



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE ENSINO MÉDIO, TÉCNICO E EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

ANDRÉ AIRES DE FARIAS

**EVENTOS EXTREMOS DE SECAS E SEUS IMPACTOS NA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURU, CARIRI PARAIBANO**

**CAMPINA GRANDE/PB
2022**

ANDRÉ AIRES DE FARIAS

**EVENTOS EXTREMOS DE SECAS E SEUS IMPACTOS NA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURU, CARIRI PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC - Monografia) apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Geografia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, através da Pró-Reitoria de Ensino Médio, Técnico e Educação a Distância, em cumprimento aos requisitos necessários para obter o título de Licenciado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier

**CAMPINA GRANDE/PB
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F224e Farias, André Aires de.

Eventos extremos de secas e seus impactos na sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru, Cariri Paraibano [manuscrito] / André Aires de Farias. 2022.

56 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação EAD em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, EAD - Campina Grande, 2022.

"Orientação: Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier, Coordenação do Curso de Geografia - CEDUC."

1. Geografia. 2. Secas. 3. Agricultura. 4. Impactos ambientais. 5. Produtos agropecuários. I.

Título

21. ed. CDD 910

ANDRÉ AIRES DE FARIAS

**EVENTOS EXTREMOS DE SECAS E SEUS IMPACTOS NA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURU, CARIRI PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC - Monografia) apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Geografia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, através da Pró-Reitoria de Ensino Médio, Técnico e Educação a Distância, em cumprimento aos requisitos necessários para obter o título de Licenciado em Geografia.

Aprovado em: 26/07/2022.

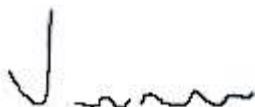
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof.^a. Dr.^a. Valéria Raquel Porto de Lima
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Vinícius da Silva Seabra
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me passar proteção, paz e saúde, não permitindo que eu desanimasse durante esse trajeto.

Aos meus pais, Maria Nazarete e José Rodrigues, pelo amor, carinho, compreensão e por terem me mostrado os caminhos que deveria percorrer durante toda a minha vida.

À minha esposa, Telma Bezerra, grande companheira, que tem me apoiado em todas as situações.

À Universidade Estadual da Paraíba, pela possibilidade de realizar mais uma licenciatura e pela excelência no Ensino, na Pesquisa e na Extensão.

Aos professores da graduação em Geografia, pelos conhecimentos e experiências repassados.

Ao Professor Rafael Albuquerque Xavier, pela atenção, paciência, incentivo e orientação durante o Trabalho de Conclusão de Curso.

À banca examinadora, composta pelos Professores Valéria Raquel Porto de Lima e Vinícius da Silva Seabra, pelas importantes contribuições para melhorar o Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos colegas de curso, pelo companheirismo e amizade.

A todos, os meus sinceros agradecimentos...

RESUMO

Secas são eventos que ocorrem quando a precipitação foi inferior aos níveis normais registrados, causando impactos sociais, econômicos e ambientais. Objetivou-se analisar os eventos extremos de secas e seus impactos na sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante a série histórica de 1994-2021. Os dados pluviométricos foram obtidos através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Com a análise dos dados foi possível conhecer a duração, o déficit hídrico e a intensidade dos eventos. Após a identificação das secas e de suas características (duração, déficit hídrico e intensidade), foi utilizado o Índice Padronizado de Precipitação (IPP) para classificar e selecionar os eventos extremos de secas ($IPP \leq -2,00$) que ocorreram. Foi utilizado o software QGIS 2.18.28 Las Palmas para espacialização do IPP durante os anos mais representativos (1998 e 2012) por meio da interpolação espacial. Buscou-se, também, relacionar os IPPs e seus impactos com o uso e cobertura do solo dos municípios da sub-bacia, para isso, utilizaram-se imagens de 1998 e 2012 do MAPBIOMAS. O datum definido para a elaboração dos mapas foi o SIRGAS 2000 e os dados shapefiles foram obtidos da AESA. Com relação aos impactos das secas extremas na agricultura (quantidade produzida de feijão e milho), na pecuária (efetivo do rebanho bovino, caprino e ovino) e nos produtos agropecuários (quantidade produzida de leite de vaca e de ovos de galinha), devido à ausência de informações de secas anteriores, analisaram-se apenas os dados da série 2011-2020. Os anos de 2011 e 2020 foram incluídos com a finalidade de comparar dois anos com chuvas acima da média com vários anos seguidos de secas (2012-2019). Com relação à duração, ao déficit hídrico e à intensidade, ocorreram secas graves na década de 1990 em todos os municípios, sendo as mais críticas as da série 1997-1999. As secas em 2001-2003 foram muito intensas, porém menos do que as que aconteceram nas décadas de 1990 e 2010. Identificaram-se secas gravíssimas durante 2012-2019 em todos os municípios, com destaque para Caraúbas, Monteiro, Serra Branca, Congo e Coxixola. Os eventos extremos de secas nos municípios ocorreram durante os anos de 1998, 1999, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019. São os anos com as mais graves secas do período estudado. As secas extremas de 1998-1999 aconteceram na grande maioria dos municípios. Estes eventos geraram diversos impactos sociais, econômicos e ambientais nas comunidades. A seca da série 2012-2019 é considerada a mais longa e grave do período estudado na sub-bacia hidrográfica, com os eventos extremos de secas de maior gravidade acontecendo em 2012 e 2013. Ocorreram prejuízos na agricultura (quantidade produzida de feijão e milho), na pecuária (efetivo do rebanho bovino, caprino e ovino) e nos produtos agropecuários (quantidade produzida de leite de vaca e ovos de galinha) durante as secas, com maior intensidade em 2012 e 2013.

Palavras-chave: Geografia. Secas. Agricultura. Impactos ambientais. Produtos agropecuários.

ABSTRACT

Droughts are events that occur when rainfall is below the normal recorded levels, causing social, economic and environmental impacts. The objective was to analyze extreme drought events and their impacts on the Sucuru River sub-basin during the 1994-2021 historical series. The rainfall data were obtained through the Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). With the analysis of the data it was possible to know the duration, the water deficit and the intensity of the events. After identifying the droughts and their characteristics (duration, water deficit and intensity), the Standardized Precipitation Index (SPI) was used to classify and select the extreme drought events ($SPI \leq -2,00$) that occurred. QGIS 2.18.28 Las Palmas software was used to spatialize the SPI during the most representative years (1998 and 2012) through spatial interpolation. It was also sought to relate the SPIs and their impacts with the use and land cover of the municipalities of the sub-basin, using images from 1998 and 2012 from MAPBIOMAS. The datum defined for the elaboration of the maps was SIRGAS 2000 and the shapefiles data were obtained from AESA. Regarding the impacts of extreme droughts on agriculture (amount of beans and corn produced), livestock (cattle, goat and sheep herds) and agricultural products (amount of cow's milk and chicken eggs produced), due to the absence of information on previous droughts, only data from the 2011-2020 series were analyzed. The years 2011 and 2020 were included in order to compare two years with above average rainfall with several consecutive years of droughts (2012-2019). In terms of duration, water deficit and intensity, severe droughts occurred in the decade 1990 in all municipalities, the most critical being those from the 1997-1999 series. The droughts in 2001-2003 were very intense, but less than those that occurred in the decade 1990 and 2010. Very serious droughts were identified during 2012-2019 in all municipalities, especially Caraúbas, Monteiro, Serra Branca, Congo and Coxixola. Extreme drought events in the municipalities occurred during the years 1998, 1999, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 and 2019. These are the years with the most severe droughts in the studied period. The extreme droughts of 1998-1999 occurred in the vast majority of municipalities. These events generated several social, economic and environmental impacts on the communities. The drought of the 2012-2019 series is considered the longest and most severe of the period studied in the sub-basin, with the most severe extreme drought events occurring in 2012 and 2013. There were losses in agriculture (amount of beans and corn produced), livestock (cattle, goat and sheep herds) and agricultural products (amount of cow's milk and chicken eggs produced) during droughts, with greater intensity in 2012 and 2013.

Key words: Geography. Droughts. Agriculture. Environmental impacts. Agricultural products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localização geográfica da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	19
Figura 2.	Precipitação dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	24
Figura 3.	IPP dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante 1998..	30
Figura 4.	Uso e cobertura do solo dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante 1998.....	32
Figura 5.	IPP dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante 2012..	34
Figura 6.	Uso e cobertura do solo dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante 2012.....	35
Figura 7.	Impactos das secas de 2012-2019 na quantidade produzida de feijão da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	39
Figura 8.	Impactos das secas de 2012-2019 na quantidade produzida de milho da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	40
Figura 9.	Impactos das secas de 2012-2019 no efetivo do rebanho bovino da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	42
Figura 10.	Impactos das secas de 2012-2019 no efetivo do rebanho caprino da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	43
Figura 11.	Impactos das secas de 2012-2019 no efetivo do rebanho ovino da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	44
Figura 12.	Impactos das secas de 2012-2019 na quantidade produzida de leite de vaca da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	45
Figura 13.	Impactos das secas de 2012-2019 na quantidade produzida de ovos de galinha da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Localização geográfica dos postos pluviométricos na sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	20
Tabela 2.	Valores do IPP e categorias de chuvas e de secas.....	21
Tabela 3.	Início, fim, duração, déficit hídrico e intensidade das secas nos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	28
Tabela 4.	Início, fim, IPP e classificação das secas nos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Órgão e variáveis utilizadas para analisar os impactos das secas extremas na sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.....	22
------------------	--	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos.....	14
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	Eventos climáticos extremos pelo mundo.....	15
3.2	Secas e seus impactos em bacias hidrográficas pelo mundo	16
3.3	Secas e seus impactos em bacias hidrográficas brasileiras.....	17
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1	Caracterização geográfica do espaço da pesquisa.....	19
4.2	Caracterização da pesquisa.....	19
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
6.	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

A Geografia está familiarizada com a bacia hidrográfica como unidade espacial desde o final da década de 1960, quando Chorley, em 1969, escreve seu célebre artigo sobre a bacia como unidade geomórfica fundamental (BOTELHO e SILVA, 2007). Rocha e Kurtz (2001) definem bacia hidrográfica como a área delimitada por um divisor de águas que drena as águas de chuvas por ravinhas, canais e tributários para um curso principal, com vazão efluente, convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago.

As bacias hidrográficas variam muito de tamanho, desde a pequena bacia de um córrego de 1ª ordem até a enorme Bacia Amazônica, com milhões de Km² e, por esta razão, os estudos e intervenções visando ao planejamento e à gestão adotam diferentes áreas de abrangência, resultantes de subdivisões da unidade principal (MACHADO e TORRES, 2012).

Usualmente, uma diferenciação entre esses conceitos é feita segundo o grau de hierarquização, de modo que a bacia hidrográfica refere-se à área de drenagem do rio principal e a sub-bacia abrange a área de drenagem de um tributário do rio principal. De qualquer forma, todos os cursos d'água de uma determinada bacia vão dar, direta ou indiretamente, no rio principal do sistema, que, em geral, dá nome à bacia hidrográfica (MACHADO e TORRES, 2012).

As bacias hidrográficas e sub-bacias são atingidas por diversos fenômenos naturais, dentre eles, destacam-se as secas. Seca é um fenômeno que ocorre quando a precipitação foi significativamente abaixo dos níveis normais registrados, provocando um sério desequilíbrio hídrico que afeta negativamente o meio urbano e rural (UNCCD, 1994).

Diversos impactos das secas foram registrados por muitos pesquisadores: Páscoa et al. (2017) identificaram várias secas severas na Península Ibérica durante as últimas décadas. O mesmo foi observado por Ribeiro et al. (2019), os autores relatam impactos significativos no meio ambiente e em diversos setores econômicos.

A China é um dos países mais vulneráveis à seca no Leste Asiático (YUE et al., 2020). Os danos econômicos causados pela seca são responsáveis por aproximadamente 8,43% das perdas econômicas devido a desastres naturais neste país (CMA, 2017). Huang et al. (2017) citam a seca como um desastre que gera graves impactos no meio ambiente e na sociedade.

Edwards et al. (2018) afirmam que a seca tem sido recorrente na Austrália, frequentemente afetando a agricultura por meio de perdas de safras, dificuldades no abastecimento de água, incêndios florestais severos, tempestades de poeira e degradação geral do meio ambiente. Afirmam, ainda, que as secas impactam negativamente as questões sociais, econômicas e de saúde das populações atingidas.

Farias e Sousa (2020), em análise sobre secas na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá, Paraíba, Brasil, observaram que a mesma foi atingida por secas severas e extremas durante todas as décadas analisadas. Perceberam que as secas recentes tiveram impactos menos graves do que os de secas anteriores, isso foi devido aos investimentos em ações de convivência com as secas e programas sociais implantados pelos governos.

A sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru, Cariri Paraibano, apresenta grande importância social, econômica e ambiental para os municípios que a compõem. Porém, a mesma apresenta carência de informações sobre Geologia, Hidrografia, Biogeografia e Climatologia. Muitas pesquisas referentes a esses temas ainda devem ser realizadas para que as lacunas sejam preenchidas. No que diz respeito à Geomorfologia, Dornellas et al. (2020), em uma análise morfométrica da bacia do Alto Rio Paraíba, observaram que as sub-bacias dos Rios Sucuru e do Umbuzeiro são de 6ª ordem, enquanto a sub-bacia do Rio Monteiro é de 5ª ordem. De acordo com os autores, os Rios Sucuru e do Umbuzeiro são, do ponto de vista hidrológico, superiores ao Rio Monteiro, descredenciando-o como rio principal. Com relação à Climatologia, e mais especificamente, aos eventos extremos de secas e seus impactos, artigos científicos publicados em periódicos são raros, o que torna esta análise ainda mais necessária.

Esta análise justifica-se, também, pela ausência de dados referentes às secas nesta sub-bacia e pela necessidade do conhecimento dos mesmos para auxiliar em um planejamento pelos órgãos públicos, pois como afirmam Machado e Torres (2012), o estudo detalhado de uma bacia hidrográfica, seja de suas características físicas, de seus modelos de parcelamento, uso e ocupação do solo ou de suas características sociais e econômicas, é fundamental para que se proceda à utilização e ao manejo mais adequado de seus recursos.

Após a apresentação do tema e de sua justificativa, diversos questionamentos surgem em relação à sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru, são os seguintes: Em que anos ocorreram os eventos extremos de secas? Quais foram os mais graves? Quais foram os impactos desses eventos na agricultura, na pecuária e nos produtos agropecuários?

O parágrafo anterior apresenta diversas dúvidas e carência de informações. As mesmas, após a realização da pesquisa e divulgação dos resultados, possibilitarão o conhecimento de elementos importantes da área de estudo.

A hipótese da pesquisa é de que ocorreram diversos eventos extremos de secas durante a série que será analisada (1994-2021), destacando-se como mais graves aqueles durante 2012-2021. Os impactos foram gravíssimos, com prejuízos na renda das pessoas, nas migrações, na vegetação nativa, nas culturas agrícolas, nos animais domésticos (bovinos, caprinos e ovinos) e nos produtos agropecuários.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar os eventos extremos de secas e seus impactos na sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante a série histórica de 1994-2021.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar e analisar a duração, o déficit hídrico e a intensidade das secas;
- Detectar e avaliar os eventos extremos de secas que ocorreram na sub-bacia;
- Identificar os impactos das secas extremas na agricultura, na pecuária e nos produtos agropecuários.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Eventos climáticos extremos pelo mundo

Com relação à questão conceitual, o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021), define eventos climáticos extremos da seguinte forma: é a ocorrência de um valor de uma variável meteorológica ou climática acima (ou abaixo) de um valor limite próximo às extremidades superiores (ou inferiores) do intervalo de valores observados da variável. Quando um padrão extremo persiste por algum tempo, como em uma estação do ano, pode ser classificado como um evento climático extremo, especialmente se produzir uma média ou total que sejam considerados “anormais” (por exemplo, alta temperatura, seca ou chuva intensa ao longo de uma temporada).

Eventos climáticos extremos representam um desafio significativo para os cientistas, bem como para as partes interessadas e formuladores de políticas, pois tais eventos podem levar a grandes impactos na sociedade e nos ecossistemas. A análise de eventos extremos é desafiadora em parte porque, por definição, eles ocorrem raramente. Portanto, não é uma questão simples definir tais eventos ou caracterizá-los de forma robusta. Acredita-se que esses eventos estejam entre as consequências potencialmente mais prejudiciais das mudanças climáticas (IPCC, 2012).

