

NOTA TÉCNICA

03 de novembro de 2023

INTERESSADO: Casa Civil da Presidência da República, Ministério da Ciência e Tecnologia

ASSUNTO: IMPACTOS E RISCOS DE DESASTRES NA REGIÃO NORDESTE INTENSIFICADOS PELO EL NIÑO-2023

1. Sumário executivo

Dante do estabelecimento do fenômeno do El Niño e da atual configuração do Oceano Atlântico, a Casa Civil da Presidência da República tem solicitado ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)/MCTI o fornecimento de informações detalhadas sobre a situação atual e as projeções dos impactos decorrentes deste fenômeno climático. Essas informações são essenciais para apoiar ações do Governo Federal em relação ao monitoramento, prevenção, preparação e resposta ao El Niño, no intuito de reduzir danos econômicos, ambientais e humanos. O assessoramento às instituições governamentais e tomadores de decisões sobre o diagnóstico, cenários futuros e avaliação de impactos associados a extremos de tempo e de clima está previsto no âmbito das competências do CEMADEN/MCTI.

Os efeitos conhecidos do El Niño nos padrões regionais do clima no Brasil incluem desde secas nas Regiões Nordeste e Norte, à chuvas excessivas na Região Sul. Na presente Nota Técnica as análises focam particularmente a Região Nordeste, considerando-se (i) a situação climática atual; (ii) cenários para o trimestre Novembro-Dezembro-Janeiro de 2023-2024; (iii) monitoramento das condições de secas em escala municipal; (iv) informações sobre a propagação da seca; e (iv) impactos no setor da agricultura familiar, no risco de fogo e nos recursos hídricos da região; (v) situação atual dos níveis dos rios e previsão hidrológica.

2. Situação climática atual e cenários para o trimestre NDJ de 2023-2024

Durante o trimestre Novembro-Dezembro-Janeiro, as chuvas costumam aumentar de volume na maior parte da Região Nordeste.

O El Niño está atuando desde junho de 2023 e, atualmente, está ainda se intensificando, sendo que seu auge provavelmente ocorrerá entre os meses de dezembro e fevereiro do próximo ano. Além disso, temperaturas da superfície do mar mais elevadas ao norte do

Equador, no Oceano Atlântico, geram um quadro oceânico combinado desfavorável às precipitações na Região Nordeste. Conforme as condições observadas em meados de outubro, o relatório do Climate Prediction Center (CPC/NOAA), elaborado em conjunto com o International Research Institute (IRI/Columbia University), destaca que o El Niño perdurará até o trimestre Abril-Junho, com aproximadamente 60% de chance.

As principais previsões de vários modelos meteorológicos, desenvolvidas por diversos Centros de Meteorologia em todo o mundo, inclusive instituições brasileiras, apontam para projeções de chuva e temperatura típicas de um episódio de El Niño. Isso significa que podemos esperar chuvas abaixo da média nas regiões Norte e Nordeste e acima da média na Região Sul.

A previsão multi-modelo nacional, produzida em trabalho cooperativo entre o INMET, o INPE e a FUNCEME, mostra o padrão de influência característico de um episódio de El Niño (Figura 1). Segundo esta previsão, as áreas com maiores chances para chuvas abaixo da média concentram-se no norte e nordeste do Amazonas, no estado do Pará e na região Nordeste.

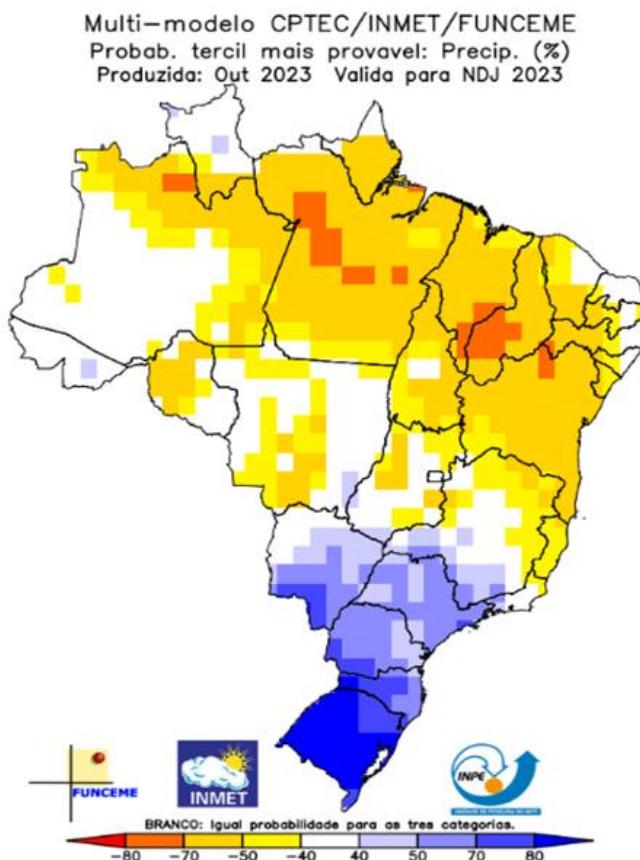


Figura 1 – Previsão sazonal INMET-INPE-FUNCENE para o Brasil durante o trimestre NDJ/2023-24. A previsão foi iniciada com condições observadas de 2023/10 e mostra a probabilidade da precipitação se situar nas categorias abaixo da média (tons laranja-vermelho), dentro da normalidade (branco), e acima da média (tons azuis).

A Figura 2 mostra a previsão do sistema *Copernicus Climate Change Service* (C3S), que inclui modelos dos Estados Unidos, europeus, japonês e canadense. Em consonância com a previsão multi-modelo brasileira, as maiores chances são de chuvas abaixo da média nas regiões Norte e Nordeste, e acima da média na região Sul. Especificamente em relação à região semiárida, as previsões apontam chances de chuvas abaixo da média histórica, considerando que o trimestre NDJ/2023-2024 corresponde ao período chuvoso no norte de Minas Gerais e no centro-sul do estado da Bahia.

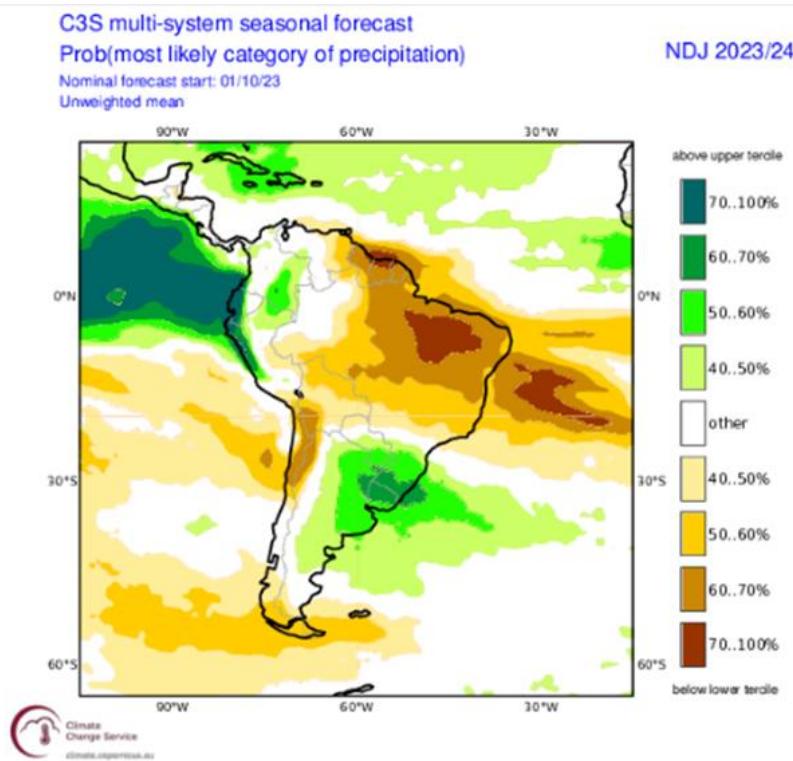


Figura 2 – Previsão sazonal C3S para a América do Sul durante o trimestre NDJ/2023-2024. A previsão foi iniciada com condições observadas em outubro de 2023 e mostra a probabilidade da precipitação se situar nas categorias abaixo da média (tons avermelhados), dentro da normalidade (branco), e acima da média (tons verdes).

