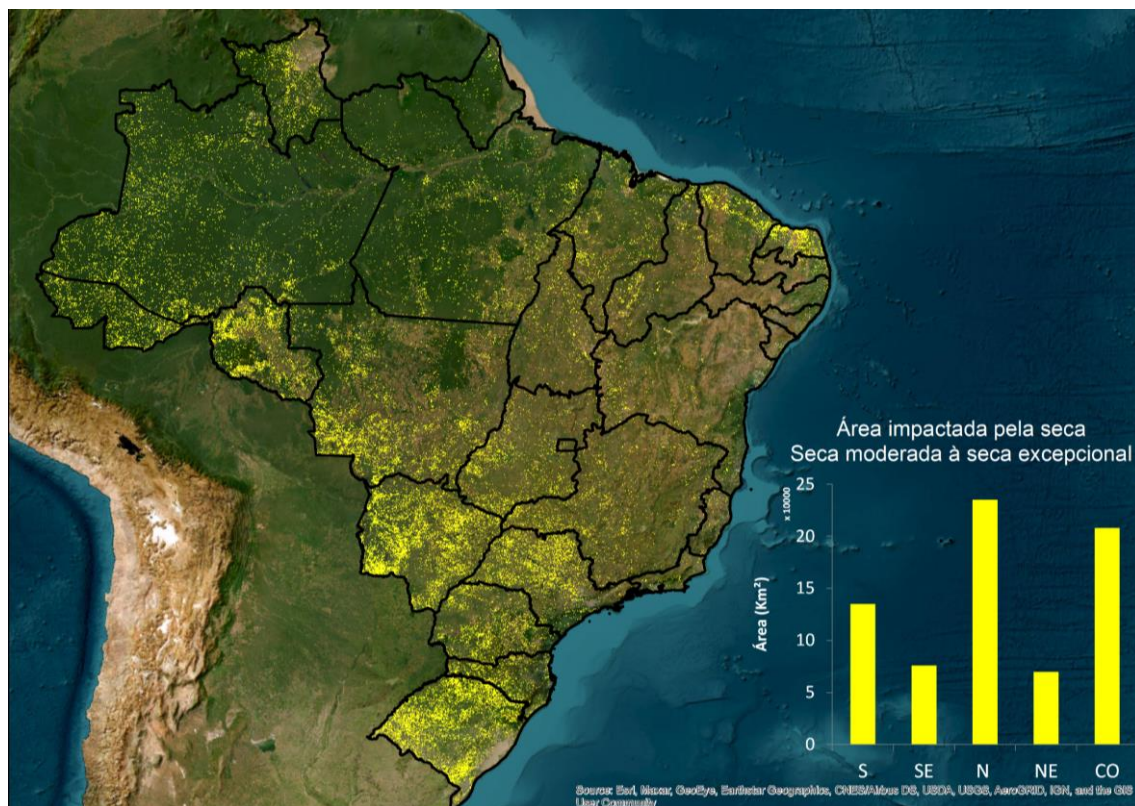


## MONITORAMENTO DOS IMPACTOS DA SECA: VEGETAÇÃO E AGRICULTURA

### Estimativa das Áreas com Condição de Estresse Hídrico

A avaliação de impactos do déficit hídrico na vegetação é realizada por meio do Índice de Saúde da Vegetação (VHI). A condição de estresse hídrico acontece quando a água armazenada no solo é insuficiente para sustentar o crescimento vegetal. De maneira geral, a área com condição de seca diminuiu para maior parte do Brasil, com exceção das regiões Nordeste, que foi de 2,7% (41 mil km<sup>2</sup>) para 4,5% (69 mil km<sup>2</sup>), e Sul, que foi de 21,4% (123 mil km<sup>2</sup>) para 23,3% (134 mil km<sup>2</sup>). As maiores reduções foram de 16,7% (154 mil km<sup>2</sup>) e 30,2% (485 mil km<sup>2</sup>), para 8,0% (75 mil km<sup>2</sup>) e 12,9% (207 mil km<sup>2</sup>), respectivamente. A região Norte, também teve uma redução na área com condição de seca, porém mais modesta de 6,4% (247 mil km<sup>2</sup>) para 6,1% (234 mil km<sup>2</sup>).