Coninck et al. (2018) afirmam que os impactos dos eventos climáticos extremos ocorrem de forma desigual, apresentando maior gravidade naqueles países mais pobres. Isso, evidencia, ainda mais, a gravidade desse fenômeno que atinge de forma mais intensa as populações com menos recursos e capacidade de adaptação.

Muitos pesquisadores têm se dedicado aos estudos dos eventos climáticos extremos pelo mundo e publicado os resultados nas mais diversas revistas científicas:

Lewis et al. (2020) identificaram que as ondas de calor extremo resultam em um aumento acentuado da mortalidade, redução nas colheitas e riscos elevados de incêndios florestais. Almeida et al. (2016) evidenciaram o efeito das ondas de calor do verão na mortalidade em Buenos Aires e Rosário, particularmente para a população idosa.

Olmo et al. (2020) afirmam que o Sul da América do Sul é uma vasta região com climas diferenciados, exposta e sensível a eventos extremos. Ainda mais, esses eventos ocorrendo juntos podem ampliar os efeitos, tornando-os mais graves. Logo, sua caracterização e estudo constituem a base não apenas para compreender sua possível evolução em um clima em mudança, mas também para determinar a exposição e vulnerabilidade das sociedades e sistemas socioecológicos.

O Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2012) afirma que os eventos climáticos extremos de chuvas são frequentemente associados a impactos severos na sociedade e no meio ambiente. O impacto devastador de chuvas intensas vai desde a perda de vidas humanas e propriedades, degradação do meio ambiente, até a destruição de infraestruturas. O órgão diz, ainda, que os pequenos países insulares do Pacífico Sul costumam experimentar eventos climáticos extremos, incluindo chuvas intensas. Os impactos de eventos extremos dependem também da exposição e vulnerabilidade da sociedade.

Com relação à vulnerabilidade e ao risco potencial associado a eventos extremos de chuvas no Pacífico Sul, Pariyar et al. (2020) dizem que é essencial entender os fatores que controlam a variabilidade dos eventos para melhorar a habilidade de previsão e fazer com que o dano potencial possa ser minimizado.

Páscoa et al. (2021) informam que em um clima com temperaturas crescentes, eventos extremos, como secas, devem aumentar em frequência e intensidade, particularmente em climas mediterrâneos.

3.2 Secas e seus impactos em bacias hidrográficas pelo mundo

Com relação às secas que ocorreram em bacias hidrográficas pelo mundo, diversas pesquisas foram realizadas e identificaram a gravidade desse fenômeno e de seus impactos:

Tesfamariam et al. (2019) perceberam uma alta variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia dos Lagos do Vale do Rift, Etiópia, com a ocorrência de secas frequentes e intensidades variadas. Os autores citam os efeitos da topografia local como um dos influenciadores dessa variabilidade, pois a área tem altitude variando entre 450 e 4.000 m acima do nível do mar.

Masroor et al. (2020) observaram na sub-bacia hidrográfica do Rio Godavari, Índia, a ocorrência de secas severas nas últimas décadas. Perceberam, também, que as áreas situadas na parte Sudoeste da sub-bacia apresentaram uma tendência decrescente na precipitação e secas frequentes.

Okal et al. (2020), em pesquisa realizada na bacia hidrográfica do Alto Rio Tana, Quênia, identificaram que o período mais intenso de seca foi de 2007 a 2009, com fortes secas sendo registradas por três anos consecutivos em toda a bacia hidrográfica. Citam que medidas de mitigação devem ser implementadas em toda a área.

Stewart et al. (2020) identificaram que eventos de secas moderadas e severas afetaram áreas da bacia hidrográfica de Tuolumne, Califórnia, Estados Unidos, de maneiras muito diferentes. O abastecimento de água dos usuários urbanos com melhores condições financeiras

não foi prejudicado, enquanto o abastecimento dos usuários agrícolas e urbanos no vale central foi reduzido em cerca de 30%.

Hulsman et al. (2021) observaram na bacia do Rio Zambeze, África, que a seca de 2019 apresentou a menor precipitação anual, o déficit de chuva mais severo no Norte da bacia e o mais baixo nível dos reservatórios desde 1995.

Villani et al. (2022), em uma análise dos riscos de secas em bacias do Mediterrâneo, acreditam que as bacias hidrográficas dessa região serão afetadas por um número maior de eventos de secas e maior gravidade devido as mudanças climáticas. É necessária uma ação urgente para passar de uma abordagem reativa para uma abordagem proativa, onde a avaliação do risco de seca é fundamental. Os resultados evidenciam, ainda, maior perigo para a parte Sul da região e maior exposição dos municípios litorâneos e produtores de vinho.

Masroor et al. (2022), em análise da relação entre secas e erosão do solo na sub-bacia do Rio Godavari, Índia, observaram que a maior parte da sub-bacia foi atingida por condições severas de secas e que a parte meridional é extremamente vulnerável à erosão do solo.

Kang et al. (2022) afirmam que as secas recentes na bacia do Rio Mekong, Ásia, resultaram em perdas ambientais e econômicas devastadoras. As alterações induzidas pelo homem tornaram a situação ainda mais difícil. Os países da bacia tiveram impactos diferenciados, portanto, é necessária uma estratégia de adaptação futura direcionada.

3.3 Secas e seus impactos em bacias hidrográficas brasileiras

Muitas pesquisas sobre secas e seus impactos em bacias hidrográficas brasileiras foram realizadas, com destaque para as seguintes:

Bonfim et al. (2020), em uma análise dos eventos climáticos extremos nas bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe, São Paulo, constataram uma maior frequência de eventos de secas, contudo, a ocorrência de eventos chuvosos se mostrou de forma mais intensa. Os autores identificaram que os eventos de chuvas extremas ocorrem principalmente em anos de El Niño Canônico e os eventos de secas leves em anos de La Niña Canônico.

Silva et al. (2021), na sub-bacia do Rio Choró, Ceará, Brasil, identificaram uma acentuada variabilidade interanual, com a série 2012-2018 apresentando a maior ocorrência de eventos secos e sendo muitos deles causados pelo El Niño.

Bevacqua et al. (2021), ao analisar secas meteorológicas e hidrológicas em bacias hidrográficas do Brasil, afirmam que as secas hidrológicas costumam ser mais duradouras, severas e com tempo de recuperação mais lento em comparação com as secas meteorológicas. Enquanto as meteorológicas mais severas são observadas em regiões úmidas (Amazônia e Sul

do Brasil), as hidrológicas mais severas e de longa duração são encontradas na região mais seca (Nordeste do Brasil).

Inocêncio et al. (2021) relacionaram a propagação das secas com episódios de insegurança hídrica em cinco bacias hidrográficas do estado de Pernambuco, Nordeste, Brasil, onde informam que a região é caracterizada por episódios recorrentes de secas. A magnitude dos eventos pode ser avaliada usando índices climáticos padronizados com base em variáveis hidrometeorológicas, incluindo precipitação, evapotranspiração, umidade do solo e vazão. Informam, ainda, que os eventos entre 2012 e 2017 no Nordeste tiveram valores mais severos dos índices padronizados de umidade do solo, fluxo de água, precipitação e evapotranspiração.

Silva et al. (2021) investigaram a inserção de cisternas e sistemas públicos de irrigação em sete sub-bacias do Semiárido brasileiro, para verificar seus efeitos no desenvolvimento da agricultura familiar. Os autores afirmam que as cisternas melhoram o bem-estar dos moradores, porém os impactos na produção agrícola são reduzidos. Além disso, esclarecem que novas tecnologias e estratégias de adaptação são necessárias para conviver em secas plurianuais.

De acordo com Santos e Latrubesse (2021), na última década, o Semiárido nordestino passou por uma das secas mais prolongadas e severas já registradas na história. Com base nisso, os autores investigaram a área marginal do campo de dunas do Médio São Francisco e concluíram que os processos morfodinâmicos de formação de dunas e migração foram desencadeados, principalmente, pela remoção da vegetação das margens dos rios. As condições climáticas mais severas durante a última seca (2012–2017) permitiram que as dunas migrassem com relativa rapidez.

Brito et al. (2021) analisaram secas meteorológicas na bacia do Rio Piranhas, Nordeste, Brasil, onde afirmam que eventos climáticos extremos têm frequentemente causado sérios danos à qualidade de vida da população e à economia do Semiárido brasileiro, nesse contexto, as secas surgem como eventos muito importantes. Os autores perceberam, também, que as escalas de tempo dos conjuntos de dados SPI-6, SPI-12 e SPI-24 meses foram adequadas para identificar os principais eventos de secas que afetaram a bacia nos últimos anos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização geográfica do espaço da pesquisa

A sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru faz parte da Região Geográfica Intermediária de Campina Grande e das Regiões Geográficas Imediatas de Sumé, Monteiro e Campina Grande (IBGE, 2017).

Integram a sub-bacia os municípios de Amparo, Caraúbas, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São José dos Cordeiros, Serra Branca e Sumé (Figura 1).

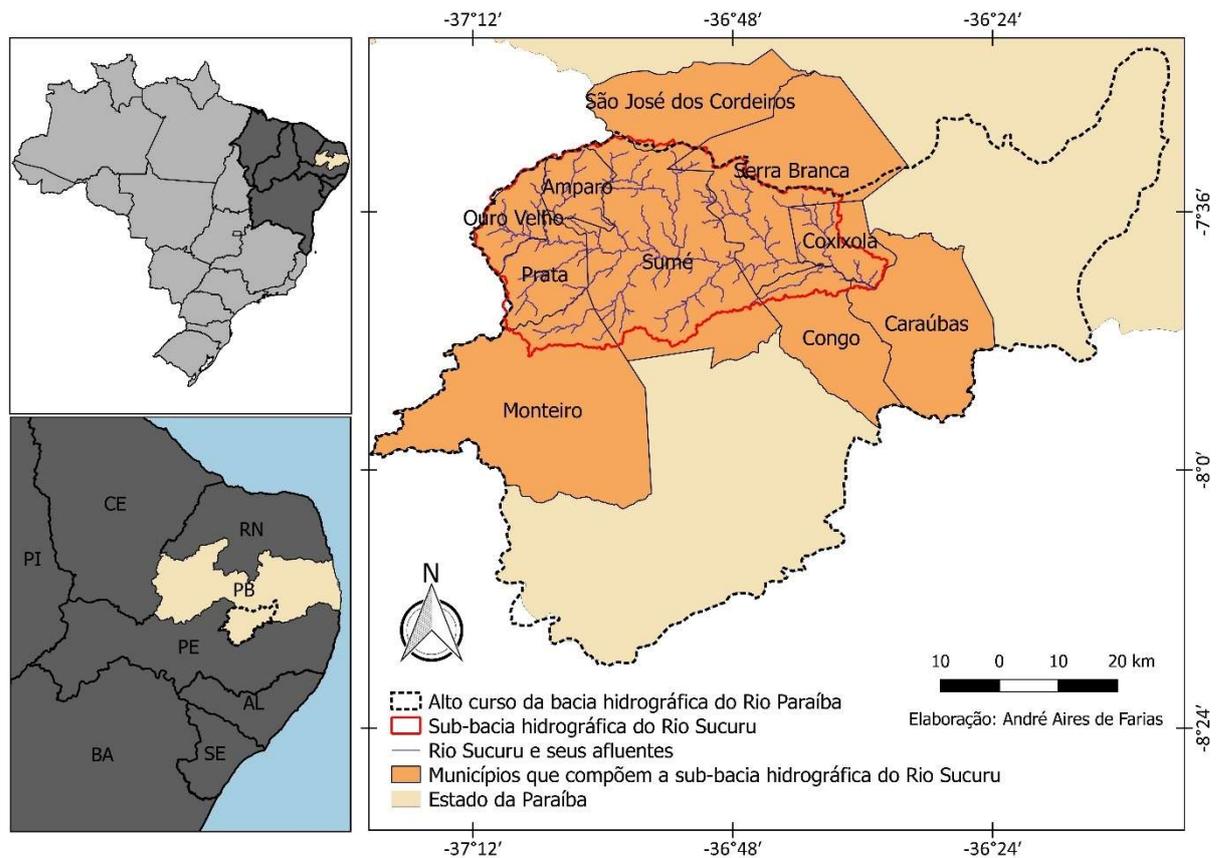


Figura 1. Localização geográfica da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Fonte: Elaboração do autor.

4.2 Caracterização da pesquisa

Os dados pluviométricos foram obtidos através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2022a). Foram utilizados dados de totais mensais precipitados para o período de 1994-2021 dos postos pluviométricos localizados nos municípios da sub-bacia hidrográfica (Tabela 1).

Tabela 1. Localização geográfica dos postos pluviométricos na sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Município/Posto	Latitude	Longitude
Amparo	-7,56970	-37,06390
Caraúbas	-7,72530	-36,49030
Congo	-7,80220	-36,65860
Coxixola	-7,62860	-36,60560
Monteiro/EMBRAPA	-7,88500	-37,12690
Ouro Velho	-7,62060	-37,15080
Prata	-7,69500	-37,08420
São José dos Cordeiros	-7,39080	-36,80580
Serra Branca	-7,48190	-36,66000
Sumé	-7,67360	-36,89640

Fonte: (AESAs, 2022a).

As secas foram identificadas através do Run method, proposto por Yevjevich (1967) e aplicado por Duarte et al. (2018), Melo e Sousa (2021), dentre outros. O mesmo permitiu conhecer a duração, o déficit hídrico e a intensidade desses eventos. Onde: duração $L(s)$, definida como o número de intervalos consecutivos em que a variável permaneceu abaixo do limiar; déficit hídrico $D(s)$, definido como a soma dos desvios negativos, estendido para todo o período da seca; intensidade $ID(s)$, definida como a relação entre o déficit e a duração. De acordo com Zhai et al. (2017), as secas podem ser descritas usando uma variedade de características: frequência, duração, déficit e intensidade, as mesmas auxiliam na identificação dos diferentes aspectos dos eventos.

Após a identificação das secas e de suas características (duração, déficit hídrico e intensidade), foi utilizado o Índice Padronizado de Precipitação (IPP) (MCKEE et al., 1993), para classificar e selecionar os eventos extremos de secas ($IPP \leq -2,00$) que ocorreram. O IPP foi gerado através do Regional Drought Identification Module (REDIM).

O IPP foi calculado nas escalas temporais de 03, 06, 09, 12 e 24 meses. A caracterização do regime de precipitação pluvial foi realizada por meio do ajuste das séries empíricas à distribuição gama. A função distribuição de probabilidade gama é visualizada na Eq. (1).

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

Sendo:

$\alpha > 0$ = parâmetro de forma da distribuição gama; $\beta > 0$ = parâmetro de escala da distribuição gama; $\chi > 0$ = total de precipitação; $\Gamma(\alpha)$ = função gama.

A relação entre as distribuições de probabilidade gama e normal é apresentada nas Eqs. 2, 3, 4 e 5.

$$Z = SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (2) \quad \text{Para } 0 < H(x) \leq 0,5$$

$$Z = SPI = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (3) \quad \text{Para } 0,5 < H(x) \leq 1,0$$

Sendo: $c_0 = 2,515$; $c_1 = 0,803$; $c_2 = 0,010$; $d_1 = 1,433$; $d_2 = 0,189$; $d_3 = 0,001$.

$$\text{em que } t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(H(x))^2} \right)} \quad (4) \quad \text{Para } 0 < H(x) \leq 0,5$$

$$\text{e } t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(1 - H(x))^2} \right)} \quad (5) \quad \text{Para } 0,5 < H(x) \leq 1,0$$

Os valores do IPP com suas categorias estão disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2. Valores do IPP e categorias de chuvas e de secas.

Valores do IPP	Categoria
$\geq 2,00$	Chuva extrema
1,50 a 1,99	Chuva severa
1,00 a 1,49	Chuva moderada
0 a 0,99	Chuva fraca
0 a - 0,99	Seca fraca
- 1,00 a - 1,49	Seca moderada
- 1,50 a - 1,99	Seca severa
$\leq - 2,00$	Seca extrema

Fonte: (MCKEE et al., 1993).