A previsão de temperatura mostra mais de 70% de probabilidade de ocorrência de valores superiores à média no centro-norte do Brasil, que, inclusive, podem estar classificados dentro dos 20% mais quentes registrados historicamente. Esta previsão é consistente com um cenário atual do El Niño ocorrendo simultaneamente ao reconhecido aumento da temperatura global devido à emissão de gases de efeito estufa.

Um cenário possível para o semiárido do norte de Minas Gerais e sul da Bahia, dado a previsão conjunta de altas temperaturas e chuvas abaixo da média, seria um trimestre NDJ/2023-2024 caracterizado por períodos de ondas de calor. Ondas de calor são períodos com duração de 3 a 7-10 dias com temperaturas elevadas, pouca chuva e altas taxas de perda de umidade por evapotranspiração.

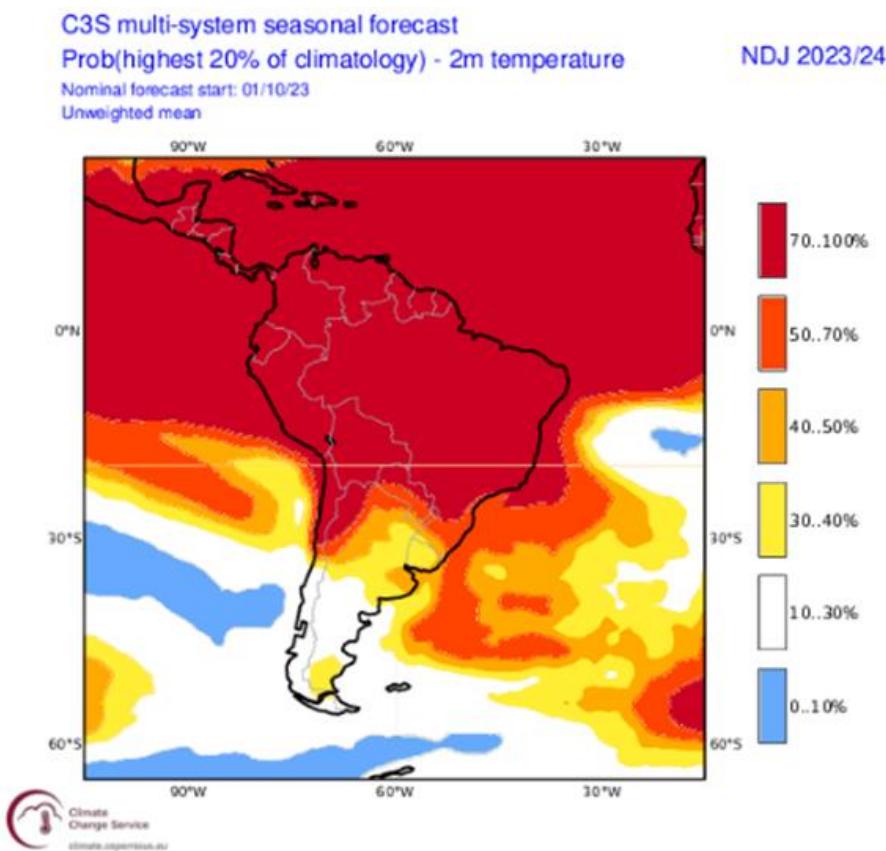
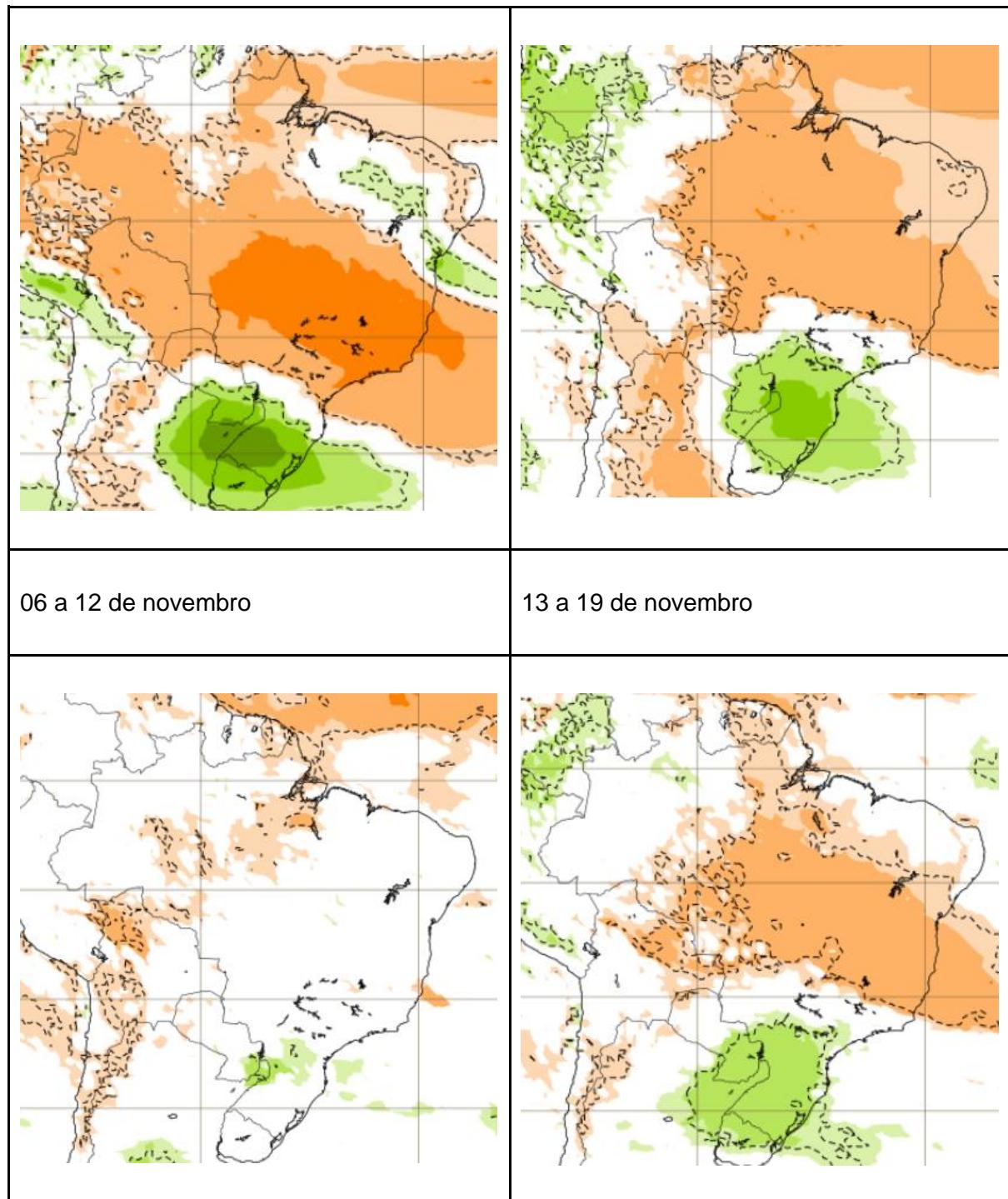


Figura 3 – Previsão sazonal C3S para a América do Sul durante o trimestre NDJ/2023-24. A previsão foi iniciada com condições observadas de outubro de 2023 e mostra a probabilidade da temperatura se situar dentro dos 20% dos registros mais quentes registrados historicamente. Quanto maior essa chance, os tons tendem a ser mais avermelhados.

Normalmente, a atualização das previsões sazonais ocorre uma vez por mês. Adicionalmente, as previsões subsazonais oferecem um recurso valioso para o monitoramento das condições anômalas de chuva e temperatura na escala semanal, complementando, desta forma, as informações da previsão sazonal. Assim, foram consultadas as previsões subsazonais de precipitação IRI, do Climate Forecast System, e do ECMWF. Todas elas concordam em prever um quadro geral de chuvas abaixo da média no semiárido mineiro e baiano, provavelmente até finais de novembro ou início de dezembro. Há, também, indicações consistentes para chuvas abaixo da média nos estados do Pará, Tocantins e Maranhão, até aproximadamente o segundo decêndio de novembro. A Figura 4 apresenta a previsão do ECMWF exemplificando esta situação. Em síntese, a

análise das previsões sazonais e subsazonais para o semiárido mineiro e baiano apontam claros indícios de um início da estação chuvosa irregular e com tendência deficitária.



