

**NOVEMBRO DE 2021**

Ano 05 | Número 42

## **BOLETIM**

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

### **Diretor do Cemaden**

Oswaldo Luiz Leal de Moraes

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

José A. Marengo

### **Revisão Científica**

Adriana Cuartas

Marcelo Zeri

### **Pesquisadores**

Aliana Maciel

Ana Paula Cunha

Christopher Cunningham

Daniela França

Elisângela Broedel

Fabiana Bartolomei

João Garcia

José Maria Costa

Lidiane Costa

Regina Alvalá

Tárcio Lopes



**MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES**



## SUMÁRIO

O Índice Integrado de Seca (IIS) para o mês de novembro, quando comparado ao do mês de outubro, aponta o enfraquecimento das condições de seca em grande parte do país, principalmente em estados como Amazonas, Rondônia, Mato Grosso e Bahia; ao contrário, ocorreu intensificação das condições de seca no norte do Rio Grande do Sul e em São Paulo.

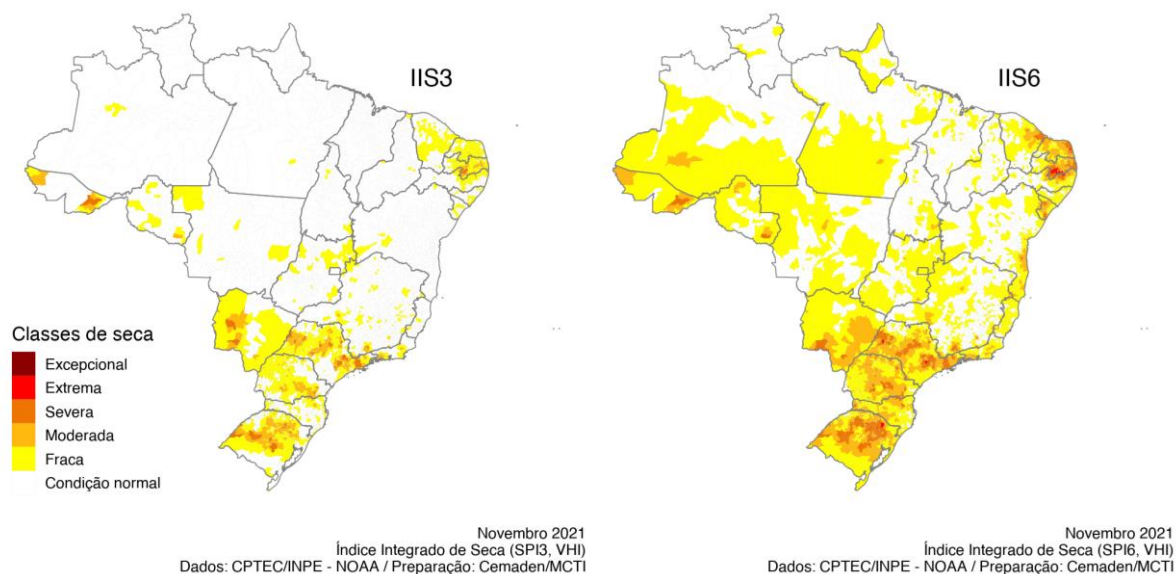
De acordo com a avaliação dos impactos da seca em áreas de atividades agrícolas e/ou pastagens (agroprodutivas), 1.521 municípios apresentaram pelo menos 40% de suas áreas de uso impactadas no mês de novembro. Os estados de São Paulo e Paraná foram os que tiveram o maior número de municípios com áreas agroprodutivas afetadas acima de 40%. Neste mês, São Paulo se destacou como o estado que teve o maior número de municípios com impacto da seca superior a 80% da área agroprodutiva.

Com relação aos impactos da seca nos recursos hídricos, na Região Sul destacam-se as usinas hidrelétricas (UHE) Itaipu, Segredo, Passo Real e Barra Grande com vazões abaixo da média histórica: 82%, 57%, 39% e 39%, respectivamente. Na Região Centro-Oeste, a vazão natural da UHE Serra da Mesa foi 21% acima da média, e o nível de armazenamento do reservatório foi de 23% no final de novembro. Na Região Sudeste, a UHE Furnas registrou no mês de novembro vazão 13% acima da média histórica do mês, e o armazenamento no reservatório encerrou o mês com 21% do volume útil. Ainda no Sudeste do país, a vazão natural da UHE Três Marias foi 14% acima da média histórica e o reservatório finalizou novembro com 36% do volume útil. Adicionalmente, no Sistema Cantareira, principal sistema hídrico de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, a vazão afluyente foi 64% da média, e o armazenamento em torno de 26% do volume útil, situação pior que no mesmo período pré-crise (31,8% no final de novembro de 2013).