Foi utilizado o software QGIS 2.18.28 Las Palmas para espacialização do IPP durante os anos mais representativos (1998 e 2012) por meio da interpolação espacial: krigagem geoestatística. Buscou-se, também, relacionar os IPPs e seus impactos com o uso e cobertura do solo dos municípios da sub-bacia, para isso, utilizaram-se imagens de 1998 e 2012 do MAPBIOMAS (2022). O datum definido para elaboração dos mapas foi o SIRGAS 2000 e os dados shapefiles foram obtidos da AESA (2022b).

Com relação aos impactos das secas extremas na agricultura, na pecuária e nos produtos agropecuários, devido à ausência de informações de secas anteriores, analisaram-se apenas os dados da série 2011-2020. Os anos de 2011 e 2020 foram incluídos com a finalidade

de comparar dois anos com chuvas acima da média com vários anos seguidos de secas (2012-2019). Foram utilizados dados do seguinte órgão (Quadro 1):

Quadro 1. Órgão e variáveis utilizadas para analisar os impactos das secas extremas na sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Órgão (fonte dos dados)	Variáveis utilizadas
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021a).	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos das secas na agricultura: quantidade produzida (toneladas) de feijão e milho. • Impactos das secas na pecuária: efetivo do rebanho bovino, caprino e ovino.
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021b).	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos das secas nos produtos agropecuários: quantidade produzida de leite de vaca (litros) e de ovos de galinha (dúzias).

Fonte: Elaboração do autor.

Esta pesquisa classifica-se como quali-quantitativa. A pesquisa qualitativa costuma ser direcionada ao longo de seu desenvolvimento, não buscando enumerar ou medir eventos, e onde o pesquisador frequentemente procura entender os fenômenos, segundo as perspectivas dos participantes da situação estudada, enquanto a abordagem quantitativa, de modo geral, procura seguir com rigor um plano previamente estabelecido, ou seja, baseia-se em hipótese claramente indicada e variáveis que são objetos de identificação operacional (NEVES, 1996).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

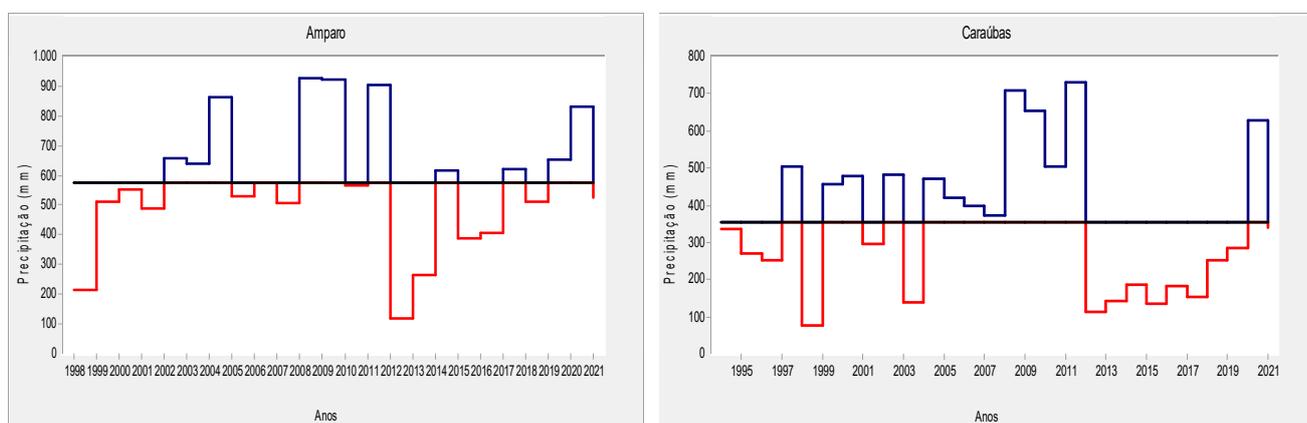
A análise dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru permitiu a identificação de secas nos anos de 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2007, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 e 2021 (Figura 2). Esta informação é muito importante, pois evidencia a grande variabilidade espacial e temporal das precipitações nessa região.

Sobre este assunto, Ab'Sáber (2003) afirma o seguinte: para a convivência das pessoas nessa região o fator mais grave reside nas irregularidades climáticas periódicas que assolam o espaço social. Observa-se uma sequência altamente irregular dos anos, entre os quais se intercalam trágicos anos de secas prolongadas. Rupturas que representam graves dificuldades para os pequenos sítiantes e camponeses safristas das áreas mais afetadas pela ausência das chuvas habituais de fins e início de ano.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) dizem que no Semiárido do Nordeste encontram-se localidades marcadas por paisagens bastante secas e quentes, apesar de alguma pluviosidade em partes do ano. Trata-se de uma região marcada por irregularidades pluviométricas e elevadas temperaturas. Os autores citam que as massas de ar MEC, MEAS, MTA e MPA chegam com umidade insuficiente para produzir chuvas abundantes, dentre outros fatores.

Castro (2008) cita que a característica fundamental desta extensa área geográfica é o clima Semiárido. Clima tropical, seco, com chuvas escassas e principalmente irregulares. Com uma temperatura média elevada o ano inteiro, associada a baixos graus de umidade relativa do ar, dos mais baixos do país.

Brasil Neto et al. (2021a) afirmam que a distância do oceano, os sistemas climáticos ativos e a configuração do relevo local são alguns dos fatores identificados como influenciadores do regime de seca no estado da Paraíba.



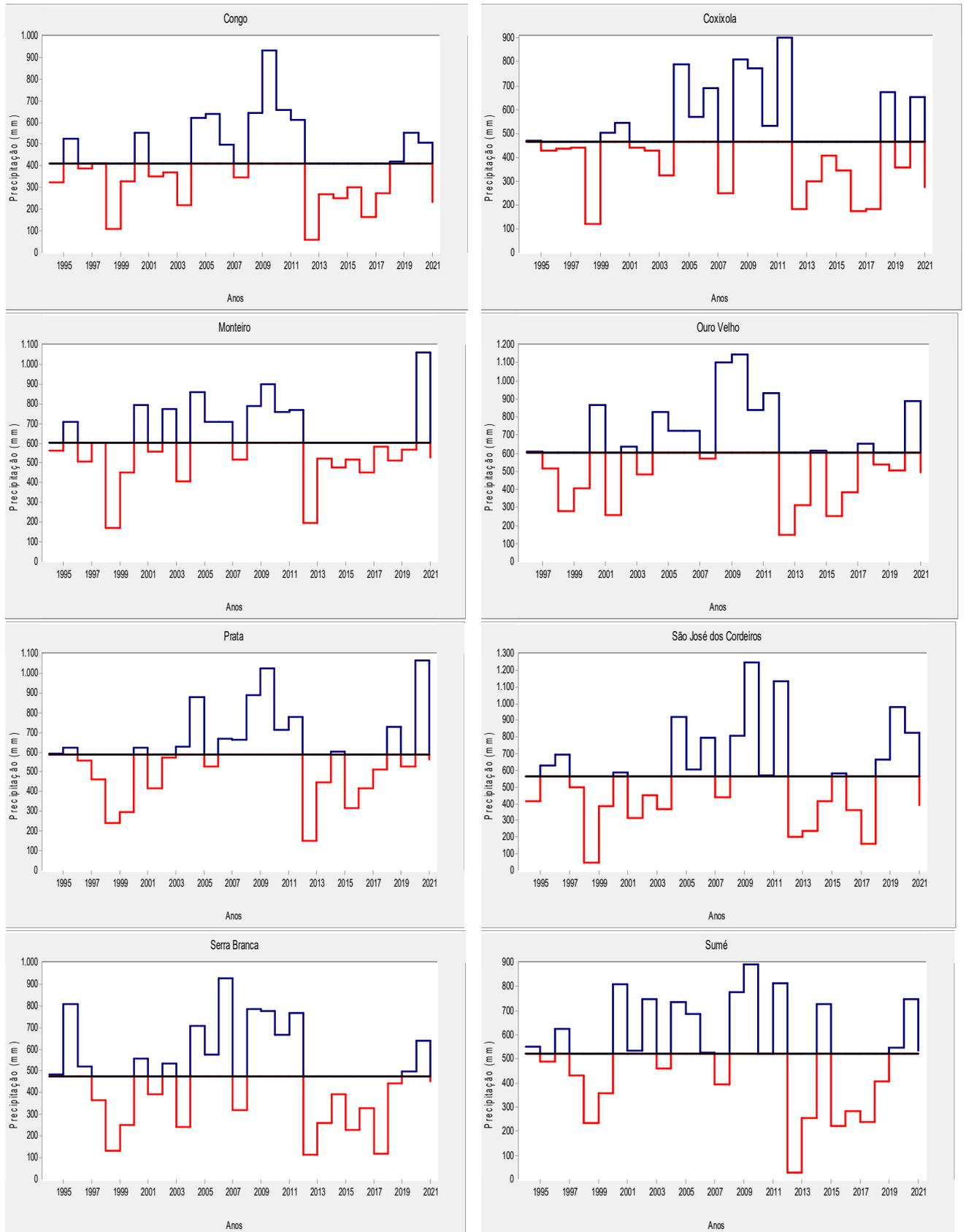


Figura 2. Precipitação dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.
Fonte: Elaboração do autor.

As características das secas (duração, déficit hídrico e intensidade) que ocorreram na sub-bacia estão disponíveis na Tabela 3 e expressam a realidade vivida pelas áreas urbanas e rurais durante a série 1994-2021. Realidade que resultou em desastres sociais, econômicos e ambientais em função das elevadas vulnerabilidades a que estão submetidos essas localidades.

As secas da década de 1990, que tinham sido identificadas por Farias et al. (2017), Duarte et al. (2018) e Farias e Sousa (2020) em diferentes localidades da Paraíba, também foram observadas nesta sub-bacia. Percebe-se períodos bem variados de secas nos municípios, com início em 1994 e fim em 1999. Porém as mesmas se repetiram com maior frequência e gravidade nos anos de 1997-1999 (Tabela 3). O que já foi confirmado por Gutierrez et al. (2014), Brito et al. (2017), Marengo et al. (2018), Brito et al. (2021) e Brasil Neto et al. (2021b) como anos de secas muito graves no Nordeste do Brasil.

Ocorreram secas graves na década de 1990 em todos os municípios e com os seguintes déficits hídricos: Amparo (1998-2001, 531,43 mm), Caraúbas (1998, 279,20 mm), Congo (1996-1999, 413,74 mm), Coxixola (1995-1998, 429,19 mm), Monteiro (1996-1999, 689,91 mm), Ouro Velho (1997-1999, 614,09 mm), Prata (1996-1999, 793,17 mm), São José dos Cordeiros (1997-1999, 752,39 mm), Serra Branca (1997-1999, 671,61 mm) e Sumé (1997-1999, 537,79 mm) (Tabela 3). Situação semelhante foi observada por Farias et al. (2017), pois constataram que a seca de 1998-2000 foi a mais grave em Boqueirão, PB, além de muitos outros impactos, essa seca reduziu drasticamente a produção agropecuária e o abastecimento de água da região.

Foram observadas secas na série 2001-2003. As mesmas foram agravadas em função de eventos que ocorreram em anos anteriores (1997-1999) (Tabela 3). Quando as secas ocorrem próximas umas das outras não há uma recuperação plena, pois os açudes, a economia, a agricultura, a pecuária e o meio ambiente demoram muito tempo para voltarem a condição de antes do evento climático causador daquele estresse. A gravidade da seca de 2001-2003 já tinha sido identificada por Duarte et al. (2018), onde os mesmos afirmam que foi uma das três mais graves que ocorreram em Campina Grande, PB, durante 1994-2015.

As secas em 2001-2003 foram muito intensas, porém menos do que as que aconteceram nas décadas de 1990 e 2010. Merecem destaque as secas de 2001-2003 no Congo, a de 2001 em Ouro Velho e a de 2001-2003 em São José dos Cordeiros, que apresentaram déficit hídrico de 300,71 mm, 347,53 mm e 554,29 mm, respectivamente, (Tabela 3).

Marengo et al. (2017) afirmam que as secas em 1998 e 2002 no Semiárido do Nordeste do Brasil foram causadas pelo El Niño Oscilação Sul. No entanto, tal fenômeno explica apenas parte da variabilidade da precipitação nessa região, pois Kane (1997) mostra que de 46 eventos

El Niño (forte e moderado) durante 1849-1992, apenas 21 foram associados a secas no Norte do Nordeste do Brasil. Buriti e Barbosa (2018) observaram que quase 30% dos eventos de secas no Semiárido do Brasil não coincidiram com a ocorrência de El Niño.

Moura e Shukla (1981) informam que as ocorrências simultâneas de El Niño e secas no Nordeste do Brasil se limitam a alguns eventos específicos. Isso se deve ao fato de que a precipitação nessa região é também fortemente relacionada às anomalias de temperatura da superfície do mar do Atlântico Tropical. Muitos estudos mostram a influência do Oceano Atlântico Tropical na distribuição das chuvas nas regiões tropicais do continente Sul-Americano, principalmente sobre o setor Norte do Nordeste do Brasil.

Com relação aos eventos recentes de secas que aconteceram na sub-bacia, uma maior gravidade é observada para anos seguidos de secas. Foi o que aconteceu com Caraúbas e Monteiro, com oito anos seguidos de secas (2012-2019), Serra Branca, com sete (2012-2018) e Congo e Coxixola, com seis (2012-2017). Este período foi gravíssimo para esses municípios, impactando as culturas agrícolas, os rebanhos, o abastecimento hídrico residencial, a alimentação das famílias, a obtenção de renda e o meio ambiente. Marengo et al. (2018) afirmam que durante a estação chuvosa deficiente de 2012 muitas áreas receberam menos de 50% da precipitação média da estação, levando muitos municípios a declarar estado de emergência. Os municípios de Amparo, Ouro Velho, Prata, São José dos Cordeiros e Sumé também foram muito impactados pelas secas recentes, porém os eventos foram alternados, o que torna possível uma mínima recuperação. A seca de 2021 foi observada em todos os municípios da sub-bacia, exceto Sumé (Tabela 3).

O período de secas que iniciou em 2012 na sub-bacia hidrográfica e em diversas localidades do Semiárido nordestino foi realmente gravíssimo, pois foi muito longo e os valores de precipitação ficaram muito abaixo das médias (que já não são valores considerados elevados). De acordo com Alvalá et al. (2019), a seca que iniciou em 2012 e afetou o Semiárido brasileiro caracteriza-se por uma intensidade e impacto na agricultura e no abastecimento de água não vistos nas últimas décadas. Confirmando o exposto acima, Brito et al. (2017), em uma análise da frequência, duração e gravidade das secas no Semiárido do Nordeste do Brasil durante 1981-2016, citam secas mais severas e prolongadas em 2011-2016 durante o período de estudo. Afirmam, também, que durante 2012-2016 as secas foram mais frequentes, severas e afetaram uma área maior do que as secas das décadas passadas. E os autores em questão não incluíram 2017, 2018, 2019 e 2021, anos confirmados como secos nesta análise. O que evidencia a situação de calamidade vivenciada durante 2012-2021 na sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

As secas em Caraúbas e Monteiro tiveram duração de oito anos (2012-2019), com impressionantes 1399,57 e 1015,13 mm de déficit hídrico e 174,95 e 126,89 mm/ano de intensidade, respectivamente. O município de Serra Branca apresentou secas durante sete anos (2012-2018), com déficit hídrico de 1439,05 mm e intensidade de 205,58 mm/ano. No Congo e em Coxixola as secas iniciaram em 2012 e terminaram em 2017, com 1159,51 e 1195,53 mm de déficit hídrico e 193,25 e 199,25 mm/ano de intensidade, respectivamente, (Tabela 3). Marengo et al. (2018) citam déficits hídricos em 2012-2013 de 300 a 400 mm/ano em alguns municípios do Semiárido nordestino. Santos et al. (2019) também relatam situações trágicas durante as secas recentes, onde os mesmos revelaram que os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015 tiveram os níveis mais baixos de precipitação no Estado da Paraíba durante a série analisada (1998-2015); o ano de 2012, o mais seco, destaca-se com um valor médio de aproximadamente 400 mm em toda a área de estudo. Brasil Neto et al. (2021b) corroboram com as afirmações acima, citando o ano de 2012 como um dos mais secos do período estudado na Paraíba.