20 a 26 de novembro	27 de novembro a 04 de dezembro
---------------------	---------------------------------

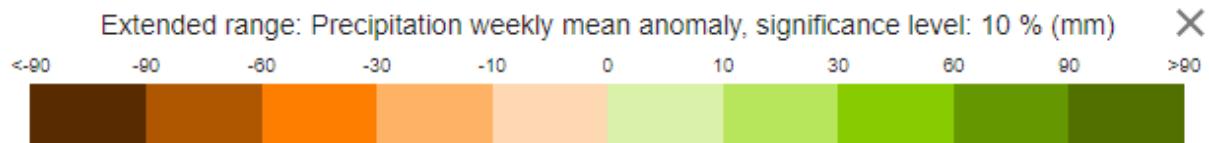


Figura 4 – Previsões subsazonais da probabilidade para a chuva acumulada situar-se no tercil inferior (abaixo da média) no período de 06 de novembro a 04 de dezembro de 2023. Previsão emitida em 02 de novembro de 2023.

3. Monitoramento das condições de secas e impactos na Agricultura Familiar

A Figura 5 apresenta as anomalias de precipitação registradas no mês de outubro de 2023 na Região Nordeste. Valores negativos, entre -80 e -60, são observados especialmente no sul da Bahia, Maranhão e Piauí. No mês de outubro, o interior da região semiárida registrou o maior número de dias consecutivos sem chuvas (Figura 6), sendo que em grande parte dessa região não ocorreu precipitação ao longo do mês. Ressalta-se que este é um padrão esperado para o interior da região semiárida, especialmente entre os meses de julho a outubro. No entanto, a estação chuvosa, especialmente no sul da Bahia, normalmente tem início entre os meses de outubro e novembro. Assim, a condição de seca é estabelecida quando a precipitação está significativamente abaixo dos níveis normais registrados para um período específico.

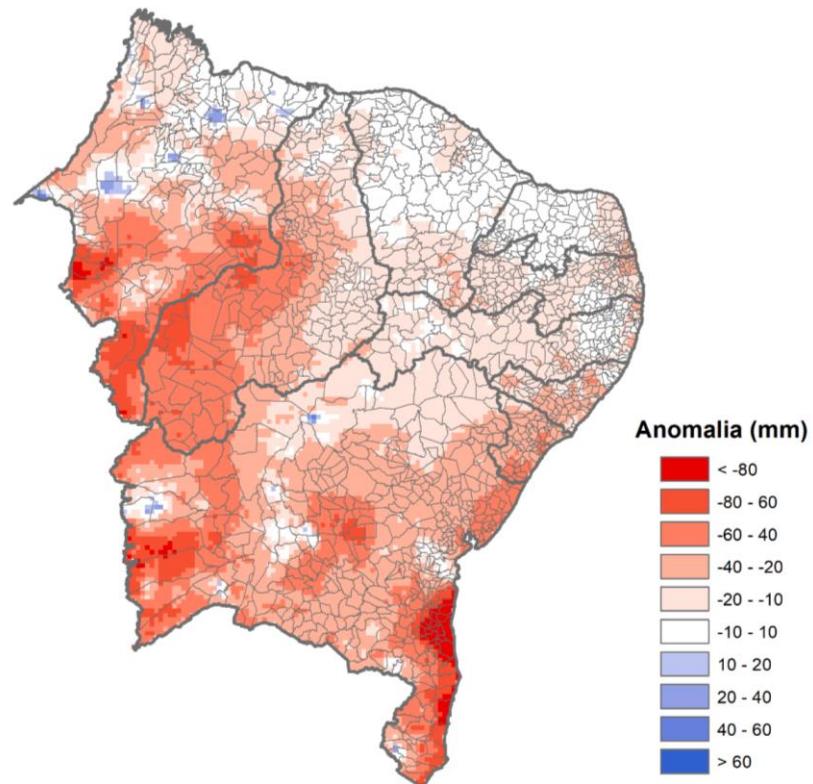


Figura 5 – Anomalia de precipitação observada no mês de outubro de 2023 (Fonte dos dados de precipitação: MERGE/INPE).

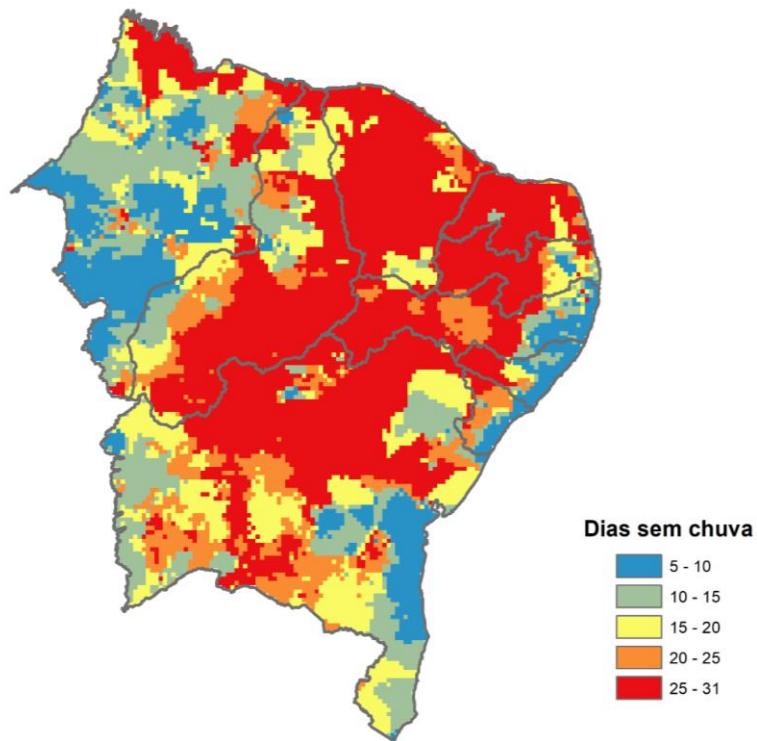


Figura 6 – Máximo de dias consecutivos sem chuva observado no mês de outubro de 2023 (Fonte dos dados de precipitação: MERGE/INPE).

A Figura 7 apresenta o Índice Integrado de Secas (IIS) para o mês de outubro na Região Nordeste. O IIS é um índice específico para o monitoramento das condições de seca, considerando dados de precipitação, de umidade do solo e da condição da vegetação. Devido ao seu caráter de curto prazo, que leva em consideração informações de até no máximo seis meses, o índice é apropriado para o monitoramento tanto da seca meteorológica, quanto da seca vegetativa/agrícola. A seca meteorológica está relacionada ao déficit de chuvas, enquanto a seca agrícola diz respeito à falta de água no solo, afetando especificamente as atividades agrícolas ou mesmo as áreas de pastagens.

Em outubro, o IIS apontou condições de seca extrema em seis municípios do centro-norte da Bahia (Acajutiba, Água Fria, Inhamupe, Lamarão, Santa Bárbara e Dantanolândia). Além desses, outros 140 municípios estão classificados com condição de seca severa, distribuídos nos estados da Bahia, sul do Piauí, litoral da Paraíba, Rio Grande do Norte e Sergipe.

Com relação à evolução da seca entre os meses de setembro e outubro, a Figura 8 apresenta em vermelho os pontos que indicam áreas de alerta de seca. Esse alerta está relacionado a uma piora da situação de déficit hídrico entre setembro e outubro de 2023.