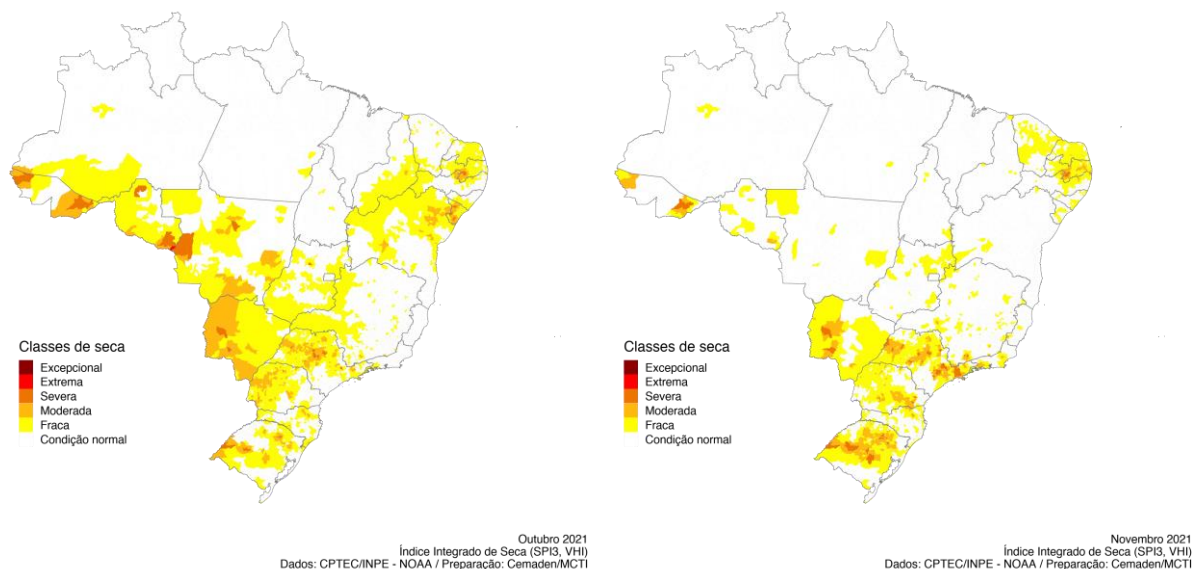
Atualmente, os indicadores oceânicos e atmosféricos mostram uma La Niña plenamente estabelecida. A previsão por consenso entre o *Climate Prediction Center* e o *International Research Institute* indica que este episódio deva perdurar durante o verão do Hemisfério Sul (dezembro/2021 e janeiro-fevereiro/2022; DJF/2022). Embora o quadro da seca no país tenha mostrado melhoras devido às chuvas nos últimos meses, é adequado manter um estado de atenção. A La Niña atua no sentido de *umentar a chance para déficit de chuva* na Região Sul e no Brasil-Central. As previsões sazonais multi-modelo de chuva do *International Research Institute*, do CPTEC/INMET/FUNCEME e do Centro Europeu (ECMWF) (todas produzidas a partir das condições em novembro/2021) concordam em prever, durante DJF/2022, condições desfavoráveis para chuva nos estados da Região Sul. A fase chuvosa da Oscilação de Madden-Julian (OMJ) se encontra sobre o Oceano Pacífico Oeste e pode se deslocar para o Oceano Atlântico até o final de dezembro, podendo vir a afetar positivamente o padrão de chuvas nas Regiões Nordeste e Norte do Brasil. As previsões subsazonais (até 4ª semana) indicam uma tendência para chuvas favoráveis no norte de Minas Gerais e centro sul da Bahia, além da Região Norte durante o final de dezembro e início de janeiro.

## 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. Estes dois últimos estimados por satélite. De modo geral, a condição normal e a seca fraca predominam nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, ocorrendo também seca moderada e severa principalmente nos estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo e na Região Sul (Figura 1). Em comparação ao mês de outubro, observa-se o enfraquecimento da seca em grande parte do país, principalmente em estados como Rondônia, Mato Grosso, Goiás, Piauí e Bahia, com predominância de condição normal. Por outro lado, ocorreu intensificação das condições de seca principalmente em São Paulo, norte do Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro (Figura 2).