Secas impactantes também foram observadas nos seguintes municípios, anos e com os déficits hídricos: Amparo (2012-2013, 766,62 mm), Ouro Velho (2012-2013, 748,56 mm; 2015-2016, 573,86 mm), Prata (2012-2013, 579,94 mm; 2015-2017, 523,75 mm), São José dos Cordeiros (2012-2014, 835,69 mm; 2016-2017, 595,56 mm), Sumé (2012-2013, 759,53 mm; 2015-2018, 932,96 mm) (Tabela 3). A diferença dessas secas em relação as que aconteceram em Caraúbas, Monteiro, Serra Branca, Congo e Coxixola é que não foram seguidas, havendo algum ano com precipitação acima da média. E isso, diante de situações de desastres, minimizou um pouco o sofrimento da população, dos animais e das plantas que convivem no ambiente da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

De acordo com Marengo et al. (2018), a seca que começou em 2012 estava ligada a um Oceano Atlântico Norte Tropical anormalmente quente que favoreceu o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para o Norte e produziu menos chuvas no Nordeste do Brasil. As condições do evento La Niña em 2013 não foram suficientes para compensar as condições de seca estabelecidas anos antes e o El Niño em 2015 piorou a situação ainda mais. A extensão e a intensidade dessa seca afetaram a economia regional do Semiárido do Nordeste do Brasil em mais de 1100 municípios, gerando problemas sociais: êxodo, desemprego, fome, tanto no meio urbano quanto no rural.

O ano de 2020 apresentou precipitação acima da média, com isso houve o encerramento da seca de 2012-2019. Em 2021 iniciou outra seca, porém bem menos intensa do que as anteriores (Tabela 3).

Tabela 3. Início, fim, duração, déficit hídrico e intensidade das secas nos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Amparo				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1998	2001	4	531,43	132,86
2005	2005	1	45,51	45,51
2007	2007	1	69,11	69,11
2010	2010	1	6,71	6,71
2012	2013	2	766,62	383,31
2015	2016	2	355,52	177,76
2018	2018	1	61,61	61,61
2021	2021	1	49,11	49,11
Caraúbas				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1994	1996	3	208,49	69,50
1998	1998	1	279,20	279,20
2001	2001	1	61,30	61,30
2003	2003	1	216,20	216,20
2012	2019	8	1399,57	174,95
2021	2021	1	15,40	15,40
Congo				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1994	1994	1	87,44	87,44
1996	1999	4	413,74	103,44
2001	2003	3	300,71	100,24
2007	2007	1	65,24	65,24
2012	2017	6	1159,51	193,25
2021	2021	1	182,04	182,04
Coxixola				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1995	1998	4	429,19	107,30
2001	2003	3	199,36	66,45
2007	2007	1	213,52	213,52
2012	2017	6	1195,53	199,25
2019	2019	1	107,72	107,72
2021	2021	1	190,12	190,12
Monteiro				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1994	1994	1	42,55	42,55
1996	1999	4	689,91	172,48
2001	2001	1	48,85	48,85
2003	2003	1	197,45	197,45
2007	2007	1	88,15	88,15
2012	2019	8	1015,13	126,89
2021	2021	1	79,75	79,75
Ouro Velho				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1997	1999	3	614,09	204,70
2001	2001	1	347,53	347,53
2003	2003	1	120,63	120,63

2007	2007	1	33,23	33,23
2012	2013	2	748,56	374,28
2015	2016	2	573,86	286,93
2018	2019	2	164,56	82,28
2021	2021	1	112,63	112,63
Prata				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1996	1999	4	793,17	198,29
2001	2002	2	188,24	94,12
2005	2005	1	61,22	61,22
2012	2013	2	579,94	289,97
2015	2017	3	523,75	174,58
2019	2019	1	60,92	60,92
2021	2021	1	26,22	26,22
São José dos Cordeiros				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1994	1994	1	146,33	146,33
1997	1999	3	752,39	250,80
2001	2003	3	554,29	184,76
2007	2007	1	122,83	122,83
2012	2014	3	835,69	278,56
2016	2017	2	595,56	297,78
2021	2021	1	172,73	172,73
Serra Branca				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1997	1999	3	671,61	223,87
2001	2001	1	81,24	81,24
2003	2003	1	231,84	231,84
2007	2007	1	154,54	154,54
2012	2018	7	1439,05	205,58
2021	2021	1	22,24	22,24
Sumé				
Início	Fim	Duração (anos)	Déficit (mm)	Intensidade (mm/ano)
1995	1995	1	33,46	33,46
1997	1999	3	537,79	179,26
2003	2003	1	58,46	58,46
2007	2007	1	126,96	126,96
2012	2013	2	759,53	379,76
2015	2018	4	932,96	233,24

Fonte: Elaboração do autor.

Os eventos extremos de secas nos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru ocorreram durante os anos de 1998, 1999, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019 (Tabela 4). São os anos com as mais graves secas do período estudado e que comprovam a ineficiência de algumas políticas públicas e os reduzidos investimentos em ações de convivência com o Semiárido.

As secas extremas de 1998-1999 ocorreram na grande maioria dos municípios. Estes eventos geraram diversos impactos sociais, econômicos e ambientais nas comunidades. E que foram ainda mais surpreendentes em São José dos Cordeiros, Prata, Monteiro e Congo, no ano de 1998, com IPP variando de - 2,76 a - 3,32 (Figura 3) e (Tabela 4). Os impactos das secas extremas de 1998-1999 só foram menores do que os das secas extremas de 2012-2019, pois a duração destas foi bem maior do que daquelas.

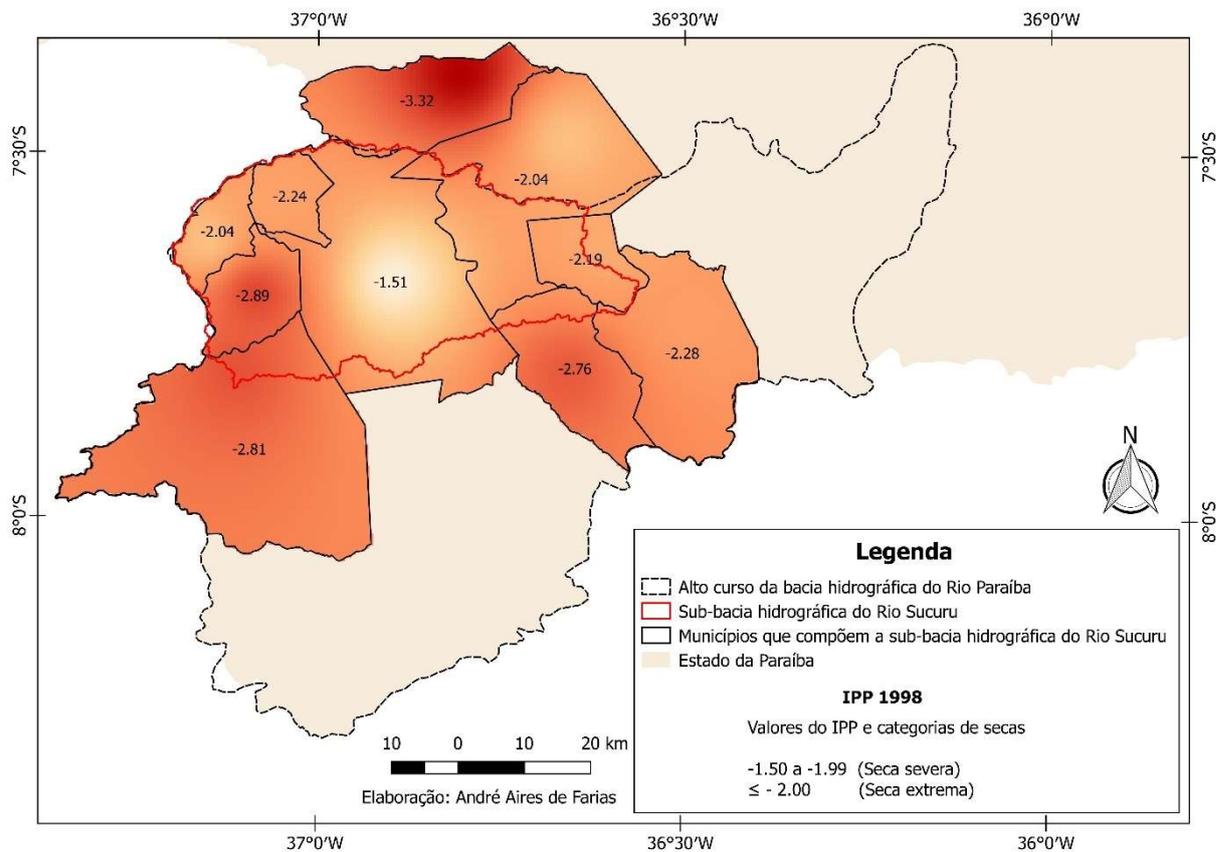


Figura 3. IPP dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante 1998.
Fonte: Elaboração do autor.

As secas extremas de 1998-1999 geraram mortes de animais e plantas; fome, saques a estabelecimentos comerciais, migrações e aumento da pobreza. De forma similar, Farias et al. (2021) também observaram reduções na alimentação da população, aumento da pobreza, migrações populacionais, redução da pecuária e da produção de culturas; e aumento do desemprego em anos de secas em um município do Semiárido paraibano.

Com relação às migrações durante as secas, Almeida (2012), no excelente Livro *A Paraíba e seus Problemas*, já falava sobre elas no século XIX e afirma que nessa época a população desprovida de todos os meios de salvação e castigada pela dolorosa experiência de

outras secas, não se conformava e começava a emigrar, tão depressa se pronunciava novo evento. Situação que ainda ocorre em 2022, porém de forma menos intensa.

O problema da fome durante as secas já foi abordado de forma brilhante por Castro (2008), no Livro *Geografia da Fome*, onde afirma que são surtos agudos de fome que surgem com a seca, intercaladas ciclicamente com os períodos de relativa abundância que caracterizam a vida do sertanejo nos tempos de normalidade. Segundo o autor, são epidemias de fome global quantitativa e qualitativa, alcançando com incrível violência os limites extremos da desnutrição e da inanição aguda. Ainda de acordo com Castro (2008), as secas periódicas desorganizam por completo a economia primária da região, impactam as fontes naturais de vida, prejudicam as pastagens, dizimam o gado e arrasam as lavouras.

Com relação aos impactos no setor primário da economia citados por Castro (2008), a sub-bacia em estudo apresenta tais impactos. Isso acontece, também, devido ao uso e ocupação do solo. Na área da sub-bacia predomina a formação savânica (caatinga arbustiva) (213.740 ha - 49,2% da área), pastagem (71.655 ha - 16,5% da área) e um mosaico de agricultura e pastagem (140.431 ha - 32,3% da área), como é possível verificar no ano de 1998 (Figura 4). São formações vegetais de grande importância para bovinos, caprinos e ovinos, porém submetidas a intenso estresse em períodos de secas. As plantas da caatinga perdem as folhas nos períodos mais críticos, com a finalidade de reduzir a transpiração e diminuir a necessidade hídrica. Outras fecham os estômatos nas horas mais quentes do dia, cujo objetivo é evitar a perda excessiva de água.

Da mesma forma, há também a classe de cobertura do solo denominada de “outra área não vegetada” (4.055 ha - 0,93% da área) (Figura 4), onde localizam-se os solos expostos, muitos em processo de desertificação, que é a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes das variações climáticas e das atividades humanas (UNCCD, 1994). Áreas desertificadas dificultam ainda mais a produção de alimentos pelas pessoas e praticamente impossibilitam a alimentação de bovinos, caprinos e ovinos com plantas do bioma. Para contornar essa situação, alguns poucos criadores, quando podem, compram capim, milho, palma forrageira, algaroba, bagaço de cana de açúcar e produtos derivados do milho, do trigo, da soja e do algodão para alimentar os animais, essa é uma condição bem difícil, pois os alimentos para os animais têm um preço elevado.

Essas características citadas acima tornam a sub-bacia bastante vulnerável às secas e os resultados são sentidos durante os eventos extremos, neste caso, 1998. A Figura 4 apresenta uma condição bem preocupante, onde a mesma foi agravada em função da seca de 1997, que ocorreu em grande parte da sub-bacia.

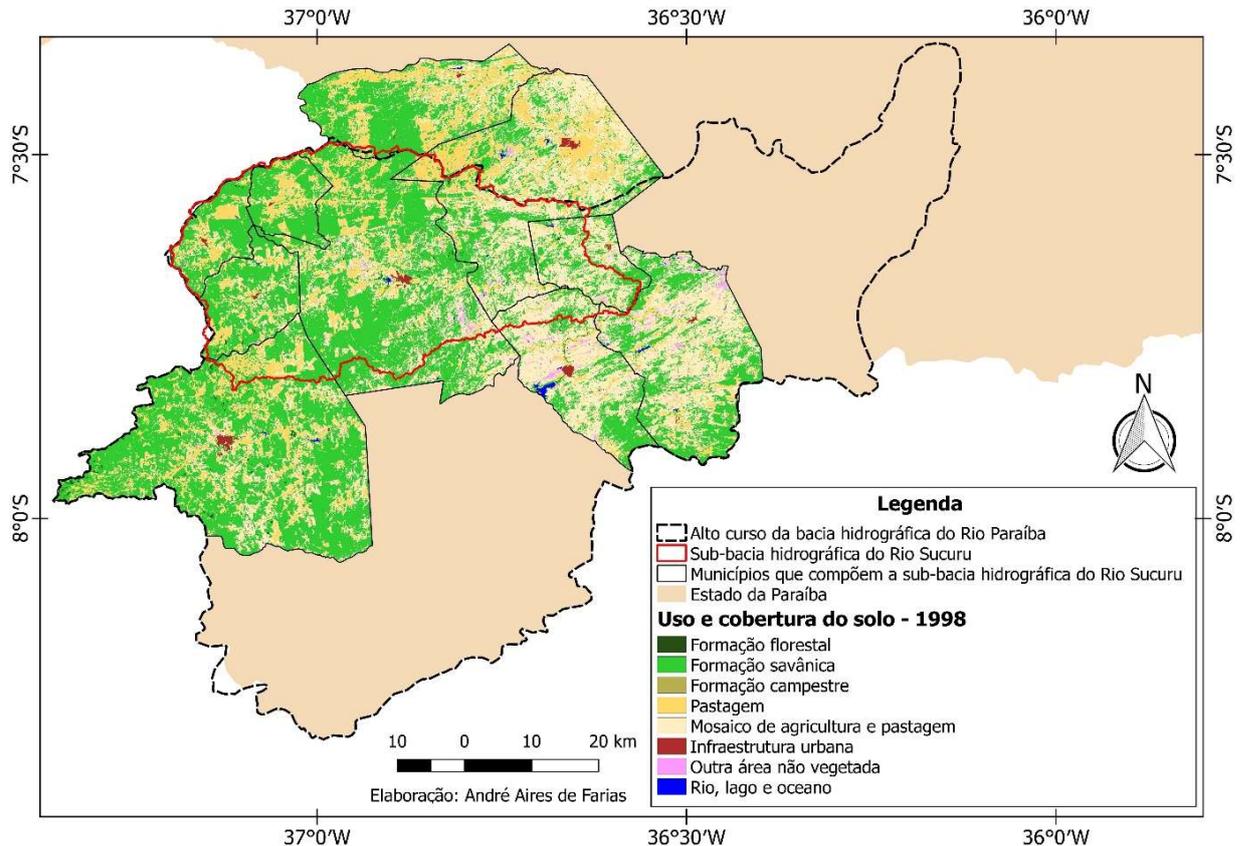


Figura 4. Uso e cobertura do solo dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante 1998.

Fonte: Elaboração do autor.

Com relação às secas extremas de 1998-1999 na sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru, as condições foram mais difíceis para o homem do campo, em sua maioria agricultores familiares. De acordo com a Lei 11.326, de 24 de Julho de 2006, da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos: I - não detenha, a qualquer título, área maior do que quatro módulos fiscais; II - utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; III - tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

O problema é que dificilmente encontram-se agricultores familiares com quatro módulos fiscais no Semiárido do Nordeste do Brasil. E na sub-bacia analisada não é diferente. Cada módulo fiscal na sub-bacia tem 55 hectares. Então, quatro módulos fiscais neste lugar têm 220 hectares. Mas a realidade é que a grande maioria dos agricultores familiares têm menos de 10 hectares, o que dificulta a convivência com o ambiente, principalmente em anos de secas.