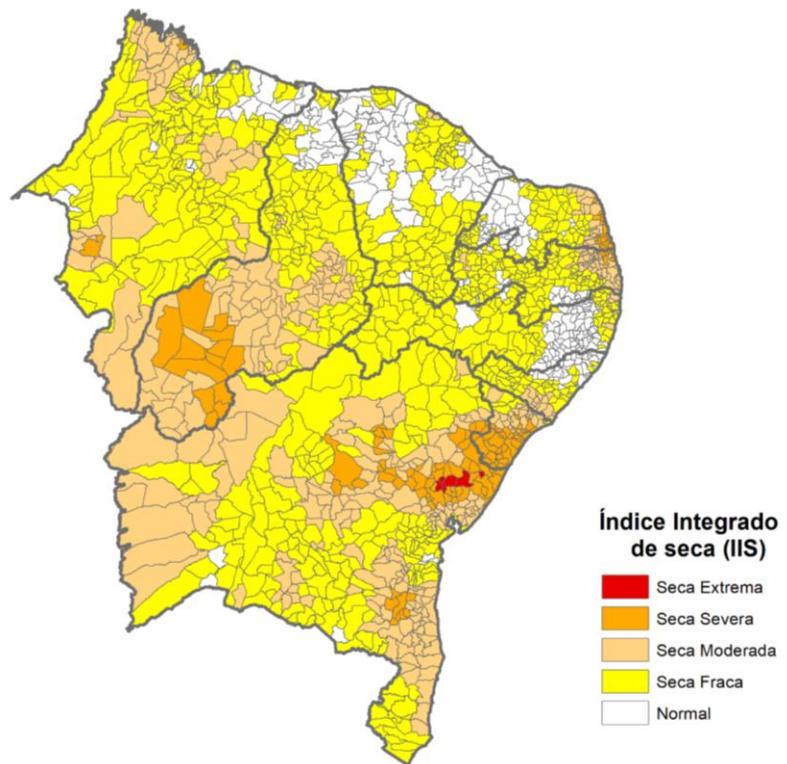


Figura 7 – Índice Integrado de Seca (IIS) para o mês de outubro de 2023 (Fonte: CEMADEN).

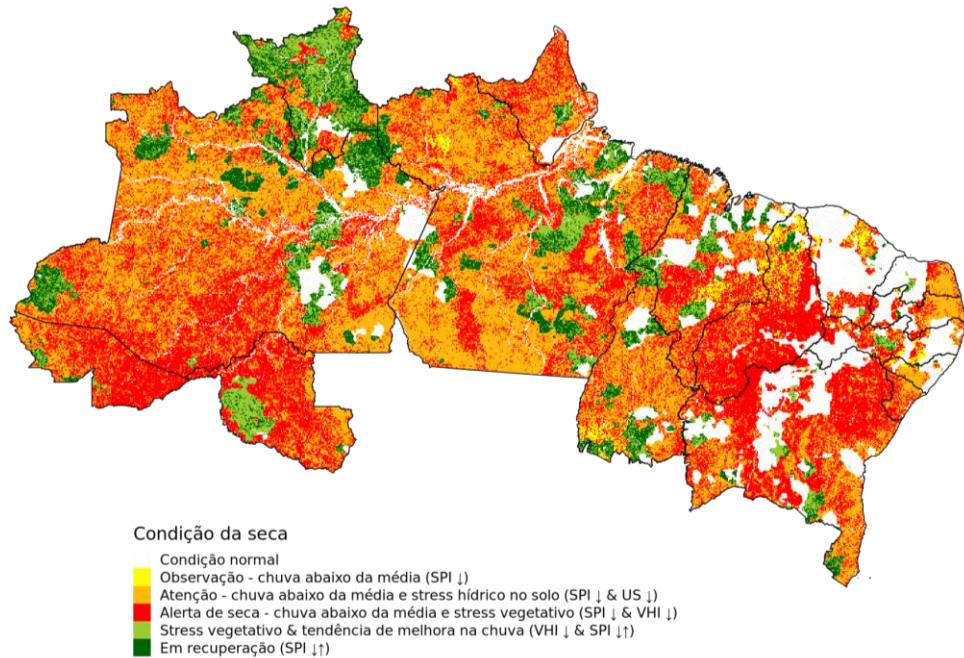
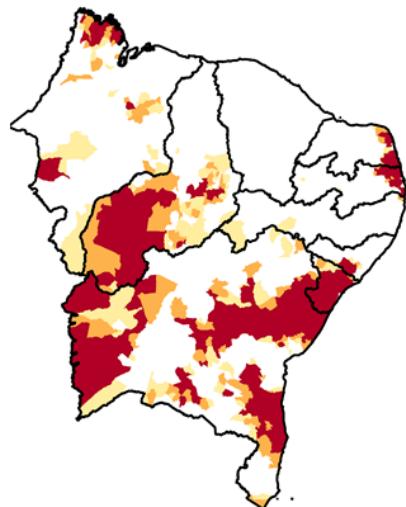


Figura 8 – Propagação da seca nas regiões Norte e Nordeste no mês de outubro de 2023.

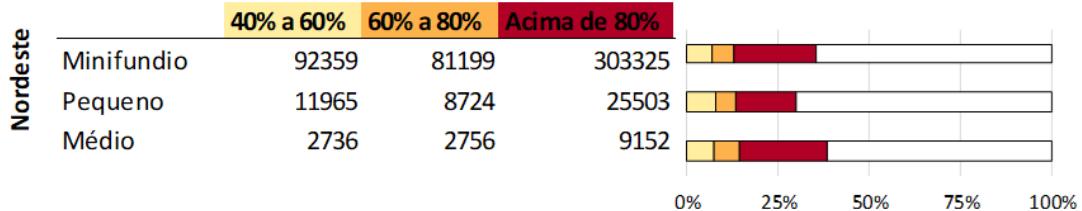
Na Figura 9 apresenta-se o impacto da seca em áreas potencialmente destinadas à agricultura e pecuária, isto é, áreas de pastagem e/ou áreas agrícolas, considerando a estimativa do percentual do município afetado pela seca e a distribuição de imóveis rurais entre minifúndios, pequenos imóveis e médios imóveis. Na região Nordeste, 562 municípios (31,3%) apresentam 40% ou mais da área agroprodutiva potencialmente afetada pela seca. Além disso, estima-se que, até o momento, 35% dos minifúndios, 30% dos pequenos imóveis rurais e 38% dos médios imóveis rurais possam ter sido impactados pela seca. Neste contexto, até o momento os estados mais afetados são Sergipe, com 85,3% (64) dos municípios com mais de 80% de área impactada; Bahia, com aproximadamente 60% (247) dos municípios com pelo menos 40% das áreas agroprodutivas potencialmente afetadas pela seca; e, Piauí com 43,3% (97) dos municípios com pelo menos 40% das áreas agroprodutivas potencialmente afetadas pela seca. Destaca-se que Sergipe apresenta quase 100% dos minifúndios afetados de alguma forma pela seca, sendo que 86,84% deles apresentam impactos em mais de 80% das áreas agroprodutivas.

É importante destacar que parte dos estados da Bahia e do Piauí, que já estão com municípios afetados pela seca, iniciam o período de plantio em novembro, de acordo com o calendário do Programa Garantia-Safra (GS) do Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA). Além disso, uma parte do semiárido de Minas Gerais também inicia o plantio neste mês. No total, 416 municípios da região do Semiárido, que são atendidos pelo Programa GS, começam o plantio em novembro, enquanto em dezembro

outros quatro municípios ao sul do Maranhão (Benedito Leite, Loreto, São Domingos do Azeitão e São Félix das Balsas) se juntam aos demais no calendário de plantio.



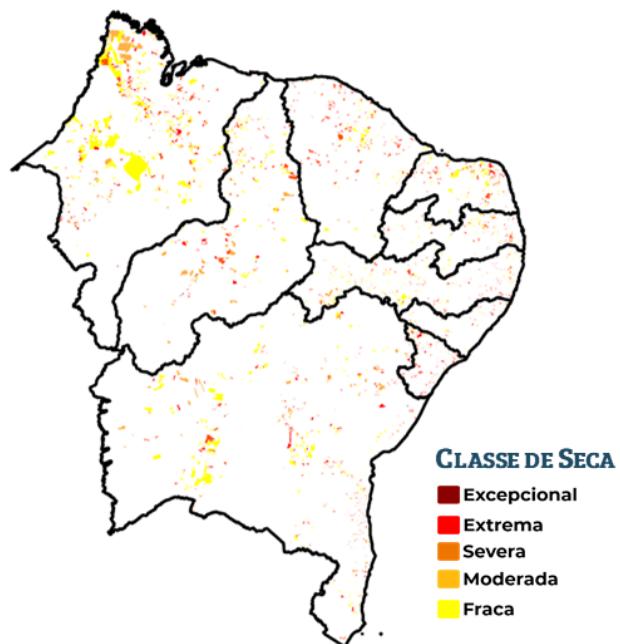
UF	40 a 60%	60 - 80%	> 80%
AL	4	1	10
BA	34	45	168
MA	15	13	16
PB	3	4	38
PE	5	1	
PI	29	30	38
RN	4	7	27
SE	3	3	64



Fonte: Estimativa a partir dos dados do Cadastro Ambiental Rural para minifúndios, pequenas e médias propriedades e IIS-1, Desenvolvimento e Processamento (CEMADEN).

