



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**COMPORTAMENTO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NOS MUNICÍPIOS
DE MONTEIRO E SÃO JOÃO DO CARIRI NO ESTADO DA PARAÍBA (1980 A
2019)**

MARIA DO SOCORRO SILVA SALVADOR

JOÃO PESSOA-PB

Fevereiro/2022

MARIA DO SOCORRO SILVA SALVADOR

**COMPORTAMENTO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NOS MUNICÍPIOS
DE MONTEIRO E SÃO JOÃO DO CARIRI NO ESTADO DA PARAÍBA (1980 A
2019)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba, como complementação dos créditos necessários para obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Linha de Pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental

Orientadora: Prof^a. Dra. Daisy Beserra Lucena (UFPB)

Coorientador: Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza (UFPB)

**JOÃO PESSOA-PB
Fevereiro/2022**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S182c Salvador, Maria do Socorro Silva.

Comportamento da variabilidade climática nos municípios de Monteiro e São João do Cariri no estado da Paraíba (1980 a 2019) / Maria do Socorro Silva Salvador. - João Pessoa, 2022.
113 f. : il.

Orientação: Daisy Beserra Lucena.

Coorientação: Bartolomeu Israel de Souza.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Classificação climática. 2. Região do Cariri. 3. Tendência. 4. Balanço hídrico. 5. Precipitação. 6. Temperatura. I. Lucena, Daisy Beserra. II. Souza, Bartolomeu Israel de. III. Título.

UFPB/BC

CDU 551.585(043)



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DA DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA ALUNA MARIA
DO SOCORRO SILVA SALVADOR, CANDIDATA AO
TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA, NA ÁREA
DE TERRITÓRIO, TRABALHO E AMBIENTE.

Aos 16 (dezesseis) dias do mês de Fevereiro de 2022 (dois mil e vinte e dois), às 16:00 (dezesseis) horas, na plataforma Google Meet, reuniram-se, em caráter de solenidade pública, os membros da comissão designada para avaliar **Maria do Socorro Silva Salvador**, candidata ao grau de mestre em Geografia, na área de **Território, Trabalho e Ambiente**. Foram componentes da banca examinadora os professores Daisy Beserra Lucena (orientadora) – Doutora em Meteorologia; Bartolomeu Israel de Souza (coorientador) – Doutor em Geografia; Rafael Albuquerque Xavier (examinador interno) – Doutor em Geografia; e Valéria Raquel Porto De Lima (examinadora externa) – Doutora em Geografia Física; sendo os três primeiros integrantes do corpo docente da UFPB e a quarta, da UEPB. Dando início aos trabalhos, a Presidente da banca, Prof.^a Daisy Beserra Lucena, após declarar os objetivos da reunião, apresentou a candidata Maria do Socorro Silva Salvador, a quem concedeu a palavra para que defendesse, oral e sucintamente, sobre o tema apresentado, intitulado: **“COMPORTAMENTO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NOS MUNICÍPIOS DE MONTEIRO E SÃO JOÃO DO CARIRI NO ESTADO DA PARAÍBA (1980 A 2019)”**. Após discorrer sobre o referido tema, a candidata foi arguida pelos examinadores, na forma regimental. Ato contínuo, passou a comissão em caráter secreto, a proceder à avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por atribuir-lhe o conceito **Aprovada**. Face à aprovação, declarou a Presidente achar-se a avaliada legalmente habilitada a receber o Grau de mestre em Geografia, cabendo à Universidade Federal da Paraíba, providências, como de direito, à expedição do Diploma a que o mesmo fez jus. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a Ata, que segue assinada e aprovada pela Comissão Examinadora.

Daisy Beserra Lucena

Prof.^a Dr.^a Daisy Beserra Lucena
Orientadora

Bartolomeu I. de Souza

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza
Coorientador

Rafael Albuquerque Xavier

Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier
Examinador interno

Valéria Raquel Porto de Lima

Prof.^a Dr.^a Valéria Raquel Porto De Lima
Examinadora externa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por toda força, sabedoria, ânimo e coragem que me proporcionou ao longo do mestrado.