Targino e Moreira (2020) citam que a área média dos estabelecimentos familiares na Paraíba é de 11,5 hectares, o que comprova a intensa e histórica concentração fundiária e um dos motivos dos intensos impactos das secas ainda acontecerem.

Targino e Moreira (2020) reafirmam, ainda, outros problemas enfrentados pelos agricultores familiares na Paraíba e que dificultam a convivência com o Semiárido: baixo nível de escolaridade dos responsáveis pelos estabelecimentos, fracionamento excessivo das unidades produtivas, padrão tecnológico insuficiente, concentração da produção de lavouras em poucos produtos, canais de comercialização restritos, fragilidade da organização produtiva das unidades familiares, centrada nas lavouras tradicionais (feijão e milho). E fazem um alerta: Essas dificuldades tendem a se agravar, tendo em vista o desmonte das políticas de sustentação da agricultura familiar e de reestruturação agrária adotadas nas últimas décadas.

A seca da série 2012-2019 é considerada a mais longa e grave do período estudado na sub-bacia hidrográfica. Diversos eventos extremos de secas foram observados durante esse período (Tabela 4), que causaram impactos que acreditava-se não serem mais possíveis de acontecer em função das melhorias sociais e econômicas que a sub-bacia tinha passado, seguindo uma tendência nacional.

Os eventos extremos de secas de maior gravidade na sub-bacia aconteceram em 2012 e 2013, com destaque para o ano de 2012, para os municípios de Sumé (IPP de - 3,47), Monteiro (IPP de - 2,91), Congo (IPP de - 2,91), Coxixola (IPP de - 2,87) e Amparo (IPP de - 2,84) (Figura 5) e (Tabela 4). Estes eventos extremos trouxeram a realidade de que muito ainda há para ser feito em relação à convivência com o Semiárido.

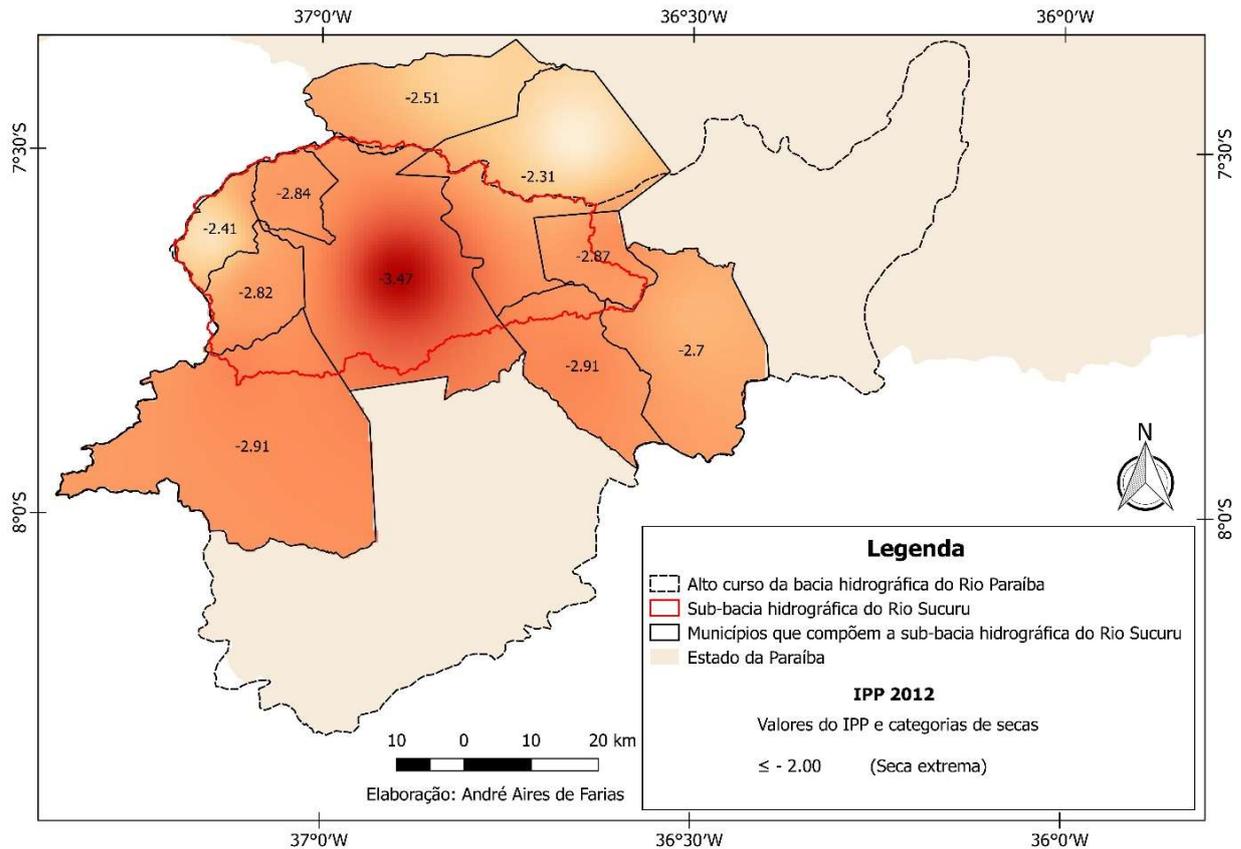


Figura 5. IPP dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante 2012.
Fonte: Elaboração do autor.

A Figura 6, referente ao uso e cobertura do solo dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru em 2012, apresenta uma condição bem semelhante a observada em 1998, com a predominância de formação savânica (caatinga arbustiva) (239.851 ha - 55,3% da área), pastagem (64.917 ha - 15,0% da área), um mosaico de agricultura e pastagem (118.021 ha - 27,2% da área); e outra área não vegetada (solos expostos) (4.551 ha - 1,05% da área). Observa-se um aumento das áreas de formação savânica (caatinga arbustiva) e redução das áreas de pastagem e do mosaico de agricultura e pastagem (Figura 6) em relação ao ano de 1998 (Figura 4), onde as áreas que eram utilizadas para pastagem e o mosaico de agricultura e pastagem foram substituídas por formação savânica (caatinga arbustiva), tendo como principais fatores causadores dessa situação o desinteresse pela agropecuária e o empobrecimento dos solos. Houve, também, aumento de outra área não vegetada (solos expostos), o que é um grande desafio para os agricultores, na maioria pobres, que precisam superar diversos gargalos da agricultura brasileira e se veem diante de secas e desertificação em suas terras. Essa condição em 2012 iria gerar os impactos gravíssimos das secas extremas durante 2012-2019, ficando claro que os órgãos públicos precisam enfrentar o problema por diversas vias.

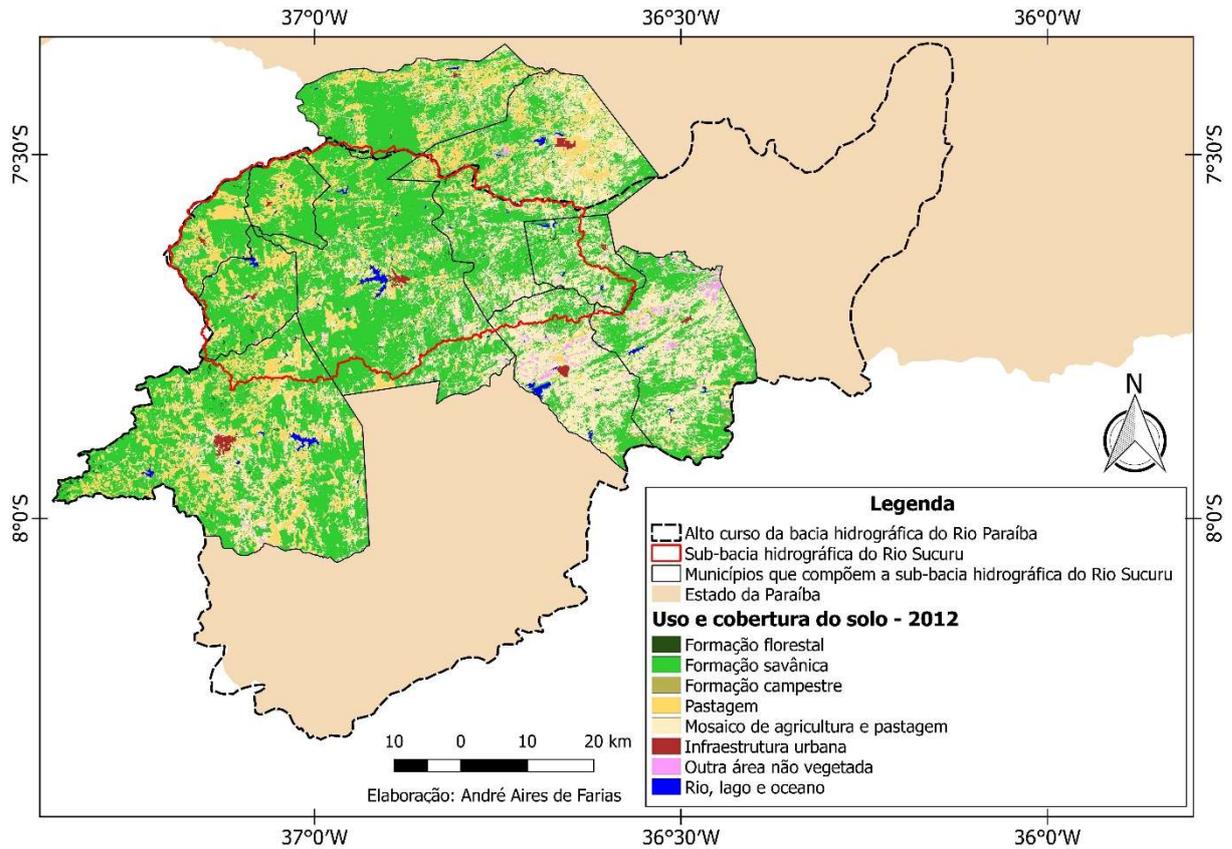


Figura 6. Uso e cobertura do solo dos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru durante 2012.

Fonte: Elaboração do autor.

Apesar de toda a gravidade dos eventos extremos de 2012-2013, novos eventos extremos ocorreram em 2013-2014 no Congo, Coxixola, Monteiro e Serra Branca (Tabela 4). Tais eventos seguidos deixaram a população em situação dramática, principalmente aquela dependente das culturas de subsistência (milho e feijão) e da pecuária extensiva de bovinos, caprinos e ovinos. Da mesma forma, o abastecimento de água das residências chegou a uma situação crítica. Problemas que se repetem há séculos e que demonstram a falta de interesse dos tomadores de decisão do Brasil em resolver as questões relacionadas à convivência com as secas.

Dificuldades durante as secas já foram citadas por Andrade (1963), no Livro *a Terra e o Homem no Nordeste*, relatos feitos há quase 60 anos e que pouco mudaram em 2022. Neste o autor afirma que a seca corresponde ao pior período da vida do vaqueiro, pois nem sempre a migração sazonal de animais é realizada, havendo propriedades em que a mesma só acontece em anos críticos, sendo necessário, então, o gado ser alimentado. Quando existem os restos das palhas de algodão, feijão, fava e milho, costumam-se utilizá-los na alimentação do gado. As cactáceas, a exemplo do mandacaru, e nos anos mais secos, o facheiro e o xique-xique, devem

ser queimadas antes de serem oferecidas ao gado. Do mesmo modo a macambira que, além de ser queimada, deve ser triturada para ser oferecida aos animais. Condições similares às encontradas nesse relato de Manuel Correia de Andrade em 1963 ocorrem ainda hoje (2022) em grande parte do Semiárido do Nordeste do Brasil.

A seca mais longa e grave do período estudado na sub-bacia (2012-2019) gerou diversos outros eventos extremos em sequência (Tabela 4), foram eles:

- 2015: Amparo, Caraúbas, Ouro Velho, Prata e Sumé;
- 2016: Monteiro;
- 2016-2017: Caraúbas, Congo, Coxixola, São José dos Cordeiros e Sumé;
- 2016-2018: Serra Branca;
- 2017-2018: Sumé;
- e 2019: Caraúbas.

Essa diferença dos eventos entre municípios é justamente em função da intensa variabilidade espacial e temporal da precipitação apresentada pelo Semiárido nordestino. O que não apresenta grande variabilidade entre municípios são os impactos de uma longa seca e com diversos eventos extremos seguidos, condições que desestruturam totalmente o panorama social, econômico e ambiental de espaços já bastante vulneráveis.

Os resultados apresentados aqui estão de acordo com diversos autores, entre eles: Pereira et al. (2014) afirmam que a seca de 2012 no Nordeste do Brasil foi a mais severa em décadas, com impactos potencialmente significativos na vegetação da caatinga e nos meios de subsistência locais. O mesmo foi observado por Marengo et al. (2017), onde citam que a seca do período de 2012-2015 no Nordeste do Brasil teve uma intensidade e um impacto não observados nas últimas décadas, afetando centenas de cidades da região, bem como produtores agrícolas, pecuaristas e industriais. Buriti e Barbosa (2018) identificaram que em 2012 ocorreu um evento extremo de seca no Cariri paraibano. Eles perceberam a excepcionalidade da seca recente que atingiu o Semiárido brasileiro (2010-2016) em razão de o evento climático se apresentar como o mais longo e um dos mais intensos do período de estudo. Cunha et al. (2019) citam a seca plurianual recente (2011-2017) no Nordeste do Brasil como a mais extrema em décadas.

Apesar de ser o evento de seca mais longo e grave (2012-2019) registrado na sub-bacia, Paredes et al. (2015) afirmam que a região Nordeste não esteve diante de uma mudança atípica nas suas condições climáticas naturais. Afirmam, ainda, que os impactos ocorreram em função

dos poucos investimentos em políticas de convivência, principalmente nos setores mais vulneráveis.

Tabela 4. Início, fim, IPP e classificação das secas nos municípios da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Amparo			
Início	Fim	IPP	Classificação
1998	1998	- 2,24	Seca extrema
1999	1999	- 2,04	Seca extrema
2012	2013	- 2,84	Seca extrema
2015	2015	- 2,24	Seca extrema
Caraúbas			
Início	Fim	IPP	Classificação
1998	1998	- 2,28	Seca extrema
2012	2014	- 2,70	Seca extrema
2015	2015	- 2,00	Seca extrema
2016	2017	- 2,49	Seca extrema
2019	2019	- 2,16	Seca extrema
Congo			
Início	Fim	IPP	Classificação
1998	1999	- 2,76	Seca extrema
2012	2013	- 2,91	Seca extrema
2013	2014	- 2,80	Seca extrema
2016	2017	- 2,47	Seca extrema
Coxixola			
Início	Fim	IPP	Classificação
1998	1998	- 2,19	Seca extrema
2012	2013	- 2,87	Seca extrema
2013	2014	- 2,29	Seca extrema
2016	2017	- 3,31	Seca extrema
Monteiro			
Início	Fim	IPP	Classificação
1998	1999	- 2,81	Seca extrema
2012	2013	- 2,91	Seca extrema
2013	2014	- 2,49	Seca extrema
2016	2016	- 2,86	Seca extrema
Ouro Velho			
Início	Fim	IPP	Classificação
1998	1999	- 2,04	Seca extrema
2012	2013	- 2,41	Seca extrema
2015	2016	- 2,23	Seca extrema
Prata			
Início	Fim	IPP	Classificação
1998	1999	- 2,89	Seca extrema
2012	2013	- 2,82	Seca extrema
2015	2015	- 2,63	Seca extrema
São José dos Cordeiros			
Início	Fim	IPP	Classificação

1998	1999	- 3,32	Seca extrema
2012	2014	- 2,51	Seca extrema
2016	2017	- 2,03	Seca extrema
Serra Branca			
Início	Fim	IPP	Classificação
1998	1999	- 2,04	Seca extrema
2012	2013	- 2,31	Seca extrema
2013	2014	- 2,20	Seca extrema
2016	2018	- 2,41	Seca extrema
Sumé			
Início	Fim	IPP	Classificação
2012	2013	- 3,47	Seca extrema
2015	2015	- 2,02	Seca extrema
2016	2017	- 2,61	Seca extrema
2017	2018	- 2,59	Seca extrema

Fonte: Elaboração do autor.