Figura 9 – Áreas de Pastagens e Agrícolas Afetadas pela Seca.

Para complementar os resultados anteriores, foram analisados os Projetos de Assentamento (PA) do INCRA, visto que neles prevalece a produção agrícola do tipo familiar e/ou de subsistência, onde essa atividade consiste na principal fonte de renda das famílias. Para isso, foi utilizado o Índice Integrado de Seca estimado em cada um dos PAs (Figura 10) com a finalidade de estimar o número de famílias potencialmente impactadas pela seca. De acordo com as análises, no mês de outubro, três PAs foram classificados em situação de seca excepcional, com um total de 189 famílias distribuídas nos estados da Bahia (130 famílias) e do Piauí (59 famílias). Além disso, 355 PAs foram classificados com condição de seca severa (20.499 famílias potencialmente impactadas) e 785 classificados com condição moderada.



**NÚMERO DE FAMÍLIAS EM PROJETO DE
ASSENTAMENTO POR CATEGORIA DE SECA**

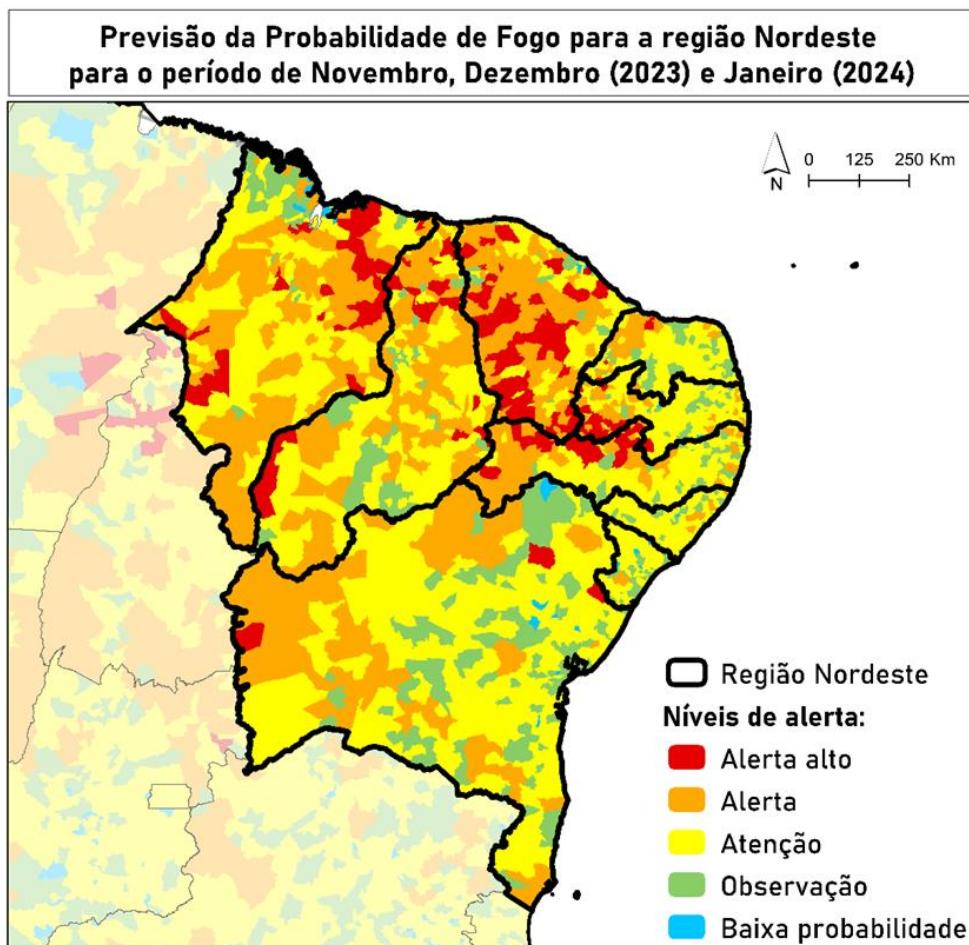
	Excepcional	Extrema	Severa	Moderada
AL	0	484	2774	217
BA	130	5826	4736	8018
CE	0	82	5928	60
MA	0	4999	10521	12466
PB	0	1748	1915	1835
PE	0	673	6359	427
PI	59	1503	4225	3508
RN	0	1734	2825	1963
SE	0	3450	1565	1684

Fonte: Estimativa população afetada IIS-01, Dados de população Censo 2022 (IBGE, 2023).

Figura 10 – Índice Integrado de Seca (IIS-01) em Projetos de Assentamento, Outubro/2023.

4. Efeitos do El Niño no Risco de Fogo

Nesta seção apresentam-se os municípios e áreas de proteção (AP) prioritários com alta probabilidade de ameaça de queimadas e incêndios na vegetação, a fim de apoiar a tomada de decisões e estratégias de planejamento para ações de prevenção, visando evitar os impactos socioambientais negativos provenientes da ocorrência destes eventos, principalmente durante eventos de El Niño, que intensificam a seca na região. A previsão da probabilidade de fogo para o período de Novembro, Dezembro e Janeiro, para os municípios da Região Nordeste do Brasil (Figura 11), aponta um alto número de municípios ameaçados pelo fogo, sendo 130 em nível de Alerta Alto (~ 135 mil km 2) e 346 em nível de Alerta (~ 500 mil km 2).



Nível de Alerta	Número de municípios	Área (km ²)
Alerta alto	130	135,657
Alerta	346	528,974
Atenção	973	696,761
Observação	315	183,968
Baixa probabilidade	30	6,815

Figura 11. Níveis de alerta para os municípios da região Nordeste baseados na previsão da probabilidade de fogo para o período de Novembro, Dezembro (2023) e Janeiro (2024).

A previsão da probabilidade de fogo para o período de Novembro, Dezembro e Janeiro, para as Áreas de Proteção da Região Nordeste (Figura 12), indica 3 APs em nível de Alerta Alto (~ 3 mil km² ameaçados pelo fogo), e 21 em nível de Alerta (~ 100 mil km²).