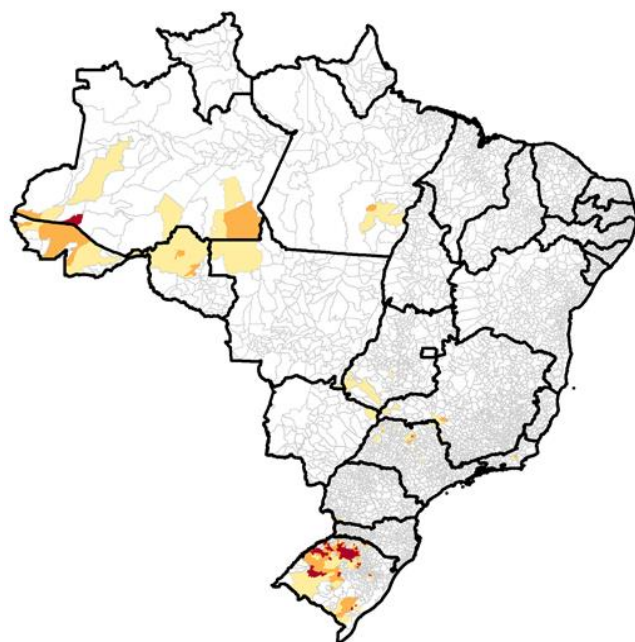
**Figura 2** - Mapa de Índice da Saúde da Vegetação (VHI) no Brasil para 30 de dezembro e gráfico das áreas impactadas pela seca (áreas com VHI < 30).



### Estimativa das Áreas Agroprodutivas Afetadas por Município

Com relação à avaliação dos impactos da seca em áreas de atividades agrícolas e/ou pastagens (agroprodutivas), de acordo com o índice VHI, 537 municípios apresentaram pelo menos 40% das suas áreas de uso impactadas no mês de dezembro (Figura 3), uma redução de 342 municípios em relação ao mês de novembro. Desse total, 212 são de municípios que tiveram de 40% a 60% das suas áreas impactadas, sendo o destaque para os estados de São Paulo (56) e Rio Grande do Sul (75). Na categoria de área impactada entre 60% a 80%, 161 municípios foram afetados, sendo a maior parte deles também nos estados de São Paulo (50) e Rio Grande do Sul (87). Por fim, 164 municípios tiveram impacto da seca superior a 80% da área agroprodutiva, sendo 152 deles, ou seja, mais de 90%, foi no Rio Grande do Sul.

**Figura 3** - Municípios com pelo menos 40% de área impactada pela seca (considerando apenas as áreas de pastagens e agrícolas) de acordo com o IIS-3, referente a situação em dezembro de 2022 para o Brasil.



	UF	40 a 60%	60 - 80%	> 80%
N	AC	5	4	
	AM	4	2	1
	PA	6	1	
	RO	16	3	
CO	GO	5		
	MS	1		
	MT	6		
SE	MG	11	5	
	RJ	1	1	
	SP	32	12	1
S	PR	3	3	
	RS	73	64	76
	SC	7	2	1