A seca de 2012-2019 impactou severamente a produção agrícola, com grande prejuízo na produção de feijão. Em 2011 e 2020 (anos com chuva acima da média), a quantidade produzida de feijão variou de 40 a 600 ton. Esse valor foi reduzido a 0 ton em 2012 e 2013, o que comprova, mais uma vez, o quanto a seca de 2012-2013 foi grave. Os valores em 2014, 2015, 2016 e 2017 foram ainda bastante inexpressivos, começando a haver uma retomada em 2018 e 2019 (Figura 7). Quantidade produzida de feijão de 0 ton em 2012 e 2013 foi observada por Farias et al. (2021) no município de Taperoá-PB.

Essa situação é muito difícil, pois na sub-bacia o feijoeiro é uma cultura de subsistência, sendo plantada com a finalidade principal de alimentar a família. Uma confirmação dessa situação está disponível em Castro (2008), onde diz que as pessoas dessa região não são exportadoras de produtos para fins comerciais, mas plantadores de produtos de sustentação para o seu próprio consumo. Um semeador, em pequena escala, de milho, feijão, fava, mandioca, batata-doce, abóbora e maxixe, plantados nos vales mais sumosos, nos baixios, nos terrenos de vazante. Mera (2018) cita escassez de alimentos durante as secas para as pessoas que dependem predominantemente da agricultura de subsistência. O mesmo foi observado por Khatiwada e Pandey (2019).

As vendas do feijão só ocorrem quando há excesso de produção na propriedade, o que é bem difícil de acontecer, visto que as propriedades são minifúndios e os agricultores não conseguem realizar irrigação. E dificilmente realizam adubação, mecanização agrícola ou tem acesso a fontes de financiamentos dos bancos. Essas questões estão no centro do debate e são chave para tentar resolver essa problemática que se manifesta de tempos em tempos em função da irregularidade das chuvas e da elevada vulnerabilidade social, econômica e ambiental vivida

pela população da sub-bacia e por diversas outras bacias hidrográficas pelo Semiárido nordestino.

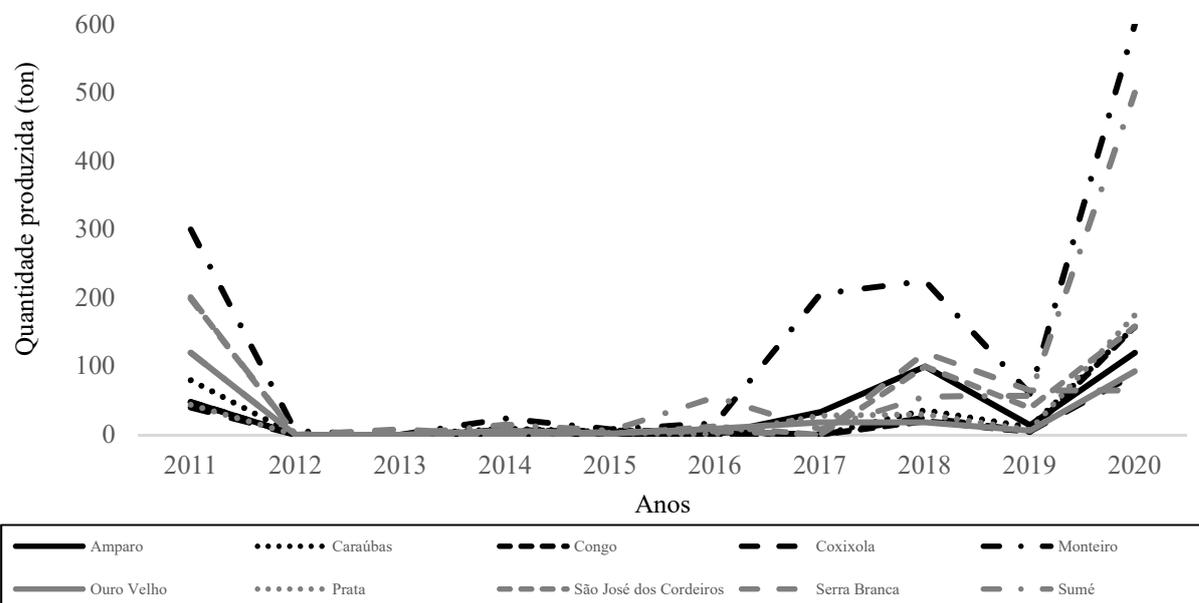


Figura 7. Impactos das secas de 2012-2019 na quantidade produzida de feijão da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Fonte: Elaboração do autor.

Os resultados da quantidade produzida do milho foram semelhantes aos obtidos para o feijão. Com os valores em 2011 e 2020 oscilando entre 72 e 2.000 ton. Em 2012 e 2013 a quantidade produzida de milho foi de 0 ton. Mesmo valor observado por Farias et al. (2021). Níveis muito baixos foram obtidos também em 2014, 2015, 2016 e 2017, havendo uma melhora em 2018 e 2019 (Figura 8).

Resultados semelhantes entre a quantidade produzida de feijão e milho ocorreram em função de serem culturas plantadas, quase sempre, de forma consorciada. O consórcio de culturas agrícolas é uma condição adotada historicamente e que traz benefícios para ambas as culturas, principalmente pela otimização dos recursos ambientais. Então, a condição climática que atingir uma, estará atingindo a outra também. Da mesma forma, as questões estruturais da propriedade (minifúndios, ausência de irrigação e adubação; pouco uso de mecanização agrícola, escassez de fontes de financiamentos, poucas estratégias de convivência com as secas, etc) ajudam a explicar os impactos nas duas culturas.

Com relação ao milho, uma quantidade produzida de 0 ton em 2012 e 2013, na sub-bacia, desestruturou a vida das famílias e dos animais, pois é base na alimentação. Na vida das pessoas esse produto é muito utilizado na forma de cuscuz, bolo, xerém, pamonha, canjica,

dentre outros. É rico em carboidratos, ótima fonte de energia. Na alimentação animal, o milho é oferecido em grãos ou na forma de farelo de milho. São alimentos importantíssimos na dieta de aves, caprinos, ovinos, suínos e bovinos, pois podem suprir a demanda energética necessária para os animais.

Além da redução a 0 ton em 2012 e 2013, as famílias ainda precisaram se preocupar com a elevação dos preços desse produto com o passar dos anos, inclusive, atingindo cifras elevadíssimas hoje (2022). Encarecimento dos custos de produção (sementes, adubos, defensivos, mecanização), preços elevados no mercado externo e dólar em alta são alguns dos fatores utilizados como justificativa para tal condição. Hassan et al. (2019) afirmam que muitos agricultores não têm escolhas durante as secas, especialmente em episódios extremos, quando suas colheitas são destruídas.

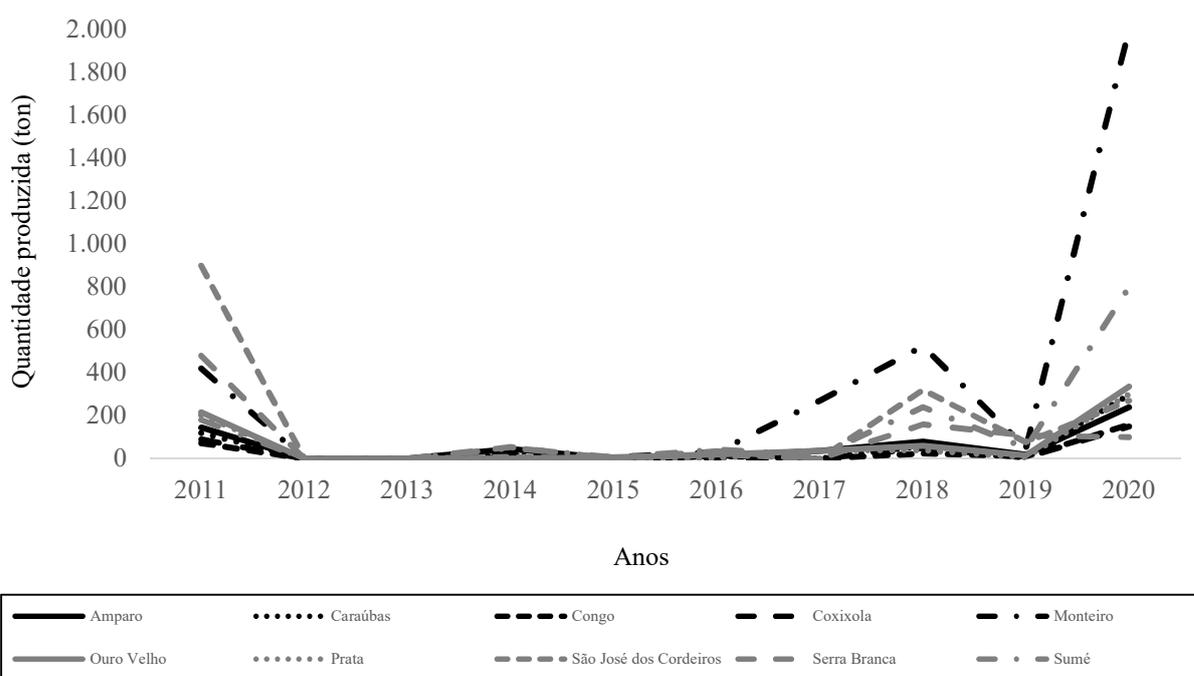


Figura 8. Impactos das secas de 2012-2019 na quantidade produzida de milho da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Fonte: Elaboração do autor.

Houve redução do efetivo bovino durante 2012-2019, tendo maior expressão durante 2012 e 2013, com uma redução média de 36% em relação ao ano de 2011. Os anos seguintes foram muito variáveis em função dos nascimentos de bezerros e das mortes de outros animais causados pela continuação dos eventos de secas (Figura 9).

A redução de animais na sub-bacia aconteceu porque secas e pecuária se relacionam de forma direta, pois os bovinos, quase sempre, são criados de forma extensiva. O sistema de

criação extensivo é aquele onde os animais permanecem soltos nos campos, alimentando-se da vegetação encontrada ali e sem receber nenhuma suplementação alimentar (palma forrageira, silagem, farelo de milho, de trigo, de soja e de algodão, ou outro alimento). Então, os animais ficam totalmente dependentes das chuvas para que a vegetação brote e possa suprir suas necessidades nutricionais. O que não ocorre em anos de secas, como durante 2012-2019. Além disso, durante os anos mais difíceis, a população tem dificuldade de obter algum recurso financeiro para comprar alimento para os animais.

A redução do efetivo de bovinos durante as secas acontece, também, em função de investimentos em raças com baixa adaptabilidade ao Semiárido. As raças de bovinos se enquadram em dois grupos: zebuínos ou europeus. Os animais zebuínos têm maior adaptabilidade ao Semiárido, pois tiveram origem em países (Índia, Paquistão, dentre outros) com características edafoclimáticas aproximadas às encontradas aqui. Fazem parte desse grupo as raças Nelore, Gir, Sindí, Guzerá, dentre outras. São animais que conseguem produzir bem mesmo em pastagens secas. Já o gado europeu tem maior dificuldade de adaptação ao Semiárido e são animais que exigem mais cuidados com a alimentação, as doenças, as instalações e os equipamentos para que possam expressar todo o seu potencial produtivo. São raças bovinas europeias: Holandesa, Guernsey, Jersey, Ayrshire, Pardo Suíço, Simental, Red Angus, dentre outras.

Na sub-bacia, observa-se, com o passar do tempo, a substituição das raças zebuínas por outras europeias, com os criadores atraídos, principalmente, pela produção leiteira. Porém são animais que devem ser criados, preferencialmente, em regime intensivo (confinados) e não no regime extensivo (soltos) como ocorre em grande parte da região. Essa situação gera animais pouco produtivos e que sofrem bastante durante os períodos de secas. Mera (2018) cita que as secas resultam em reduzida produção de pastagens e morte maciça de rebanhos em áreas de pastoreio.

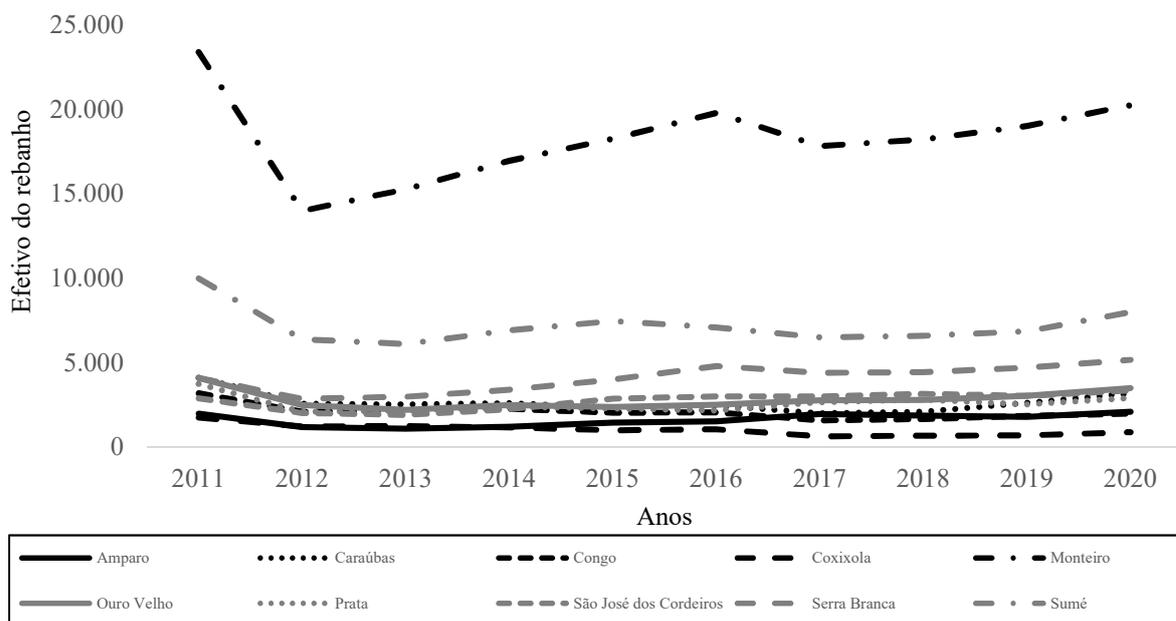


Figura 9. Impactos das secas de 2012-2019 no efetivo do rebanho bovino da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Fonte: Elaboração do autor.

Ocorreu redução do rebanho caprino em 2012 e 2013, com uma diminuição média de 15% dos animais em relação ao ano de 2011. Os demais anos apresentaram acréscimo na quantidade (Figura 10). Os impactos foram menores em função de serem animais mais adaptados ao Semiárido e com maior facilidade de convivência com as secas.

Para que os impactos das secas no rebanho caprino sejam ainda menores, os criadores devem investir nas raças nativas do Nordeste. As mesmas descendem das raças trazidas pelos colonizadores europeus. As nativas tiveram origem e se adaptaram em um processo de seleção natural que durou décadas. São as mais adaptadas ao clima, ao relevo, aos solos e aos rios. Fazem parte desse grupo: Moxotó, Canindé, Repartida, Gurgueia, Marota, Azul, dentre outras. Esses animais têm maior facilidade de sobrevivência na caatinga, alimentando-se de mandacaru, xique-xique, facheiro, macambira, juazeiro, umbuzeiro e diversas outras plantas. Quando os caprinos nativos em regime extensivo recebem uma suplementação alimentar (milho, farelo de milho, silagem, palma forrageira) ocorre uma melhoria considerável da produção desses animais, mesmo em anos de secas. Por isso é importante o criador manter reservas alimentares para utilizá-las em períodos críticos.