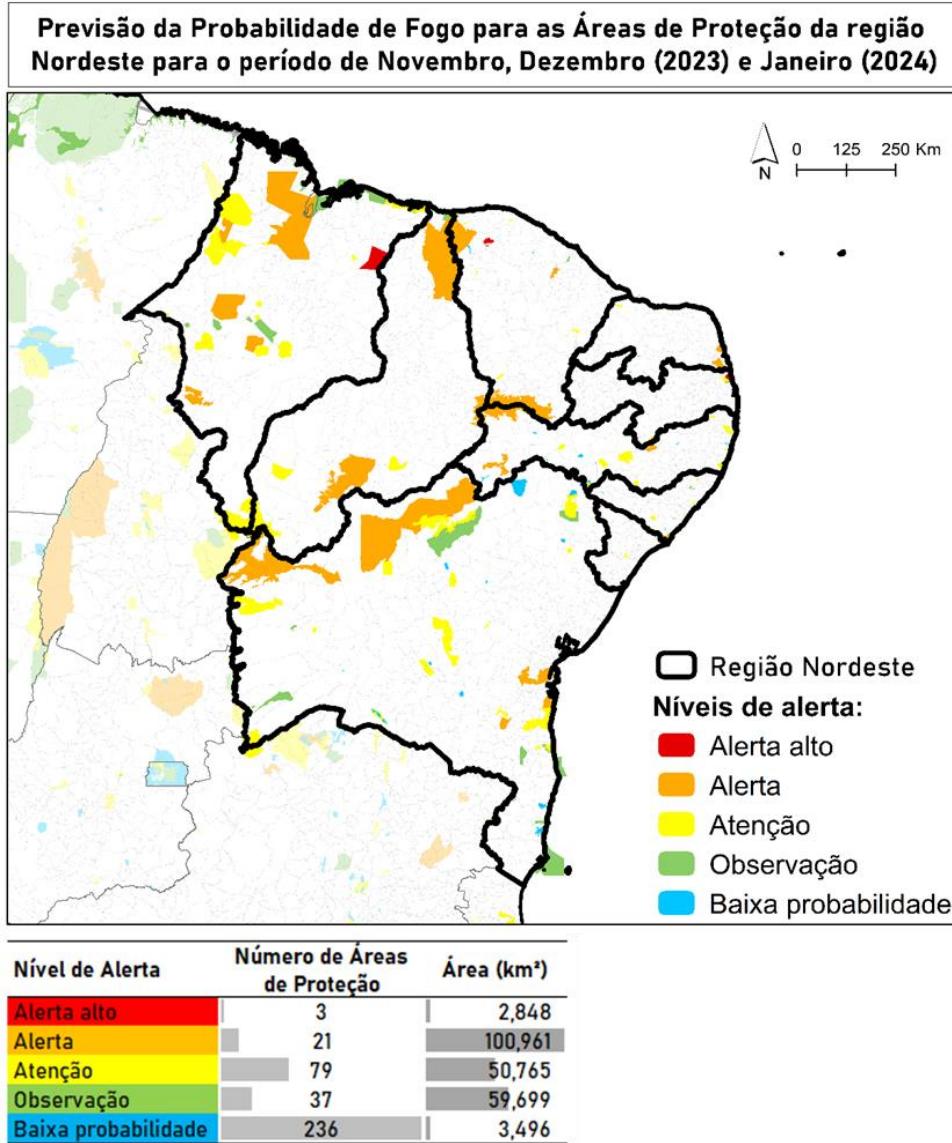


Figura 12. Níveis de alerta para as Áreas de Proteção da região Nordeste baseados na previsão da probabilidade de fogo para o período de Novembro, Dezembro (2023) e Janeiro (2024).

5. Efeitos do El Niño nos Recursos Hídricos

Na Figura 13 apresenta-se o Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI) nas escalas de 3 e 6 meses^[1], para o mês de setembro de 2023^[2]. O índice é estimado

com base no balanço hídrico, que, por sua vez, é avaliado usando dados de temperatura. Os valores negativos de SPEI indicam déficit hídrico. Avaliando a situação atual na Região Nordeste em termos de chuvas e temperaturas, o SPEI mostra uma situação bastante crítica em termos de déficit hídrico (valores negativos indicados em vermelho na Figura 13), que ficou mais crítico nos meses de junho, julho e agosto (SPEI-3). Esta situação tende a ficar mais crítica durante o El Niño, com chuvas abaixo da média e temperaturas acima da média histórica.

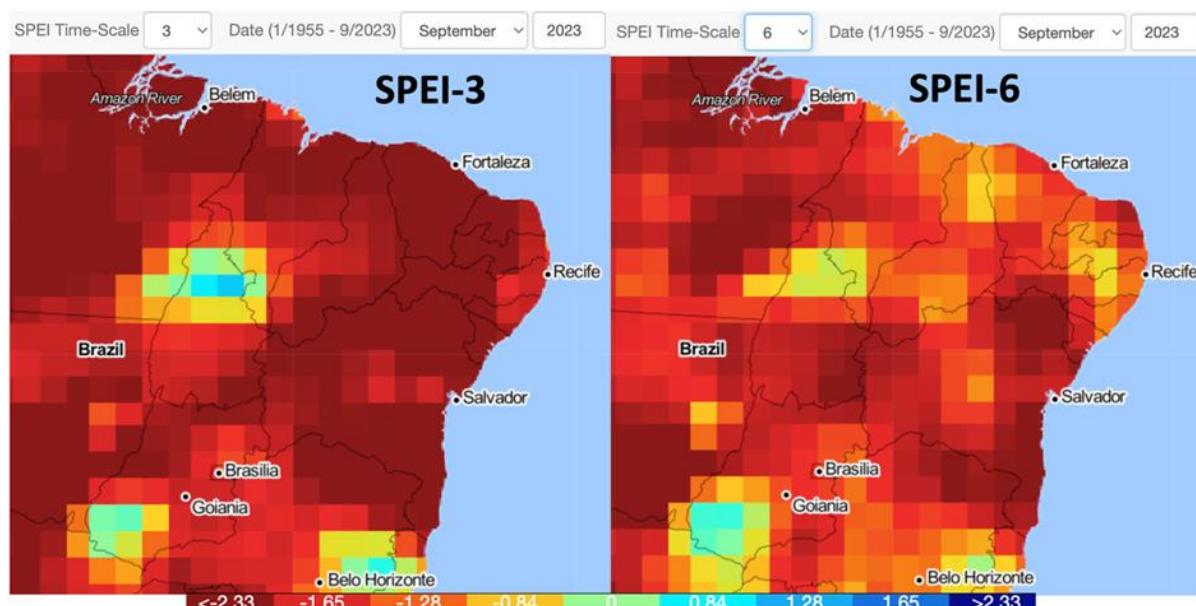


Figura 13. Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI), para o mês de setembro de 2023, nas escalas de 3 e 6 meses. Dados: CSIC no período de 1950-2023 (<https://spei.csic.es/map/maps.html#months=0#month=8#year=2023>).

A situação dos açudes no dia 30 de outubro de 2023 (alguns com dados indisponíveis desde final de setembro), é apresentada na Figura 14, que indica que 26% dos reservatórios estão com armazenamento superior a 80% da capacidade, enquanto 39% deles apresentam armazenamento inferior a 40%. Especial atenção deve ser dado para os açudes/reservatórios dos Estados da Paraíba e Pernambuco. Segundo dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 14 reservatórios estão colapsados no estado da Paraíba; contudo, os maiores açudes (reservatórios) do estado, Curema e Mãe d'água, encontram-se com armazenamento de 49,1% e 49,3%, respectivamente. No estado de Pernambuco, 15 reservatórios encontram-se colapsados. Além disso, o volume armazenado no maior açude do estado, Engenheiro Francisco Sabóia, é de 33,8%. Apesar do estado do Ceará ter 27 reservatórios com armazenamento acima de 80% e 72 reservatórios com armazenamento entre 40% e 60%, o maior reservatório (açude) do estado, e da região Nordeste, o Castanhão, encontra-se com apenas 26,3% de armazenamento.

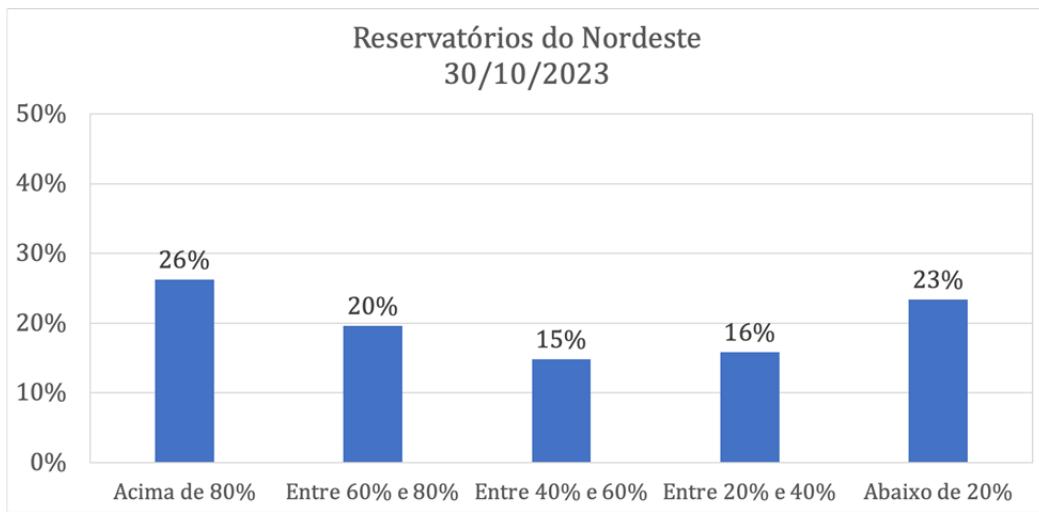


Figura 14. Situação do armazenamento dos Açudes/Reservatórios da Região Nordeste em 30 de novembro de 2023 (Dados: ANA).

Espera-se uma diminuição dos volumes armazenados em todos os reservatórios da região Nordeste durante os meses de atuação do El Niño.

[1] As escalas compararam os últimos 3 e 6 meses com a série histórica do SPEI.

[2] O SPEI é calculado no início de cada mês, e, portanto, refere-se aos últimos meses anteriores ao mês da estimativa.