## MONITORAMENTO DOS IMPACTOS DA SECA: RECURSOS HÍDRICOS

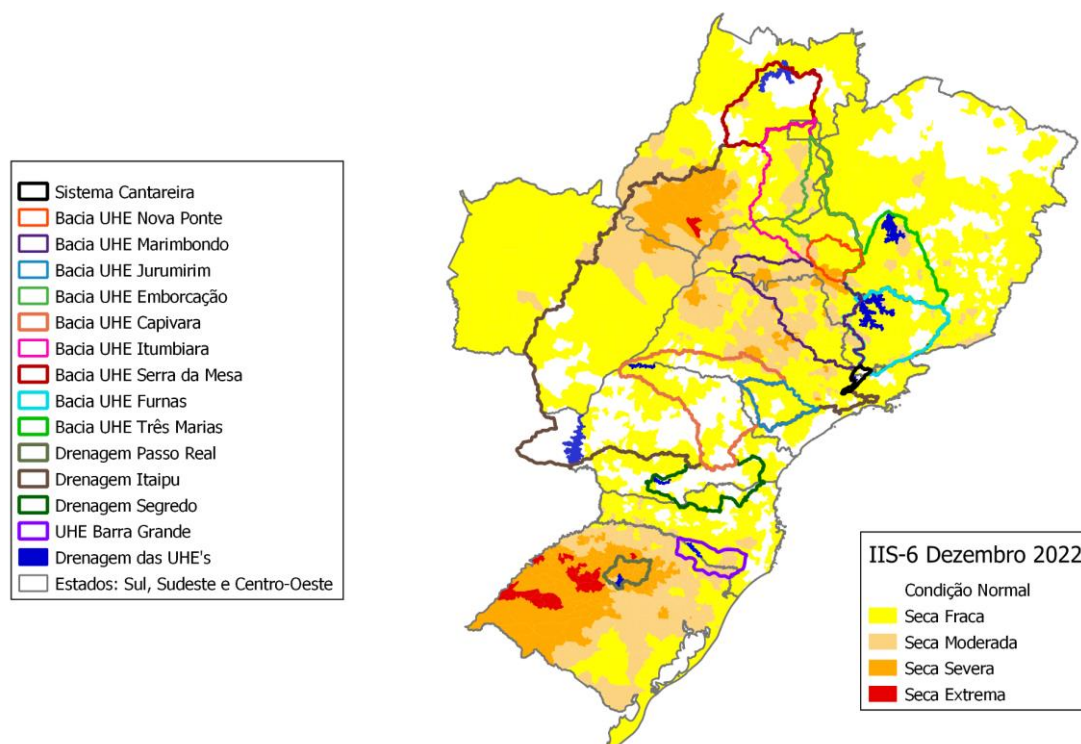
### Monitoramento da Seca Hidrológica – Reservatórios para abastecimento público de água e para geração de energia hidrelétrica (UHE)

De acordo com o IIS-6 (Figura 5), as bacias afluentes aos reservatórios das UHEs Serra da Mesa (Centro-Oeste), Três Marias e Furnas (ambas no Sudeste) apresentaram, em dezembro de 2022, uma condição variando de normal a seca moderada. Ainda no Sudeste, o Sistema Cantareira, principal sistema hídrico que abastece a Região Metropolitana de São Paulo, de acordo com o IIS-6, encontra-se classificado numa condição variando de normal a seca fraca. Em todas essas bacias foi registrado uma melhoria em relação à seca, comparativamente ao mês anterior.

Na bacia do rio Paraná, afluente à UHE Itaipu, o IIS-6 aponta uma condição variando de normal à seca extrema, assim como no mês anterior. Ressalta-se que, a porção ao sul da bacia do rio Paraná se encontra numa condição melhor comparativamente às regiões de cabeceira, ao norte. Nas sub-bacias das UHEs localizadas na bacia do rio Paraná, como, Emborcação, Itumbiara, Marimbondo, Jurumirim, Nova Ponte e Capivara, o IIS-6 também indica condição variando entre normal e seca severa.

Nas bacias localizadas mais ao Sul do país, incluindo as UHEs Segredo e Barra Grande, pode ser observada uma condição variando de normal a moderada. Ressalta-se que na UHE Barra Grande foi observado uma intensificação da seca no mês de dezembro, ao passo que em Segredo uma condição similar ao mês anterior. Já em Passo Real, também no Sul, observa-se uma condição de seca severa, situação pior comparativamente ao mês anterior.