Há, também, muitas raças exóticas, que são aquelas geradas em outros países (Suíça, Espanha, África do Sul) e trazidas para o Brasil com a finalidade de produzir carne e/ou leite. Destacam-se: Anglo-Nubiana, Saanen, Toggenburg, Parda Alpina, Murciana, Boer, dentre

outras. São animais menos resistentes às secas quando comparados com os nativos. Para que essas raças produzam bem, principalmente a Saanen, a Toggenburg, a Parda Alpina e a Murciana, especializadas na produção leiteira, necessitam de cuidados intensos, com uma dieta equilibrada, composta por alimentos volumosos e concentrados; água de qualidade; instalações e equipamentos em perfeito estado de funcionamento; combate regularmente a pragas e doenças; dentre outros cuidados. O que, na maioria das vezes, não é possível oferecer em anos de secas e os prejuízos se acumulam.

Nativos ou exóticos, o fato é que são necessários mais investimentos nessa atividade tão importante para as pessoas do Nordeste. Castro (2008) diz que a criação de caprinos é muito favorável à alimentação regional, pois tanto a sua carne quanto o seu leite são consumidos, na quase totalidade, nos mercados locais.

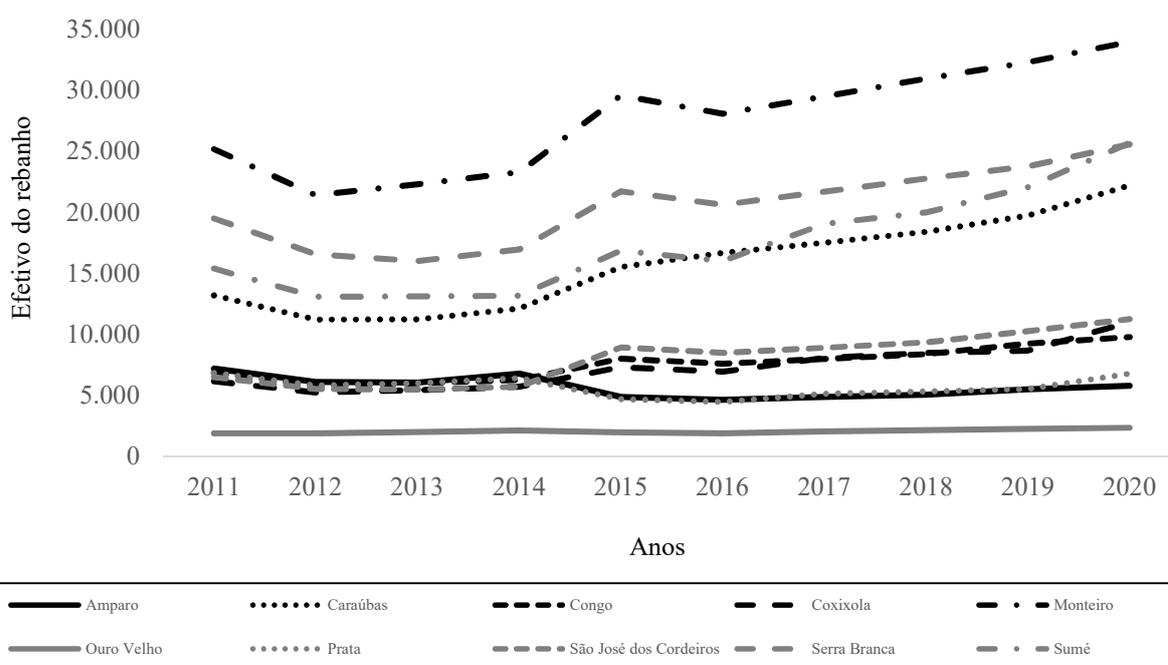


Figura 10. Impactos das secas de 2012-2019 no efetivo do rebanho caprino da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Fonte: Elaboração do autor.

Similar ao que aconteceu com os caprinos, o rebanho ovino sofreu maior redução em 2012 e 2013, havendo um recuo médio de 15% na quantidade desses animais quando comparado com o ano de 2011. Nos anos seguintes os prejuízos foram menores (Figura 11). Impactos menores na criação de ovinos ocorreram em função de serem, assim como os caprinos nativos, mais adaptados ao Semiárido e terem mais facilidade de convivência com as secas.

Na sub-bacia destaca-se a criação das raças nativas ovinas Santa Inês, Morada Nova e Cariri. São animais com uma extraordinária adaptação ao lugar e preferidos pelos criadores, pois apresentam características que os diferem das raças exóticas, tendo hábito de pastejo mais elevado, o que lhes possibilita maior exploração da vegetação da caatinga. Assim, esses animais consomem maior diversidade de plantas e conseguem digerir com facilidade gramíneas, folhas e ramos secos quando criados em regime extensivo explorando a vegetação nativa.

Os ovinos exóticos apresentam menor importância na sub-bacia, destacando-se as raças Somalis brasileira e Dorper. São animais que tiveram origem no Continente Africano e que possuem uma maior adaptabilidade ao Semiárido nordestino em função de terem sido originadas em uma região que apresenta características edafoclimáticas aproximadas às observadas aqui.

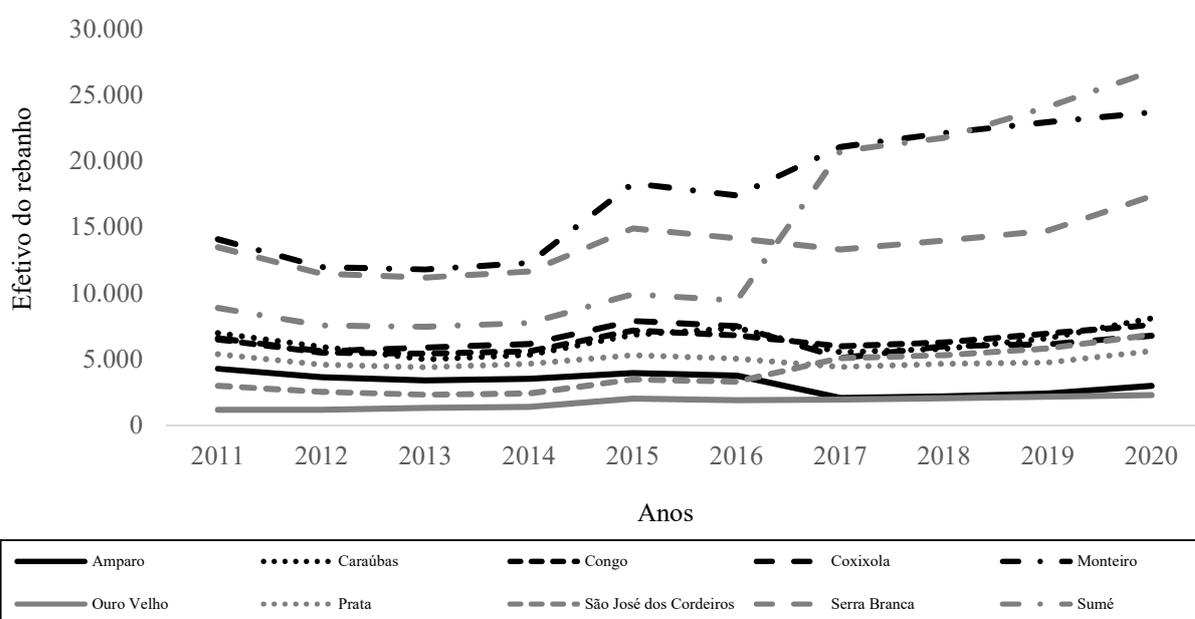


Figura 11. Impactos das secas de 2012-2019 no efetivo do rebanho ovino da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Fonte: Elaboração do autor.

Houve uma redução média de 60% na quantidade produzida de leite de vaca em 2012 e 2013, em comparação com 2011. Após 2012 e 2013 os valores tiveram um leve aumento, porém sem alcançar os números de 2011. Apenas o município de Monteiro apresentou um aumento considerável na quantidade produzida de leite após 2013 (Figura 12), o que está relacionado com um quadro favorável de usinas de beneficiamento e a expectativa e a maior disponibilidade hídrica que foi atingida através do funcionamento da Transposição do Rio São Francisco.

Essa redução média de 60% na produção leiteira foi em função dos problemas já discutidos na Figura 9 e que tem como centro o debate gado zebuino X gado europeu. No momento em que os criadores fazem a substituição de animais zebuínos (mais resistentes ao Semiárido) por animais europeus (menos resistentes ao Semiárido) e ocorre uma seca tão intensa quanto a estudada, essas raças são muito impactadas e reduzem a produção de carne e leite, como foi observado aqui. É necessário que os criadores invistam em raças adaptadas ao lugar, o que ocorre em muitos países e não tentar adaptar o lugar para os animais. Matere et al. (2020) citam redução das forragens e da produção animal durante as secas, com prejuízos para a alimentação das comunidades dependentes dos rebanhos.

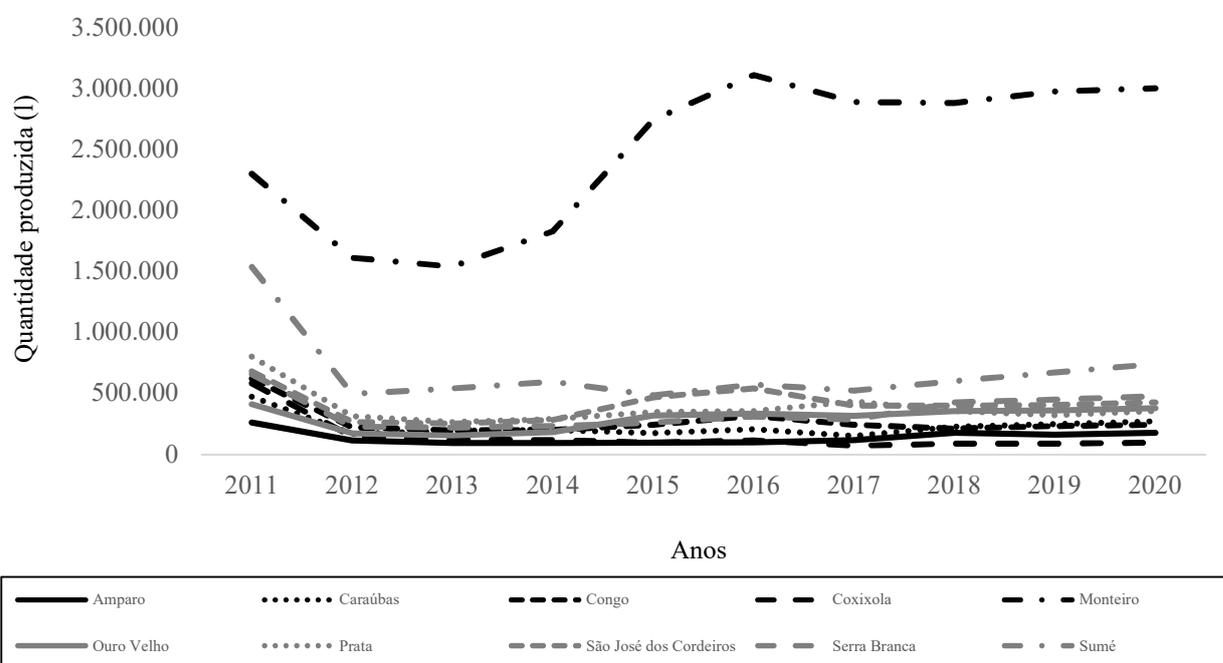


Figura 12. Impactos das secas de 2012-2019 na quantidade produzida de leite de vaca da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Fonte: Elaboração do autor.

Com relação à quantidade produzida de ovos de galinha, reduções mais significativas aconteceram em 2012, 2013 e 2014, com diminuição média de 7% na produção desse item. Observa-se, nos anos seguintes, um crescimento constante, mesmo em anos de secas (Figura 13). Isso aconteceu devido ao modo de criação das aves e mais especificamente das galinhas poedeiras, que são aquelas que produzem ovos.

As galinhas poedeiras podem ser criadas em três sistemas diferentes: extensivo, semi-intensivo e intensivo. No extensivo as galinhas são criadas soltas e alimentam-se, principalmente, de restos de comida das residências, sendo o modo mais fácil de implantar e o

menos produtivo. As galinhas de capoeira fazem parte desse sistema. No semi-intensivo as aves encontram-se presas a um espaço aberto, que é protegido por cerca de arame, é um método intermediário e que necessita de mais recursos financeiros para implantar do que o extensivo, porém menos do que o intensivo. Já no intensivo, as aves ficam o dia inteiro confinadas, nesse sistema há a necessidade de maiores investimentos em alimentação, instalações, equipamentos e mão de obra. Como exemplo, pode-se citar as galinhas criadas presas nas granjas.

Impactos menores na produção de ovos de galinha na sub-bacia acontecerem em função das aves serem criadas no sistema extensivo e em maior proporção no sistema intensivo. No extensivo (soltas) as famílias alimentavam as aves com restos de comidas das residências e milho ou farelo de milho, quando era possível comprar. Nesse sistema as aves conseguem alimento, também, no ambiente natural: sementes, minhocas, etc. A maioria das galinhas poedeiras é criada no sistema intensivo (confinadas), onde são totalmente dependentes da ação humana para o fornecimento de alimento (apenas milho ou farelo de milho) e água; dependem também dos cuidados humanos com as instalações, os equipamentos e as doenças. Com todos esses cuidados do sistema intensivo, justificam-se impactos menos intensos na produção de ovos.

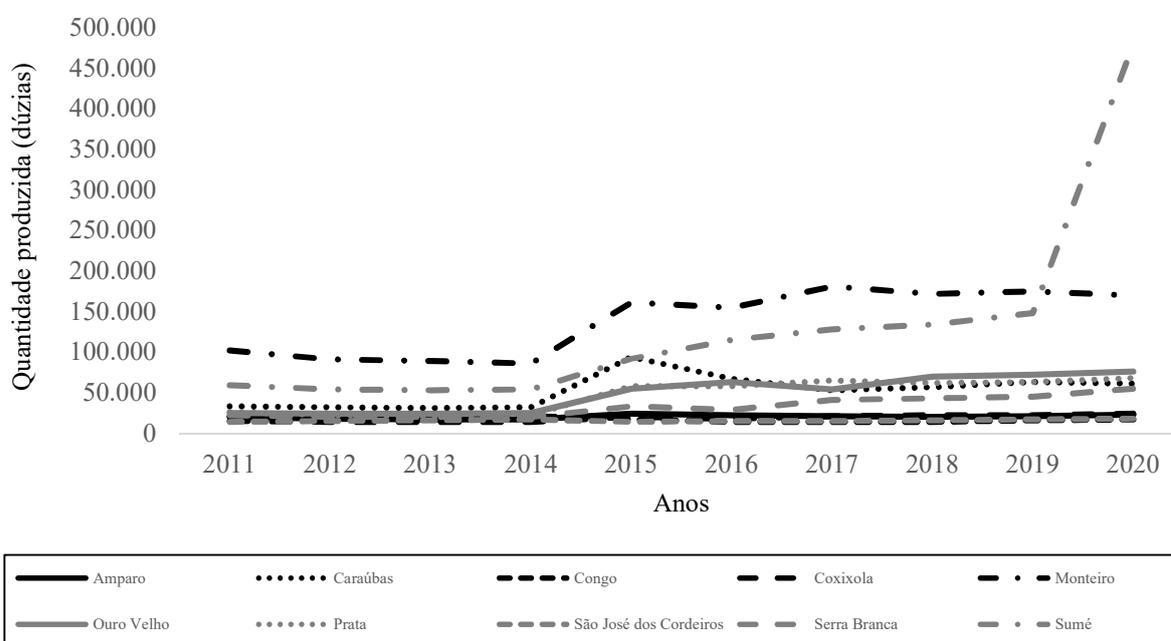


Figura 13. Impactos das secas de 2012-2019 na quantidade produzida de ovos de galinha da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru.

Fonte: Elaboração do autor.

6. CONCLUSÕES

A análise da sub-bacia hidrográfica do Rio Sucuru permitiu identificar o seguinte:

Com relação à duração, ao déficit hídrico e à intensidade das secas, ocorreram secas graves na década de 1990 em todos os municípios, sendo as mais críticas as da série 1997-1999, com impressionantes 793,17 mm de déficit hídrico na Prata, 752,39 mm em São José dos Cordeiros e 689,91 mm em Monteiro. As secas em 2001-2003 foram muito intensas, porém menos do que as que aconteceram nas décadas de 1990 e 2010. Merecem destaque as secas de 2001-2003 no Congo, a de 2001 em Ouro Velho e a de 2001-2003 em São José dos Cordeiros. Identificaram-se secas gravíssimas durante 2012-2019 em todos os municípios, com destaque para Caraúbas (1399,57 mm de déficit hídrico) e Monteiro (1015,13 mm) (oito anos) (2012-2019), Serra Branca (1439,05 mm) (sete anos) (2012-2018) e Congo (1159,51 mm) e Coxixola (1195,53 mm) (seis anos) (2012-2017).