6. Situação atual dos níveis dos rios e previsão hidrológica

Na Figura 15 apresenta-se a situação dos níveis dos principais rios da Região Nordeste em relação à média climatológica das estações hidrológicas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, para o dia 03 de novembro de 2023. A maioria das estações hidrológicas localizadas na porção oeste do estado do Maranhão e nas porções leste dos estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Alagoas indicam níveis dos rios na média ou acima da média climatológica, indicadas pelas cores verde, azul claro e azul escuro. Já as estações hidrológicas localizadas na porção sul do estado do Maranhão, em grande parte do Ceará, no Piauí, em Pernambuco, em Sergipe e na Bahia indicam níveis dos rios abaixo ou muito abaixo da climatologia, indicadas pelas cores laranja e vermelho.

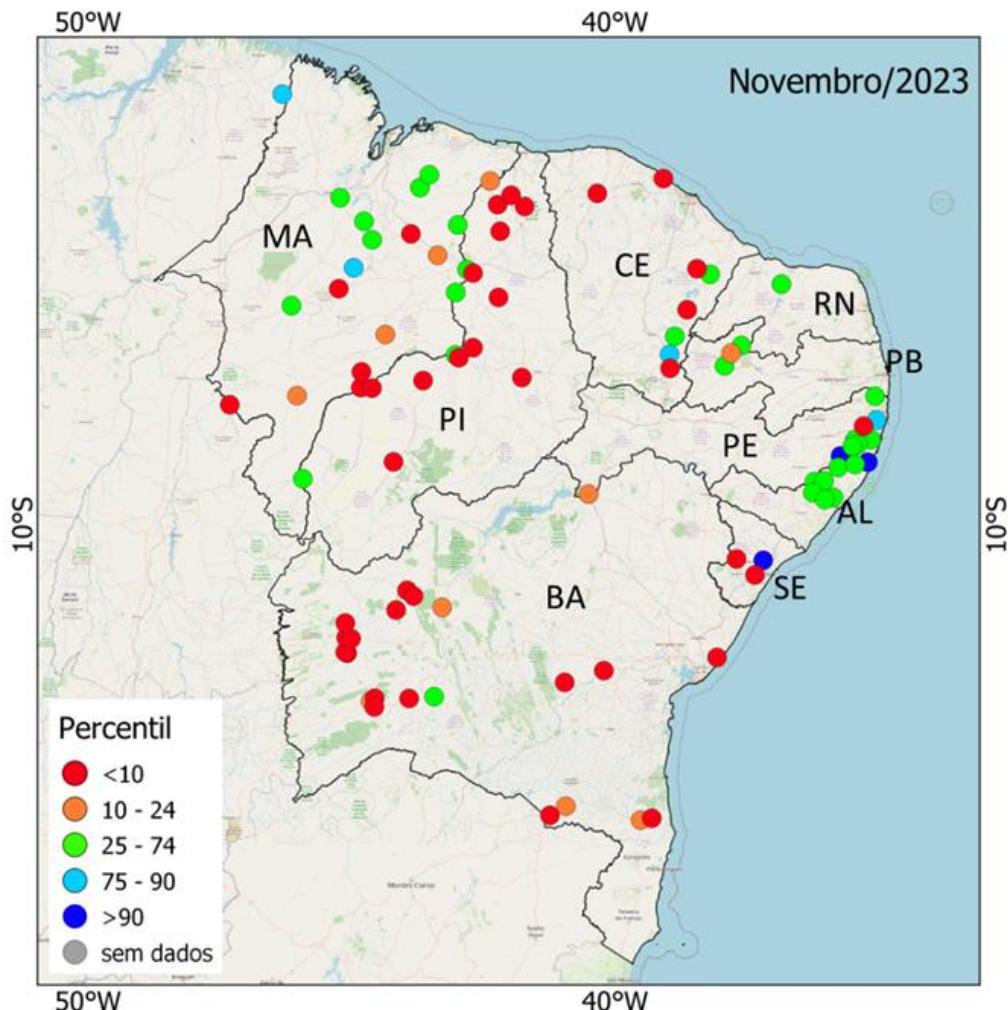


Figura 15. Situação do nível dos principais rios localizados na Região Nordeste em 03 de novembro de 2023 em relação à média climatológica das estações hidrológicas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA

A previsão sazonal para o trimestre Outubro-Novembro-Dezembro, provida pelo modelo Global Flood Awareness System (GloFAS), é apresentada na Figura 16, que indica a permanência de probabilidade superior a 90% para a ocorrência de vazões abaixo da média nos rios localizados na porção oeste da região Nordeste, indicadas pelas cores laranjas, e vazões dentro da média climatológica na porção leste da região Nordeste, indicadas pelas cores em cinza claro. Ainda na Figura 16, destaca-se na parte inferior as hidrógrafas da previsão de vazão para os rios Parnaíba no Piauí e São Francisco em Pernambuco, onde as áreas hachuradas em azuis indicam vazões acima da média e, em laranja, vazões abaixo da média, enquanto a linha pontilhada indica a média climatológica de vazões e a linha contínua preta indica a previsão do modelo GloFAS. Para o rio Parnaíba, a previsão indica permanência de vazão muito abaixo da média até o final do mês de dezembro, enquanto para o rio São Francisco, a previsão indica que a vazão passa a ficar mais abaixo da média a partir de novembro.

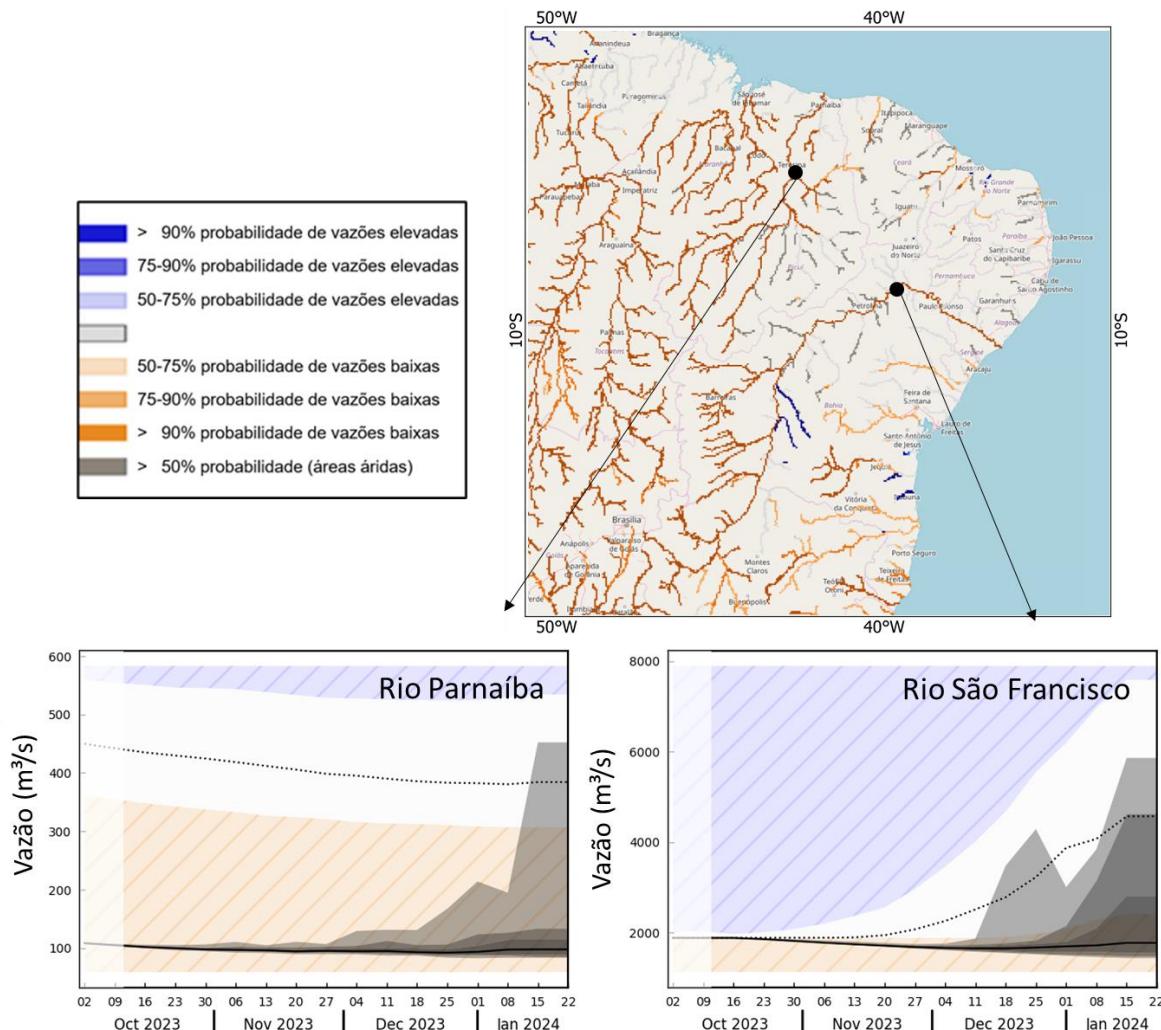


Figura 16. Previsão sazonal de vazão de outubro a dezembro de 2023 para os principais rios da Região Nordeste gerada pelo modelo Global Flood Awareness System (GloFAS).