**Figura 4** - Índice Integrado de Seca (IIS-6) para a Região Sul e partes das Regiões Sudeste e Centro-Oeste referente ao mês de dezembro de 2022



### Índice Padronizado de Vazão (SSFI)

Na Região Sudeste, o SSFI-12 indica que, em dezembro, o Sistema Cantareira apresentou condição de seca hidrológica moderada (SSFI-12 = -1.3), situação melhor quando comparada ao mês anterior. Ainda em dezembro, as bacias das UHEs Serra da Mesa (Centro-Oeste) e Três Marias (Sudeste) apresentaram condição dentro da normalidade (SSFI-12 = 0.4 e 0.9, respectivamente), e a UHE Furnas (Sudeste) em condição de seca hidrológica fraca (SSFI-12 = -0.5). Ressalta-se que as bacias hidrográficas afluentes a estas UHEs vêm enfrentando condições críticas, em termos de disponibilidade hídrica, desde 2014, ano em que ocorreu a grande seca na Região Sudeste do Brasil, como se observa na Figura 6. No entanto, os eventos de chuvas extremas que ocorreram no Sul da Bahia e norte de Minas Gerais, durante a estação chuvosa 2021/2022, contribuíram na melhoria das condições destas três bacias. Além disso, o início da estação chuvosa 2022/2023 com precipitações abundantes em grande parte do Sudeste e Centro-Oeste do país, também está contribuindo para essa melhoria.

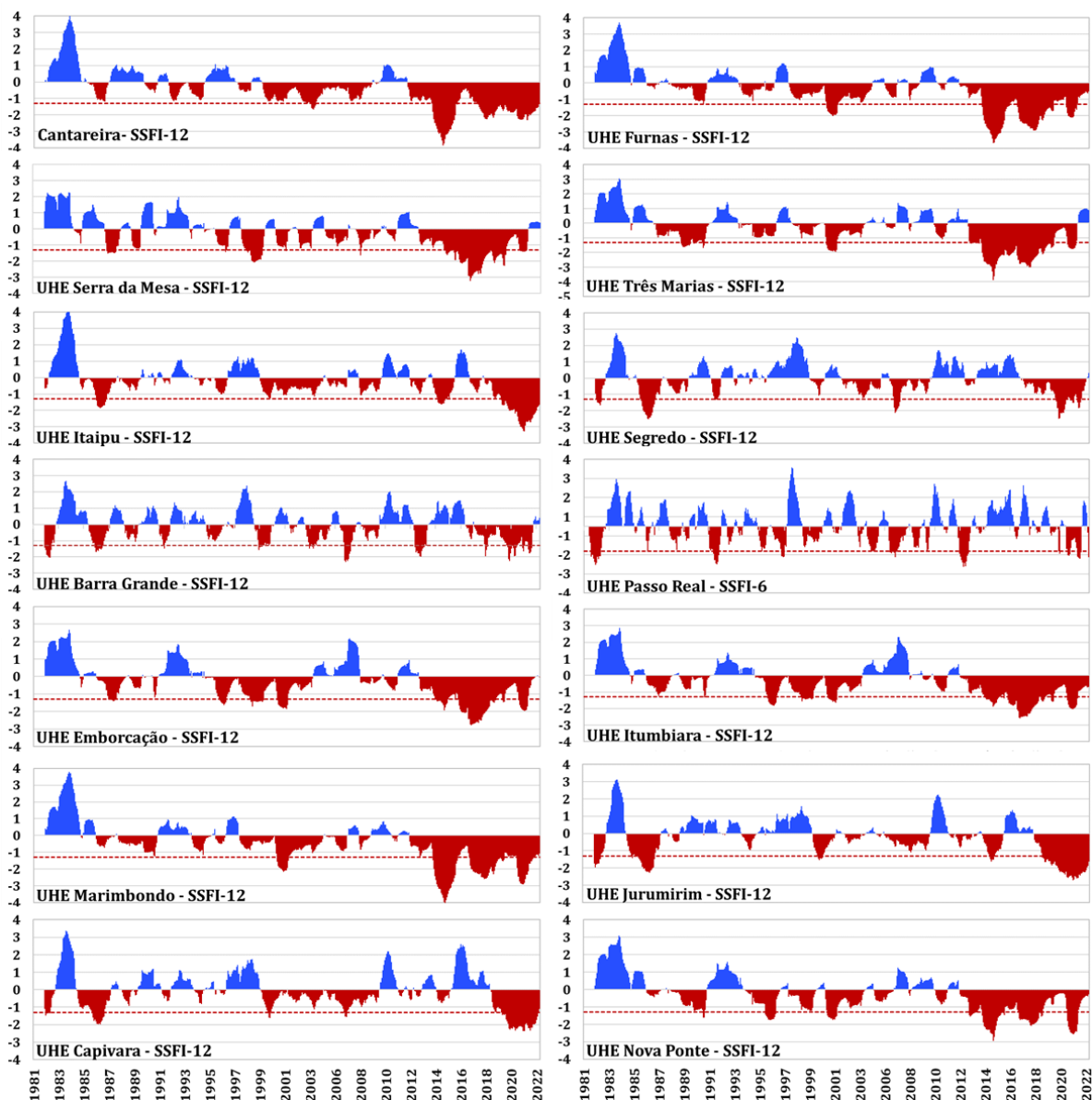
Na bacia do rio Paraná, a UHE Jurumirim encontra-se numa condição de seca hidrológica extrema (SSFI-12 = -1.6), situação similar ao mês anterior. As bacias afluentes às UHEs Marimbondo e Capivara apresentam condição de seca hidrológica moderada (SSFI-12 = -