**Figura 1** - Índice Integrado de Seca (IIS) referente ao mês de novembro de 2021 nas escalas de 3 meses (IIS3, esquerda) e 6 meses (IIS6, direita).



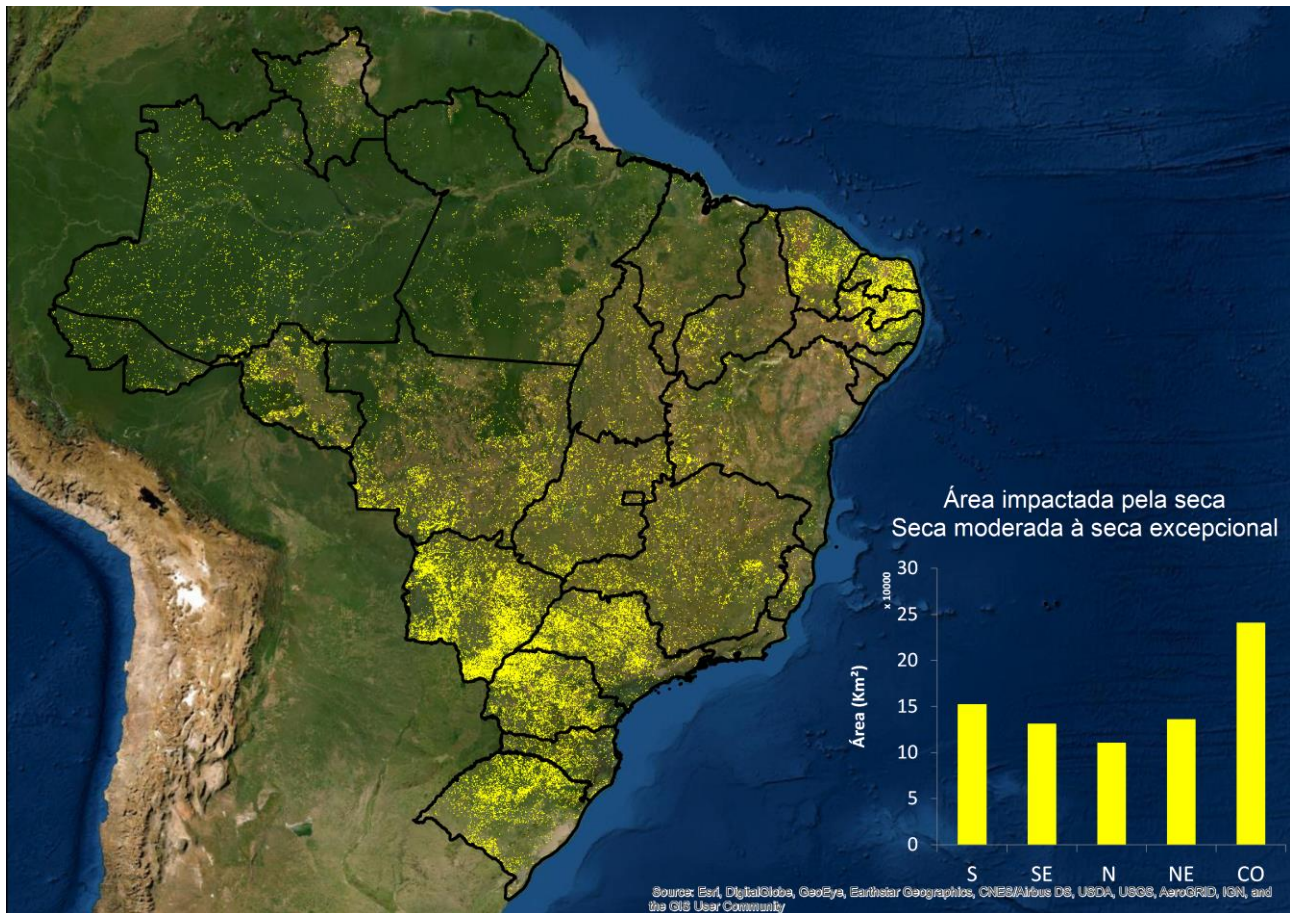
**Figura 2** - Variação observada do Índice Integrado de Seca (IIS) entre os meses de outubro (esquerda) e novembro (direita) de 2021.