7. Anomalias de temperatura para agosto e setembro de 2023

Na figura 17 apresenta-se as anomalias de temperatura mínima, média e máxima do ar para a Região Nordeste nos meses de agosto e setembro de 2023. A base de dados utilizada foi a *South American Mapping of Temperature* (SAMeT) disponibilizada pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). Em geral, as anomalias de temperatura não excederam 4 °C em comparação com a média histórica em ambos os períodos. Com relação à temperatura mínima no mês de agosto, nota-se que em alguns pontos dos estados da Bahia, Sergipe e Ceará os valores chegam a +3,5 °C. Já nos estados do Rio Grande do Norte, Piauí e partes do Maranhão os valores de temperatura mínima estão 2 °C abaixo dos valores climatológicos. No mês de setembro, o padrão continua o mesmo, no entanto observa-se um aumento ainda mais expressivo da temperatura mínima sobre o estado do Ceará, chegando a +4 °C. Quando analisa-se a

temperatura média e máxima, nota-se que, novamente, os estados Bahia e Ceará foram os mais impactados, com valores de anomalias que variam entre +3,5 °C e +4 °C. A porção leste dos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba apresentaram anomalias negativas de temperatura máxima persistentes em ambos os meses. Assim, as anomalias de temperatura observadas na Região Nordeste mostram indícios do estabelecimento da estação seca, sendo ainda mais intensificada em resposta aos impactos do El Niño sobre o local.

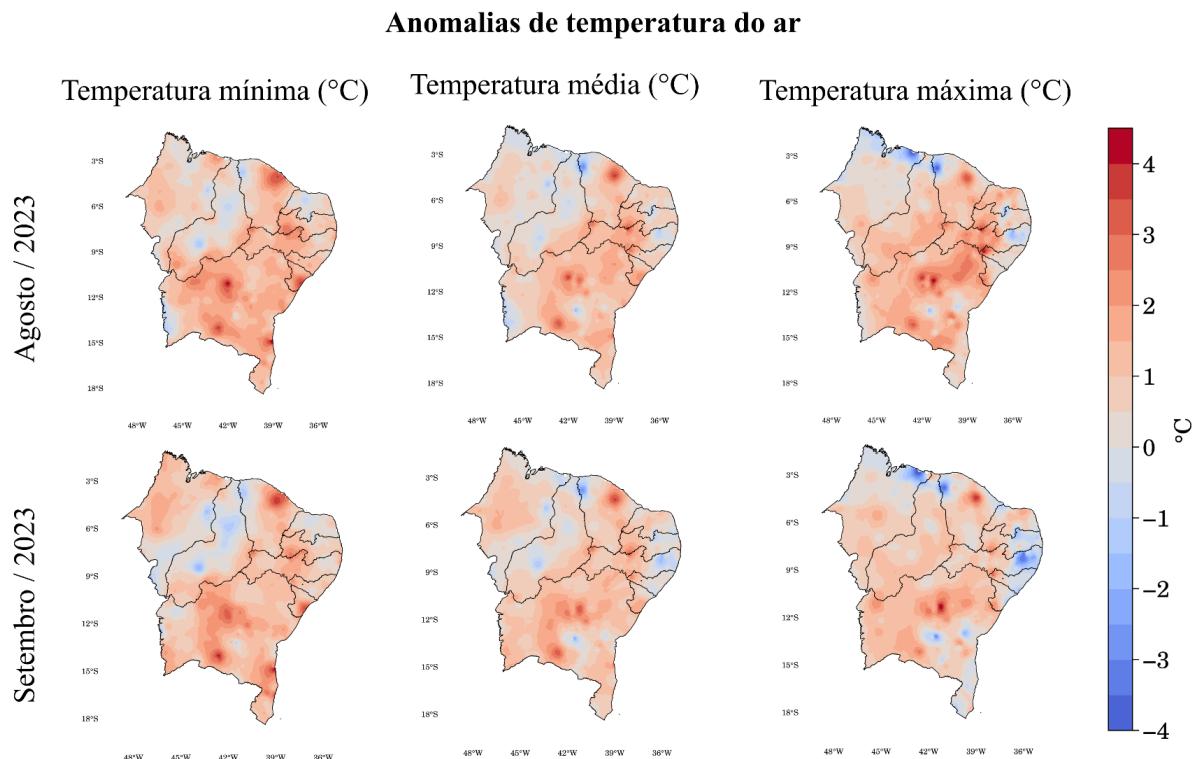


Figura 17. Anomalias de temperatura mínima, média e máxima do ar para a Região Nordeste nos meses de agosto e setembro de 2023. Base de dados: SAMeT.

8. Conclusões

A atual configuração oceânica, que inclui a ocorrência do fenômeno do El Niño no Oceano Pacífico e a presença de águas comparativamente mais quentes no Oceano Atlântico norte, é historicamente desfavorável para as precipitações da Região Nordeste. Coerentemente com esse cenário, a precipitação observada nos últimos meses mostra registros muito irregulares e inferiores aos valores históricos na maior parte da região. Adicionalmente, a previsão da grande maioria dos modelos, tanto nacionais como internacionais, apontam um cenário com alta probabilidade de ocorrência de chuvas inferiores ao normal e temperaturas superiores à média para os meses de novembro de 2023 a janeiro do próximo ano.

Decorrente deste contexto climático, os índices do CEMADEN/MCTI para avaliação das condições de seca indicam amplas regiões em condições de secas, com intensidade

variando de fraca a severa, e que afetam aproximadamente 35% das áreas dedicadas à pastagem e atividades agrícolas, além da maior parte dos Projetos de Assentamentos. Por outro lado, a perspectiva de precipitações inferiores aos valores normais, simultâneos à condições de temperaturas superiores à média, elevam o risco de fogo na maior parte da Região Nordeste, incluindo 130 municípios em nível de Alerta Alto e 346 em nível de Alerta.

Em termos hidrológicos, atenção especial deve ser direcionada aos açudes/reservatórios dos Estados da Paraíba e Pernambuco, visto que no primeiro estado 14 reservatórios estão colapsados, embora os maiores açudes registram armazenamento de aproximadamente 49%. No estado de Pernambuco, 15 reservatórios encontram-se colapsados e o maior açude do estado apresenta 33,8% de seu volume. No Ceará, o reservatório de Castanhão, maior do estado, encontra-se com apenas 26,3% de armazenamento.

Em termos gerais, a situação descrita acima tende a piorar nos próximos meses, em razão da alta probabilidade de ocorrência de precipitações inferiores à média e temperaturas superiores aos valores históricos.

Elaborado por:

Ana Paula Martins do Amaral Cunha

Christopher Alexander Cunningham Castro

João Bosco Coura dos Reis

Giovanni Dolif Neto

Larissa Antunes da Silva

Liana Oighenstein Anderson

Lidiane Cristina Oliveira Costa

Luis Marcelo de Mattos Zeri

Luz Adriana Cuartas Pineda

Rafael Xavier

Silvia Midori Saito

Revisado por:

Jose Antonio Marengo Orsini – Coordenador Geral de Pesquisa e Desenvolvimento

Marcelo Enrique Seluchi – Coordenador Geral de Operação

Regina Célia dos Santos Alvalá – Diretora Substituta do CEMADEN