1.1 e -1.1, respectivamente) enquanto Itumbiara uma condição de seca fraca (SSFI-12 = -0.7). Ressalta-se que em Capivara houve uma desintensificação da seca hidrológica em relação ao mês anterior, ao passo que em Marimbondo e Itumbiara a situação se manteve estável. Ainda no mês de dezembro, destaque para as bacias afluentes às UHEs Emborcação e Nova Ponte, em uma condição de seca hidrológica normal (SSFI-12 = 0.0 e -0.3, respectivamente), situação similar ao mês anterior.

Na Região Sul do país, as bacias hidrográficas afluentes às UHEs Segredo e Barra Grande apresentaram uma condição de normalidade em relação a seca hidrológica (SSFI-12 = 0.3 e SSFI-12 = 0.4, respectivamente), situação similar quando comparada ao mês anterior. Entretanto, na UHE Passo Real, de acordo com o IIS-6, houve uma intensificação da condição de seca hidrológica, passando de uma condição normal para extrema (SSFI-12 = -1.6). Especial atenção para a UHE Itaipu que também se encontra em condição de seca hidrológica Extrema (SSFI-12 = -1.7), situação similar quando comparada ao mês anterior. Itaipu vem enfrentando condições de seca hidrológica desde dezembro de 2018, com valores de vazões, em alguns momentos, iguais ou inferiores aos mínimos históricos.

**Figura 5** - Índice Padronizado de Vazão (SSFI-12) para as UHEs das Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul do país (exceto UHE Passo Real, que utiliza SSFI-6 uma vez que se trata de uma bacia menor comparada às demais), entre o período de janeiro de 1981 a dezembro de 2022.



Em dezembro de 2022, a vazão afluente no Sistema Cantareira foi 108% da média histórica do mês, e os reservatórios fecharam o mês com, aproximadamente, 43% do volume útil (faixa de operação “Atenção”, armazenamento entre 40 e 60%). O atual volume armazenado no Sistema Cantareira caracteriza um aumento de 10% em relação ao final do mês anterior e uma situação melhor que no mesmo período do ano de 2021 (25%). Na bacia hidrográfica da reservatório da UHE Três Marias, a vazão natural correspondeu a 107% da média histórica do mês, e o reservatório operou, em 31 de dezembro, com 63% de seu volume útil (faixa de operação “Normal”, armazenamento entre 60 e 100%), caracterizando um aumento de 11% em relação ao final do mês anterior. Ainda no mês de dezembro, a vazão natural registrada na UHE Furnas correspondeu a 108% da média do mês, e o armazenamento no reservatório, em 31 de dezembro, foi 66% do volume útil (faixa de operação “Normal”, armazenamento entre 56 e 100%), equivalente a um aumento de 11% em relação ao final do mês anterior. Na bacia hidrográfica da UHE Serra