## 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. Em termos gerais, no mês de novembro, houve uma diminuição das áreas com condição de estresse hídrico em grande parte do país (Figura 3), sendo a Região Sul a que apresentou o maior percentual de área vegetada com estresse hídrico, 26,4% (152 mil km<sup>2</sup>), em relação às demais. As regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste apresentaram, respectivamente, 15% (241 mil km<sup>2</sup>), 14,2% (131 mil km<sup>2</sup>) e 8,7% (136 mil km<sup>2</sup>) de áreas em condição de estresse hídrico. Enquanto a Região Norte continuou como a que apresentou o menor percentual de áreas nessa condição: 2,9% (110 mil km<sup>2</sup>).

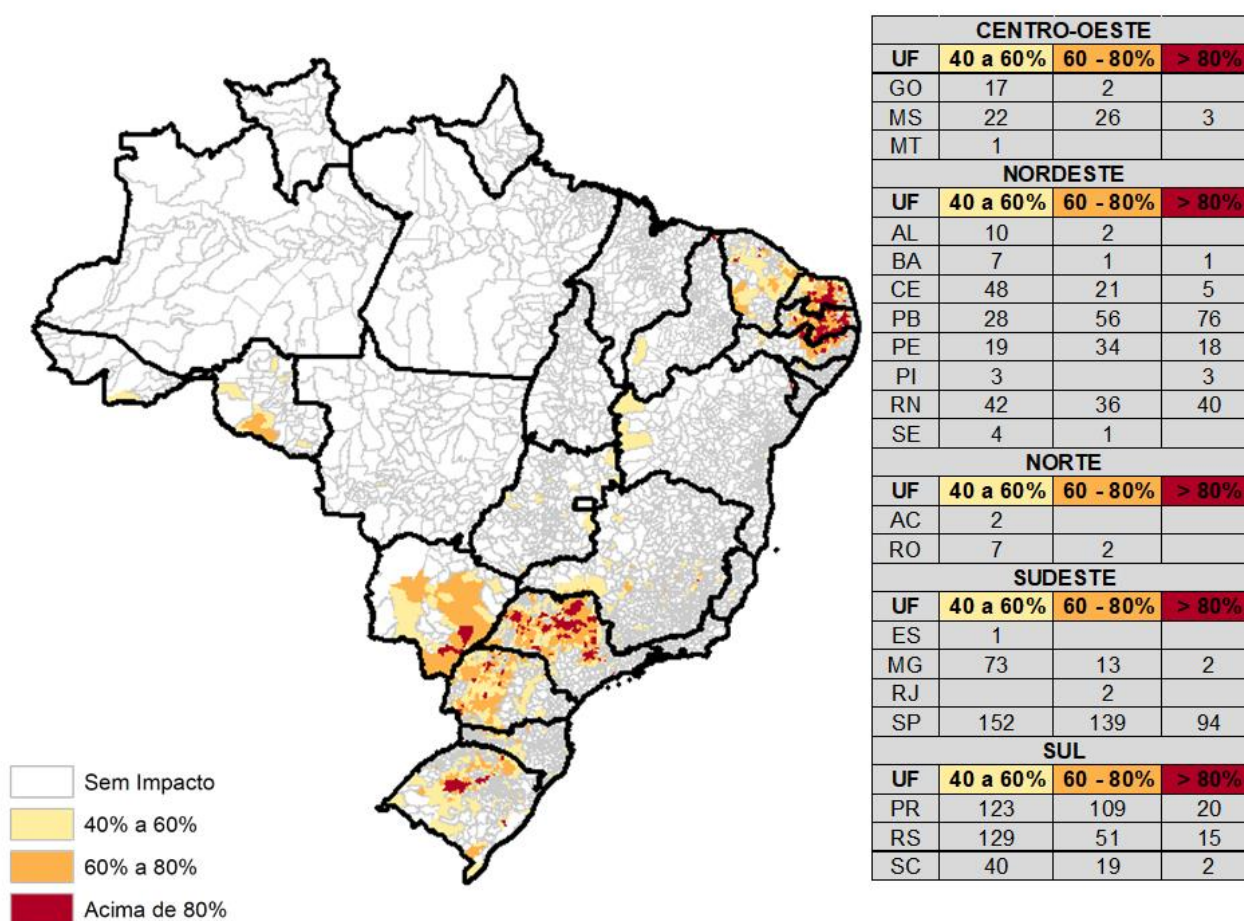




**Figura 3** - Mapa de Índice da Saúde da Vegetação (VHI) no Brasil para novembro e gráfico das áreas impactadas pela seca (áreas com VHI < 30).