Os eventos extremos de secas ocorreram durante os anos de 1998, 1999, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019. São os anos com as mais graves secas do período estudado. E que comprovam a ineficiência de algumas políticas públicas e os reduzidos investimentos em ações de convivência com o Semiárido.

As secas extremas de 1998-1999 aconteceram na grande maioria dos municípios. Estes eventos geraram diversos impactos sociais, econômicos e ambientais nas comunidades. E que foram ainda mais surpreendentes em São José dos Cordeiros, Prata, Monteiro e Congo. Os impactos das secas extremas de 1998-1999 só foram menores do que os das secas extremas de 2012-2019, pois a duração destas foi bem maior do que daquelas.

A seca da série 2012-2019 é considerada a mais longa e grave do período estudado na sub-bacia hidrográfica. Diversos eventos extremos de secas foram observados durante esse período, que causaram impactos que acreditava-se não serem mais possíveis de acontecer em função das melhorias sociais e econômicas que a sub-bacia tinha passado, seguindo uma tendência nacional. Os eventos extremos de secas de maior gravidade na sub-bacia aconteceram em 2012 e 2013, destacando-se os municípios de Sumé, Monteiro, Congo, Coxixola e Amparo. Estes trouxeram a realidade de que muito ainda há para ser feito em relação à convivência com o Semiárido.

Ocorreram prejuízos na agricultura (quantidade produzida de feijão e milho), na pecuária (efetivo do rebanho bovino, caprino e ovino) e nos produtos agropecuários (quantidade produzida de leite de vaca e ovos de galinha) durante as secas, com maior intensidade em 2012 e 2013.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 160 p.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. AESA. **Dados meteorológicos**. 2022a. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em: 13 de janeiro de 2022.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. AESA. **Geoportal - Shapefiles**. 2022b. Disponível em: <<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento>>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

ALMEIDA, J. A. **A Paraíba e seus problemas**. Brasília: Senado Federal, 2012. 612 p.

ALMEIRA, G.; RUSTICUCCI, M.; SUAYA, M. Relacion entre mortalidad y temperaturas extremas en Buenos Aires y Rosario, **Meteorologica**, v. 41, n. 2, p. 65-79, 2016.

ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P. M. A.; BRITO, S. S. B.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J. A.; MORAES, O. L. L.; CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 91 (Supl. 1): e20170209, 2019.

ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste**. São Paulo: Urupês, 1963. 265 p.

BEVACQUA, A. G.; CHAFFE, P. L. B.; CHAGAS, V. B. P.; AGHAKOUCHAK, A. Spatial and temporal patterns of propagation from meteorological to hydrological droughts in Brazil, **Journal of Hydrology**, v. 603, part A, 126902, 2021.

BONFIM, O. E. T.; SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; ROCHA, L. H. S. Análise dos Eventos Climáticos Extremos e de Suas Causas Climáticas para Redução de Riscos nas Bacias Hidrográficas Aguapeí e Peixe, São Paulo, Brasil, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. Especial, p. 755-768, 2020.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (orgs). **Reflexões sobre Geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 153-192.

BRASIL NETO, R. M.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. C.; LIU, Z.; QUINN, N. W. Geospatial cluster analysis of the state, duration and severity of drought over Paraíba State, northeastern Brazil, **Science of The Total Environment**, v. 799, 2021a.

BRASIL NETO, R. M.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, J. F. C. B. C.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. C.; MISHRA, M. Evaluation of the TRMM product for monitoring drought over Paraíba State, northeastern Brazil: a trend analysis, **Scientific Reports**, v. 11, n. 1097, 2021b.

BRASIL. Lei Nº 11.326, de 24 de Julho de 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 30 de março de 2022.

BRITO, C. S.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; BRASIL NETO, R. M.; COELHO, V. H. R. Monitoring meteorological drought in a semiarid region using two long-term satellite-estimated rainfall datasets: A case study of the Piranhas River basin, northeastern Brazil, **Atmospheric Research**, v. 250, 2021.

BRITO, S. S. B.; CUNHA, A. P. M. A.; CUNNINGHAM, C. C.; ALVALÁ, R. C.; MARENGO, J. A.; CARVALHO, M. A. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region, **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 517-529, 2017.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro?** São Paulo: Chiado Books, 2018. 432 p.

CASTRO, J. **Geografia da Fome**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008. 318 p.

CMA. China Meteorological Disaster Yearbook (2017). **China Meteorological Press**, Beijing (2018).

CONINCK, H.; REVI, A.; BABIKER, M.; BERTOLDI, P.; BUCKERIDGE, M.; CARTWRIGHT, A.; DONG, W.; FORD, J.; FUSS, S.; HOURCADE, J. C.; LEY, D.; MECHLER, R.; NEWMAN, P.; REVOKATOVA, A.; SCHULTZ, S.; STEG, L.; SUGIYAMA, T. **Strengthening and implementing the global response**, in Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. (Cambridge, UK), 2018. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/11/sr15_chapter4.pdf. Acesso em 01 de fevereiro de 2022.

CUNHA, A. P. M. A.; ZERI, M.; LEAL, K. D.; COSTA, L.; CUARTAS, L. A.; MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; VIEIRA, R. M.; BARBOSA, A. A.; CUNNINGHAM, C.; GARCIA, J. V. C.; BROEDEL, E.; ALVALÁ, R.; RIBEIRO NETO, G. Extreme Drought Events over Brazil from 2011 to 2019, **Atmosphere**, 10, 642, 2019.

DORNELLAS, P. C.; XAVIER, R. A.; SEABRA, V. S.; SILVA, R. M. Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio Paraíba, Região Semiárida do Estado da Paraíba, **Revista Brasileira de Geomorfologia (Online)**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 601-614, 2020.

DUARTE, J. G. P.; FARIAS, A. A.; SOUSA, F. A. S.; SOUZA, J. T. A.; RAMOS, M. M. Q. Secas e Impactos na Agropecuária no Município de Campina Grande – PB, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 2, p. 289-297, 2018.

EDWARDS, B.; GRAY, M.; HUNTER, B. The social and economic impacts of drought, **Australian Journal of Social Issues**, v. 54, n. 1, p. 22-31, 2018.

FARIAS, A. A.; SOUSA, F. A. S. Caracterização e análise das secas na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá, **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 4, p. 1483-1501, 2020.

FARIAS, A. A.; SOUSA, F. A. S.; AIRES, T. L. B. A.; BRITO, T. C. A seca de 2012-2014 no município de Taperoá-PB e o papel das ações de convivência nesse contexto, **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 1, p. 135-158, 2021.

FARIAS, A. A.; SOUSA, F. A. S.; MORAES NETO, J. M.; ALVES, A. S. Secas e seus impactos no município de Boqueirão, PB, Brasil, **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 2, p. 316-330, 2017.

GUTIÉRREZ, A. P. A.; ENGLE, N. L.; NYS, E. D.; MOLEJÓN, C.; MARTINS, E. S. Drought preparedness in Brazil, **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95-106, 2014.

HASSAN, A. G.; FULLEN, M. A.; OLOKE, D. Problems of drought and its management in Yobe State, Nigeria, **Weather and Climate Extremes**, v. 23, 100192, 2019.

HUANG, S.; LI, P.; HUANG, Q.; LENG, G.; HOU, B.; MA, L. The propagation from meteorological to hydrological drought and its potential influence factors, **Journal of Hydrology**, v. 547, p. 184-195, 2017.

HULSMAN, P.; SAVENIJE, H. H. G.; HRACHOWITZ, M. Satellite-based drought analysis in the Zambezi River Basin: Was the 2019 drought the most extreme in several decades as locally perceived?, **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 34, 100789, 2021.

INOCÊNCIO, T. M.; RIBEIRO NETO, A.; OERTEL, M.; MEZA, F. J.; SCOTT, C. A. Linking drought propagation with episodes of climate-Induced water insecurity in Pernambuco state - Northeast Brazil, **Journal of Arid Environments**, v. 193, 104593, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**. Coordenação de Geografia, Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 82 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/pesquisas>. Acesso em: 26/04/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/pesquisas>. Acesso em: 28/04/2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. In Press. 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. A Special Report of Working Groups I and II of IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 2012. 582 p. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf. Acesso em: 02 de fevereiro de 2022.

KANE, R. P. Prediction of droughts in Northeast Brazil: role of ENSO and use of periodicities, **International Journal of Climatology**, 17, p. 655-665, 1997.

KANG, H.; SRIDHAR, V.; ALI, S. A. Climate change impacts on conventional and flash droughts in the Mekong River Basin, **Science of The Total Environment**, v. 838, part 2, 155845, 2022.

KHATIWADA, K. R.; PANDEY, V. P. Characterization of hydro-meteorological drought in Nepal Himalaya: A case of Karnali River Basin, **Weather and Climate Extremes**, v. 26, 100239, 2019.

LEWIS, S. C.; BLAKE, S. A. P.; TREWIN, B.; BLACK, M. T.; DOWDY, A. J.; KIRKPATRICK, S. E. P.; KING, A. D.; SHARPLES, J. J. Deconstructing Factors Contributing to the 2018 Fire Weather in Queensland, Australia, **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 101, n. 1, p. 115-121, 2020.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178 p.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R. C.S.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 1973-1985, 2018.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil - past, present, and future, **Theoretical and Applied Climatology**, n. 129, p. 1189-1200, 2017.

MASROOR, M.; REHMAN, S.; AVTAR, R.; SAHANA, M.; AHMED, R.; SAJJAD, H. Exploring climate variability and its impact on drought occurrence: Evidence from Godavari Middle sub-basin, India, **Weather and Climate Extremes**, v. 30, p. 1-13, 2020.

MASROOR, M.; SAJJAD, H.; REHMAN, S.; SINGH, R.; RAHAMAN, M. H.; SAHANA, M.; AHMED, R.; AVTAR, R. Analysing the relationship between drought and soil erosion using vegetation health index and RUSLE models in Godavari middle sub-basin, India, **Geoscience Frontiers**, v. 13, n. 2, 101312, 2022.

MATERE, J.; SIMPKIN, P.; ANGERER, J.; OLESAMBU, E.; RAMASAMY, S.; FASINA, F. Predictive livestock early warning system (PLEWS): Monitoring forage condition and implications for animal production in Kenya, **Weather and Climate Extremes**, v. 27, 100209, 2020.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. **The relationship of drought frequency and duration of time scales**. Eighth Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society. Jan. 17-22, Anaheim, CA, 1993, p.179-186.

MELO, V. S.; SOUSA, F. A. S. Análise de frequência de secas utilizando técnica de agrupamento e distribuições de probabilidades. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 53-60, 2021.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 207 p.

MERA, G. A. Drought and its impacts in Ethiopia, **Weather and Climate Extremes**, v. 22, p. 24-35, 2018.

MOURA, A . D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiment with a general circulation model, **Jornal Atmosfere Science**, v. 38, n.12, p. 2653-2675, 1981.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades, **Caderno de Pesquisa em Administração**, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

OKAL, H. A.; NGETICH, F. K.; OKEYO, J. M. Spatio-temporal characterisation of droughts using selected indices in Upper Tana River watershed, Kenya, **Scientific African**, v. 7, e00275, 2020.

OLMO, M.; BETTOLLI, M. L.; RUSTICUCCI, M. Atmospheric circulation influence on temperature and precipitation individual and compound daily extreme events: Spatial variability and trends over southern South America, **Weather and Climate Extremes**, v. 29, 2020.

PAREDES, F. J.; BARBOSA, H. A.; GUEVARA, E. Spatial and temporal analysis of droughts in Northeast Brasil, **Agriscientia**, v. 32, p. 57-67, 2015.

PARIYAR, S. K.; KEENLYSIDE, N.; SORTEBERG, A.; SPENGLER, T.; BHATT, B. C.; OGAWA, F. Factors affecting extreme rainfall events in the South Pacific, **Weather and Climate Extremes**, v. 29, 2020.

PÁSCOA, P.; RUSSO, A.; GOUVEIA, C. M.; SOARES, P. M. M.; CARDOSO, R. M.; CARETO, J. A. M.; RIBEIRO, A. F. S. A high-resolution view of the recent drought trends over the Iberian Peninsula, **Weather and Climate Extremes**, v. 32, 2021.

PÁSCOA, P.; GOUVEIA, C. M.; RUSSO, A.; TRIGO, R. M. Drought trends in the Iberian Peninsula over the last 112 years, **Advances in Meteorology**, v. 2017, p. 1-13, 2017.

PEREIRA, M. P. S.; JUSTINO, F. B.; MALHADO, A. C. M.; BARBOSA, H. A.; MARENGO, J. A. The influence of oceanic basins on drought and ecosystem dynamics in Northeast Brazil, **Environmental Research Letters**, 9, 124013, 2014.

PROJETO MAPBIOMAS - **Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/download>>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

RIBEIRO, A. F. S.; RUSSO, A.; GOUVEIA, C. M.; PÁSCOA, P. Copula-based agricultural drought risk of rainfed cropping systems, **Agricultural Water Management**, v. 223, 2019.

ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria/RS: Edições UFSM, 2001. 282 p.

SANTOS, C. A. G.; BRASIL NETO, R. M.; SILVA, R. M.; SANTOS, D. C. Innovative approach for geospatial drought severity classification: a case study of Paraíba state, Brazil, **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 33, p. 545-562, 2019.

SANTOS, L. A.; LATRUBESSE, E. M. Aeolian mobility in the Middle São Francisco Dune Field, Northeast Brazil, as a response to Caatinga's droughts and land-use changes, **Geomorphology**, v. 393, 107940, 2021.

SILVA, G. K.; MARCOS JÚNIOR, A. D.; LIMA, C. E. S.; SILVA, M. V. M.; SILVEIRA, C. S.; SILVA, E. M.; LIMA, I. R. Análise da Variabilidade Espaço-Temporal do SPI: Um Estudo de Caso para a Sub-Bacia Choró, Ceará, Brasil, **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2021.

SILVA, T. A.; FERREIRA, J.; CALIJURI, M. L.; SANTOS, V. J.; ALVES, S. C.; CASTRO, J. S. Efficiency of technologies to live with drought in agricultural development in Brazil's semi-arid regions, **Journal of Arid Environments**, v. 192, 104538, 2021.

STEWART, I. T.; ROGERS, J.; GRAHAM, A. Water security under severe drought and climate change: Disparate impacts of the recent severe drought on environmental flows and water supplies in Central California, **Journal of Hydrology**, v. 7, 100054, 2020.

TARGINO, I.; MOREIRA, E. Agricultura familiar na Paraíba: perfil com base no censo agropecuário de 2017, **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 51, suplemento especial, p. 133-154, agosto, 2020.

TESFAMARIAM, B. G.; GESSESSE, B.; MELGANI, F. Characterizing the spatiotemporal distribution of meteorological drought as a response to climate variability: The case of rift valley lakes basin of Ethiopia, **Weather and Climate Extremes**, v. 26, 100237, 2019.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DROUGHT AND DESERTIFICATION (UNCCD). **United Nations Convention to Combat Drought and Desertification in Countries Experiencing Serious Droughts and/or Desertification**. Particularly in Africa. Paris, 1994.

VILLANI, L.; CASTELLI, G.; PIEMONTESE, L.; PENNA, D.; BRESCI, E. Drought risk assessment in Mediterranean agricultural watersheds: A case study in Central Italy, **Agricultural Water Management**, v. 271, 107748, 2022.

YEVJEVICH, V. **An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts**. Fort Collins, Colorado State University, 1967. 25 p.

YUE, X.;TIAN, C.; LEI, Y. Relieved drought in China under a low emission pathway to 1.5 degrees C global warming, **International Journal of Climatology**, v. 41, n. 1, p. 259-270, 2020.

ZHAI, J.; HUANG, J.; SU, B.; CAO, L.; WANG, Y.; JIANG, T.; FISCHER, T. Intensity–area–duration analysis of droughts in China 1960–2013, **Climate Dynamics**, v. 48, p. 151-168, 2017.