da Mesa a vazão natural correspondeu a 151% da média do mês de dezembro, e o reservatório operou, no final do mês, com 60% de seu volume útil (faixa de operação “Normal”, armazenamento entre 21 e 100%), representando um aumento de 6% em relação ao mês anterior.

Para a Região Sul do país, na bacia hidrográfica da UHE Itaipu, localizada no Rio Paraná - Santa Catarina, uma das maiores e mais importantes hidrelétricas do mundo, a vazão registrada no mês de dezembro foi cerca de 78% da média histórica. Ressalta-se que Itaipu vinha apresentando vazões abaixo da média histórica, desde dezembro de 2018, porém, em outubro de 2022 registrou valor de 24% superior à média histórica. No entanto, a partir de novembro voltou a registrar valores inferiores à média novamente.

Nas bacias de drenagem das UHEs Segredo ou Gov. Ney Aminthas de Barros Braga, localizada no rio Iguazu (entre os estados de PR e SC); Barra Grande, localizada no rio Uruguai (entre os estados de SC e RS); e Passo Real, localizada no Rio Jacuí (no estado do RS), as vazões naturais registradas mantiveram-se acima, em torno da média e abaixo da média histórica do período, com valores respectivos de 142%, 102% e 16%. Destaque para a UHE Passo Real onde foi registrado, assim como no mês anterior, um novo recorde de vazão mínima absoluta para o mês de dezembro. Anteriormente o mínimo absoluto para o mês de dezembro havia ocorrido no ano de 2021, com vazão média de 19% em relação a média do período. Com relação ao volume armazenado, nos reservatórios das UHEs Segredo e Barra Grande foi registrado um aumento em relação ao mês anterior, fechando o mês de dezembro com 85% e 80% da capacidade total, respectivamente. No reservatório da UHE Passo Real, entretanto, houve uma queda no volume, com valor de 58% da capacidade total, no dia 31 de dezembro.

## **PREVISÃO SAZONAL E SUB-SAZONAL PARA O BRASIL**

A La Niña ainda se encontra em atividade, mas enfraquecendo do ponto de vista do aquecimento das Temperaturas da Superfície do Mar. Os indicadores atmosféricos são imprecisos em mostrar um enfraquecimento. É importante recordar que a acurácia das previsões sobre a evolução do fenômeno ENOS é menor nesta época do ano. A previsão por consenso entre o *Climate Prediction Center* e o *International Research Institute* indica que durante o trimestre JFM/2023 deva ocorrer a transição para um estado neutro. É importante lembrar que a La Niña atua no sentido de *umentar a chance de déficit de chuva* na Região Sul e no Brasil-Central. De fato, o estado do Rio Grande do Sul é um dos que mais vem sofrendo com as secas (ver Boletins anteriores). As previsões sazonais multi-modelo de chuva do CPTEC/INMET/FUNCEME e do International Research Institute (IRI-EUA) (ambas iniciando das condições observadas em dezembro/2022) concordam em prever, durante JFM/2023, condições normais nos estados das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Isto é, chuvas nem acima nem abaixo dos patamares esperados para o período (JFM/2023). A previsão do modelo do Centro Europeu (ECMWF), iniciada em

dezembro/2022, concorda com este cenário. As previsões subsazonais (3<sup>a</sup> - 4<sup>a</sup> semana: final de janeiro a início de fevereiro) indicam chuva abaixo da média em uma região que abrange o nordeste do estado de São Paulo, o sul de Minas Gerais e os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