### 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, 1.521 municípios apresentaram pelo menos 40% de suas áreas de uso impactadas no mês de novembro (Figura 4), uma redução de 282 municípios em relação ao mês de outubro. Os estados de São Paulo (385) e Paraná (252) foram os que tiveram um maior número de municípios com áreas agroprodutivas afetadas acima de 40%, tendo respectivamente 94 e 20 destes municípios com impacto da seca superior a 80% da área agroprodutiva. Dessa forma, São Paulo foi o estado que apresentou o maior número de municípios com impacto da seca superior a 80% da área agroprodutiva, neste mês. Outros dez estados tiveram municípios com impacto da seca superior a 80% da área agroprodutiva, dentre estes se destacam: Paraíba (76), Rio Grande do Norte (40), Pernambuco (18) e Rio Grande do Sul (15).



**Figura 4** - Municípios com pelo menos 40% de área impactada pela seca (considerando apenas as áreas de pastagens e agrícolas) de acordo com o VHI, referente ao mês de novembro de 2021 para o Brasil.

## REGISTROS DE IMPACTOS

No mês de novembro, foram registrados prejuízos no desenvolvimento do milho, havendo expectativa de redução do potencial produtivo e perdas na produtividade do grão, em diversas regiões do estado do Rio Grande do Sul, como Ijuí, Santa Rosa, Erechim e Porto Alegre, segundo informações da Emater/RS-Ascar. No estado de São Paulo, a safra 2021 do trigo foi prejudicada, devido à baixa produtividade e às perdas na produção que ocorreram também em decorrência das condições de seca durante o seu ciclo produtivo, de acordo com a Câmara Setorial de Trigo do Estado de São Paulo. Além disso, foi registrada a redução do PIB da agropecuária brasileira, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), também devido aos prejuízos na safra de café em decorrência das perdas na sua produção e produtividade, especialmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

## **RISCO DE SECA NA AGRICULTURA FAMILIAR**

O mapa de risco de seca para a agricultura familiar é elaborado mensalmente a partir das variáveis físicas de ameaça de seca, tais como o déficit de precipitação, umidade do solo e índice de vigor vegetativo, combinadas com informações sobre as vulnerabilidades e capacidades locais da agricultura familiar. O mapa de risco é elaborado com foco na agricultura não irrigada e considerando, neste primeiro momento, o cultivo de feijão de acordo com o calendário agrícola disponibilizado pela CONAB. O Boletim do Risco de Seca na Agricultura Familiar aponta o risco mensal durante o ciclo do feijão, considerando os municípios que estão no seu primeiro mês de plantio, no período crítico (segundo mês) e os que finalizaram a safra (terceiro mês). Nesta edição, o destaque da avaliação do risco é para o plantio iniciado no mês de novembro/21, o qual tem como destaque os estados de Bahia e Minas Gerais que juntos apresentaram 217 municípios com risco de seca moderado.

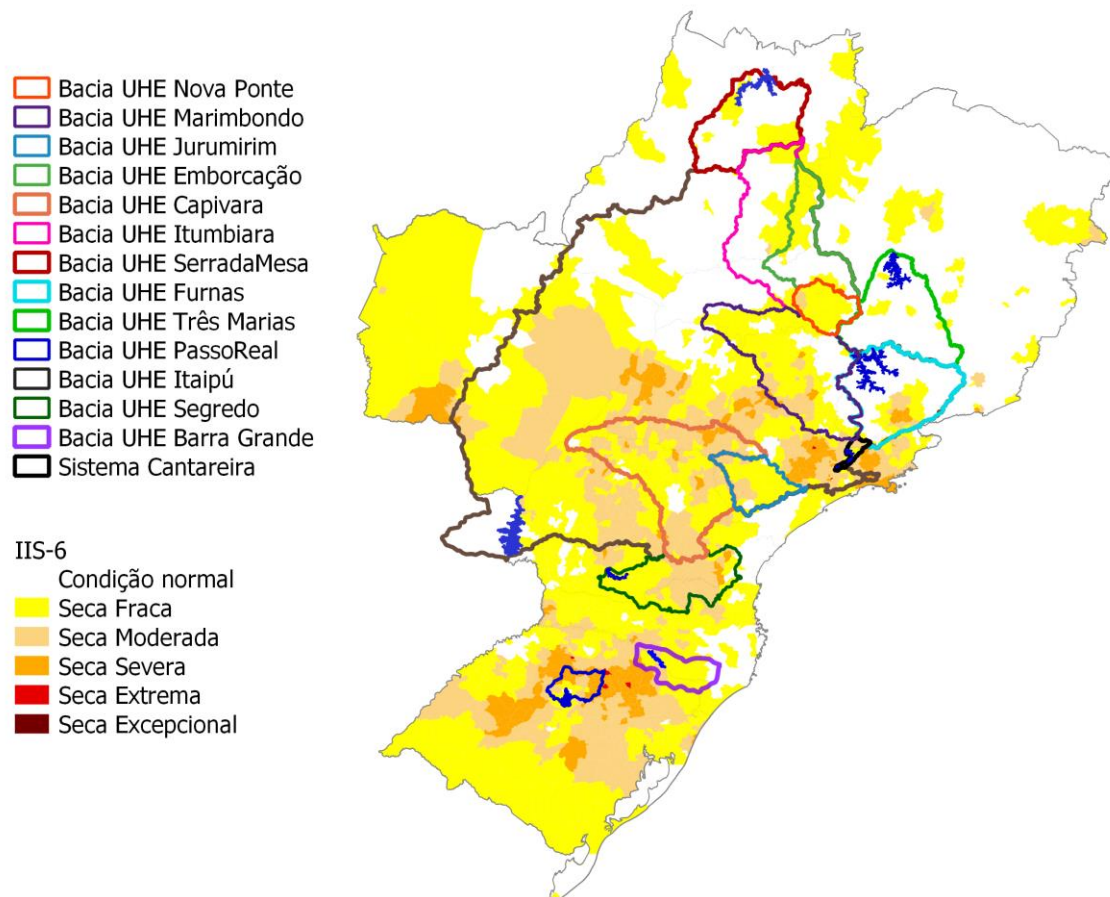
Para mais detalhes, consulte o relatório na íntegra: <http://www2.cemaden.gov.br/risco-de-seca-na-agricultura-familiar-novembro2021>.

## **MONITORAMENTO DOS IMPACTOS DA SECA: RECURSOS HÍDRICOS**

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

O IIS-6 para a área da bacia afluente ao reservatório da UHE Serra da Mesa (Centro-Oeste) apresenta uma situação de normalidade a seca fraca (Figura 5). Para as bacias das UHEs Três Marias, Furnas e para o Sistema Cantareira (Sudeste), o IIS-6 indica seca variando de uma condição de normalidade a seca moderada. Para a bacia do rio Paraná, afluente à UHE Itaipu, o IIS-6 indica uma melhora na condição de seca em relação ao mês anterior, predominando condições de seca fraca a moderada. Para as sub-bacias localizadas na bacia do rio Paraná (as UHEs Emborcação, Itumbiara, Marimbondo, Jurumirim, Nova Ponte e Capivara), o IIS-6 apresenta uma condição de seca variando da condição de normalidade a seca moderada. Nas bacias localizadas na Região Sul do país, incluindo as UHE Segredo, Barra Grande e Passo Real, pode ser observada seca fraca a severa, indicando uma situação pior na condição de seca em relação ao mês anterior.





**Figura 5** - Índice Integrado de Seca (IIS-6) para a Região Sul e partes das Regiões Sudeste e Centro-Oeste referente ao mês de novembro de 2021.