## NOTAS EXPLICATIVAS

### Índice Integrado de Seca (IIS)

Índice Integrado de Seca (IIS) consiste na combinação do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), a Água Disponível no Solo (ADS) juntamente com o Índice de Suprimento de Água para a Vegetação (VSWI) ou com o Índice de Saúde da Vegetação (VHI), ambos estimados por sensoriamento remoto. O SPI é um índice amplamente utilizado para detectar a seca meteorológica em diversas escalas e pode ser interpretado como o número de desvios padrões nos quais a observação se afasta da média climatológica. O índice negativo representa condições de déficit hídrico, nas quais a precipitação é inferior à média climatológica. O índice positivo representa condições de excesso hídrico, que indicam precipitação superior à média histórica. Para integrar o IIS, o SPI é calculado a partir de dados observacionais de precipitação disponíveis no CEMADEN, no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Centros Estaduais de Meteorologia. O SPI é calculado com base na formulação proposta por Mckee et al. (1993) e considerando as escalas de 3, 6 e 12 meses, obtendo como produto final SPI na resolução espacial de 5km. O IIS possui as seguintes classes: condição normal (6), seca fraca (5), seca moderada (4), seca severa (3), seca extrema (2) e seca excepcional (1).

### Índice de Suprimento de Água para a Vegetação (VSWI ou ISACV)

O VSWI é calculado a partir do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI, sigla em inglês) e da temperatura da superfície, ambos do sensor MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua, disponibilizadas pelo *Earth Observing System* (EOS/NASA), com resolução espacial de 250m e 1km. Durante período de seca, o suprimento de água no solo não atende à demanda de água para o crescimento da vegetação. Consequentemente, ocorre o fechamento dos estômatos para a redução da perda de água do dossel pela evapotranspiração, levando ao aumento da temperatura. Assim, as características de adaptação fisiológicas da vegetação se alteram em função da umidade do solo e podem ser detectadas por meio de sensores em forma de características espectrais da copa da vegetação. O VSWI indica condição de seca quando o valor do NDVI é baixo (baixa atividade fotossintética) e a temperatura da vegetação é alta (estresse hídrico). Portanto, o índice é inversamente proporcional ao conteúdo de umidade do solo e fornece uma indicação indireta do suprimento de água para a vegetação.

### **Índice de Saúde da Vegetação (VHI, sigla em inglês)**

O índice VHI (*Vegetation Health Index*), da NOAA/NESDIS, é um índice de condição da vegetação, calculado a partir de dados de NDVI e temperatura de brilho, devidamente calibrados e filtrados, resultando da composição de dois subíndices, o VCI (*Vegetation Condition Index*) e o TCI (*Temperature Condition Index*). O NDVI e a temperatura de brilho apresentam dois sinais ambientais distintos, o de resposta lenta do estado da vegetação (clima, solo, tipo de vegetação) e o de resposta mais rápida relacionado com a alteração das condições atmosféricas (precipitação, temperatura, vento, umidade). O índice VHI foi utilizado em vários países na detecção e avaliação do stress de vegetação devido a situações de seca (condições de umidade do solo, temperatura e a sua combinação das duas). Este índice permite identificar o início/fim, área afetada, intensidade e duração da seca e sua relação com os eventuais impactos.

### **Índice Padronizado de Vazão (SSFI, sigla em inglês)**

O SSFI, estimado segundo a formulação de Modarres (2007) é um índice, similar ao SPI, utilizado para detectar a seca hidrológica em diversas escalas e pode ser interpretado como o número de desvios padrões nos quais a observação se afasta da média climatológica. O índice negativo representa condições de déficit hídrico, nas quais a vazão é inferior à média climatológica. O índice positivo representa condições de excesso hídrico, que indicam vazão superior à média histórica.

# CEMADEN

Centro Nacional de Monitoramento e  
Alertas de Desastres Naturais



Inundação



Enxurrada



Secas



Incêndios  
Florestais



Movimento de  
Massa