### Índice Padronizado de Vazão (SSFI)

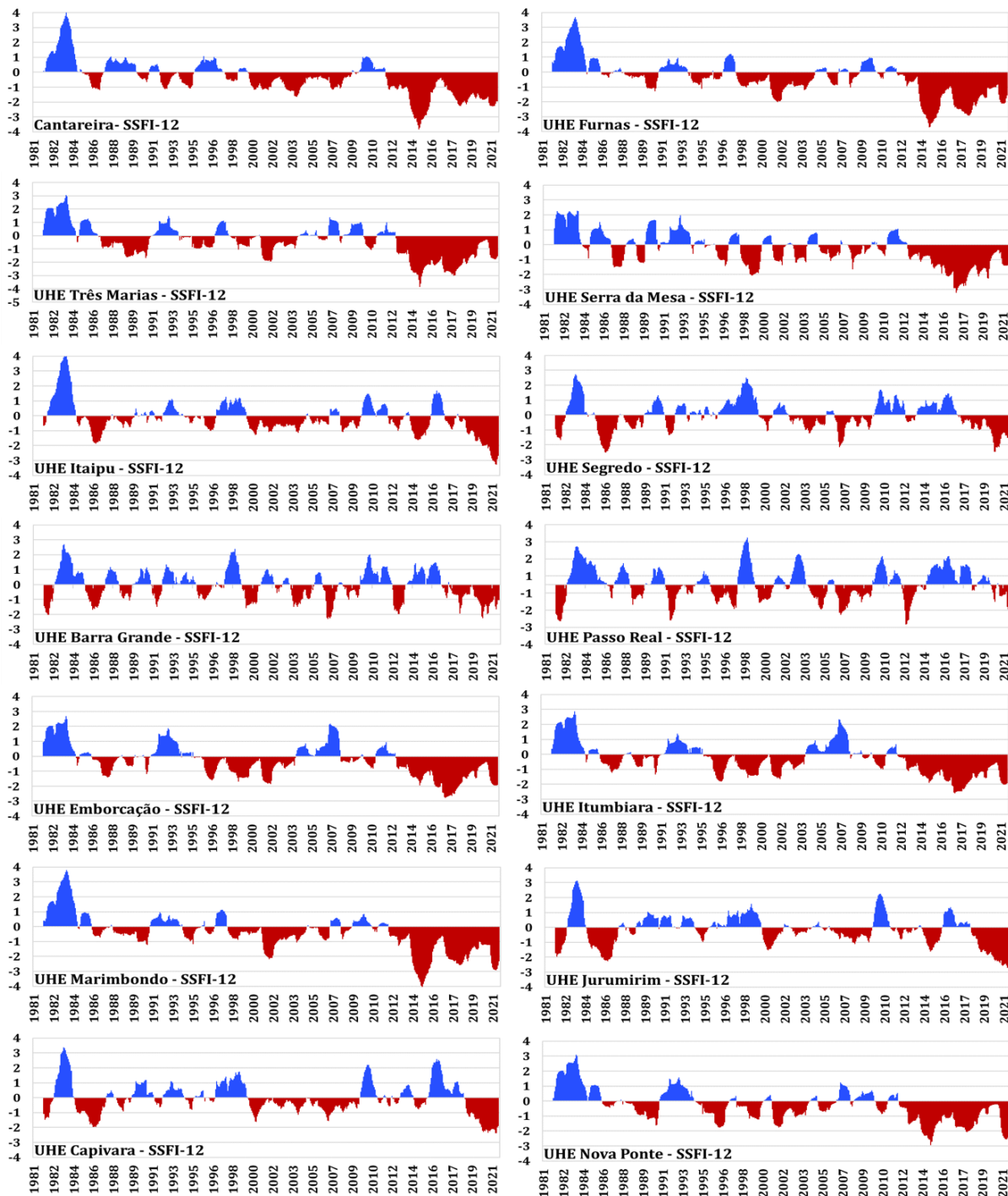
Apesar do IIS-6 mostrar uma melhora na condição de seca meteorológica e agrícola no mês de novembro para a maioria das bacias, a condição de seca hidrológica continua crítica. Na Região Sudeste, o SSFI-12 indica que o Sistema Cantareira se encontra em condição de seca hidrológica excepcional (SSFI-12 = -2,0). As bacias das UHEs Furnas e Três Marias apresentam condição de seca hidrológica extrema (-1,6 e -1,5, respectivamente), e a UHE Serra da Mesa em condição de seca hidrológica severa (-1,3) no mês de novembro. Ressalta-se que as bacias hidrográficas afluentes a estas UHE 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.

Na bacia do rio Paraná, as UHEs Emborcação, Itumbiara e Capivara apresentam uma condição de seca extrema (-1.9). Já para as UHEs Marimbondo, Jurumirim e Nova Ponte apresentam condição de seca hidrológica excepcional (SSFI-12  $\leq$  -2.0) para o mês de novembro. Especial atenção para a UHE Itaipu que se encontra em condições de seca



hidrológica excepcional (SSFI-12 = -2,7) pelo 12º mês consecutivo, e vem enfrentando condições de seca hidrológica entre moderada e excepcional desde janeiro de 2019.

Na Região Sul, as UHEs Segredo e Barra Grande se encontram em condição de seca hidrológica moderada (-1,0), para o mês de novembro. Para a UHE Passo Real, o SSFI-12 indica situação de seca hidrológica severa (-1,4).



**Figura 6** - Índice Padronizado de Vazão (SSFI-12) para o Sistema Cantareira e UHE das Regiões Sudeste e Sul, para o período de janeiro de 1981 a novembro de 2021.

Em novembro de 2021, a vazão afluyente no Sistema Cantareira, principal sistema hídrico que abastece a Região Metropolitana de São Paulo, foi 64% da média histórica do mês e os reservatórios fecharam o mês com 26% do volume útil (faixa de operação “Restrição”), representando uma diminuição de aproximadamente 2% em relação ao final do mês anterior. Para o reservatório da UHE Três Marias, a vazão natural representou 114% da média histórica do mês e o reservatório operou, em 30 de novembro de 2021, com 36% de seu volume útil (faixa de operação “Atenção”), apresentando um aumento de 2% em relação ao final do mês anterior. A vazão natural do reservatório da UHE Furnas representou 113% da média do mês, e o armazenamento no reservatório, em 30 de novembro, foi 21% do volume útil, representando um aumento de 3% em relação ao final do mês anterior. No reservatório da UHE Serra da Mesa a vazão natural representou 121% da média do mês de novembro. O reservatório operou com 23% de seu volume útil, valor igual ao do mês passado.

Para a Região Sul do país, na bacia hidrográfica da UHE Itaipu, localizada no Rio Paraná - Santa Catarina, uma das maiores hidrelétricas do mundo, a vazão foi 82% da média histórica para o mês de novembro. Na bacia de drenagem da UHE Segredo (Gov. Ney Aminthas de Barros Braga), localizada no Rio Iguaçu, a vazão representou 57% da média do mês de novembro, e o nível de armazenamento no reservatório atingiu 31%, o que representa uma diminuição de 25% em relação ao mês anterior. Na bacia afluyente à UHE Barra Grande (no rio Uruguai, entre os estados de RS e SC) a vazão representou 39% da média. O nível de armazenamento do reservatório atingiu 56% no final de novembro, representando um decréscimo de 6% em relação ao valor no final de outubro. Para a bacia de drenagem da UHE Passo Real, localizada no Rio Jacuí - Rio Grande do Sul, a vazão afluyente registrada foi 39% da média, e o armazenamento no reservatório foi 48% do seu volume útil, representando uma diminuição de 3% em relação ao nível do mês anterior.

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

Conforme as previsões dos últimos meses vinham anunciando, atualmente os indicadores oceânicos e atmosféricos mostram uma La Niña madura e plenamente estabelecida. A previsão por consenso entre o *Climate Prediction Center* e o *International Research Institute* indica que este episódio deva perdurar durante o verão do Hemisfério Sul (dezembro/2021 e janeiro-fevereiro/2022; DJF/2022). Embora o quadro da seca no país tenha mostrado melhoras devido às chuvas nos últimos meses, é adequado manter um estado de atenção. A La Niña atua no sentido de *umentar a chance para déficit de chuva* na Região Sul e no Brasil-Central. As previsões sazonais multi-modelo de chuva do *International Research Institute* e do CPTEC/INMET/FUNCEME (ambas produzidas a partir das condições em novembro/2021) concordam em prever, durante DJF/2022, condições desfavoráveis para chuva nos estados da Região Sul. A previsão sazonal do modelo do Centro Europeu

(ECMWF), emitida também a partir das condições de novembro/2021, é consistente ao indicar um cenário mais provável para chuvas abaixo da média na Região Sul. A fase chuvosa da Oscilação de Madden-Julian (OMJ) se encontra sobre o Oceano Pacífico Oeste. O cenário mais provável é de um possível deslocamento desta região chuvosa para o Oceano Atlântico até o final de dezembro, podendo vir a afetar positivamente o padrão de chuvas nas Regiões Nordeste e Norte do Brasil. As previsões subsazonais (até 4ª semana) indicam uma tendência para chuvas favoráveis no norte de Minas Gerais e centro sul da Bahia, além da Região Norte durante o final de dezembro e início de janeiro.

## 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.