Ao meu pai Evaldo Cesar Salvador da Silva, a minha mãe Josefa da Silva Salvador e a minha irmã Elane da Silva Salvador pela compreensão, amor e incentivo e toda confiança depositada em mim.

Aos meus avós maternos Eurides Maria da Silva e Severino Antônio da Silva, aos meus avós paternos Maria José Salvador e José Antônio da Silva, pelo carinho e compreensão.

Ao meu namorado Inocencio de Oliveira Borges Neto, por todo apoio, paciência, companheirismo e por sempre ser um grande incentivador da minha vida acadêmica.

Agradeço a todos os professores e professoras do Programa de Pós-Graduação Geografia- PPGG. Especialmente à minha Orientadora, a Prof^a. Dra. Daisy Beserra Lucena, pelo empenho dedicado à orientação deste trabalho, pela confiança depositada em mim e por todos os ensinamentos, incentivos e amizade. Serei eternamente grata!

Ao meu Coorientador Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza, pelo incentivo e amizade, e por todas as contribuições feitas para a concretização deste trabalho.

A banca examinadora composta pelo Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier e a Prof^a. Dra. Valéria Raquel Porto de Lima, que se prontificou em avaliar este trabalho, trazendo suas contribuições para a melhoria do trabalho.

A Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de concluir o meu mestrado em Geografia.

Aos funcionários da Universidade, por toda gentileza e prontidão nos atendimentos realizados.

A todos que contribuíram de forma significativa para realização deste trabalho!

RESUMO

A região do Cariri paraibano, localizado no Semiárido brasileiro, é caracterizada por possuir alta variabilidade na precipitação (tanto espacial, quanto temporal) apresentando baixos índices pluviométricos e acentuado déficit hídrico. A população que habita nessa região tem como uma das principais fontes de renda as atividades ligadas a agropecuária, contudo o sucesso desta atividade está atrelado às condições climáticas. Durante o período da seca, a região sofre efetivas perdas no setor agropecuário, causando grandes danos aos trabalhadores/famílias rurais. Desta forma, qualquer alteração no clima pode ocasionar sérios impactos para o ambiente bem como para a população residente. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar e comparar a variabilidade climática nos municípios de São João do Cariri e Monteiro, ambos no estado da Paraíba, numa escala temporal de 40 anos (1980-2019). Para realizar as análises foram: i) verificados a existência de tendência nas variáveis climáticas precipitação e temperatura; ii) avaliados os índices do Balanço Hídrico Sequencial, ano a ano, verificando sua variabilidade e tendência e, iii) foi realizado a classificação climática do Tipo de Clima Anual (TCA). Para a obtenção dos resultados foram utilizados os dados diários de precipitação e temperatura, sendo o primeiro disponibilizados de forma gratuita pelas instituições da Agência Nacional de Água – ANA; Agência de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e a Bacia Escola. Quanto ao segundo, esse foi disponibilizado pelas instituições do INMET e da Bacia Escola. Os resultados obtidos demonstraram que os municípios, apesar de estarem na mesma região (pluviometricamente homogênea), apresentam características distintas. Monteiro possui uma melhor condição hídrica em relação a São João do Cariri, todavia esses municípios apresentam os mesmos comportamentos de períodos chuvosos (dezembro a maio) e secos (junho a novembro). No que se refere ao teste de tendência para as variáveis de precipitação e temperatura, correspondente a análise anual dos 40 anos, demonstrou que somente a temperatura de Monteiro apresentou tendência crescente significativa. Já os testes de tendências mensal para o período analisado evidenciou que apenas os meses de maio, abril e julho do ano de 1997 contribuíram para que houvesse a ruptura da temperatura anual do município de Monteiro, uma vez que estes apresentaram significância, essa mesma condição não foi observada para a variável de precipitação de Monteiro e nem para São João do Cariri. Da mesma forma, verifica-se para a variável de temperatura deste último município, uma vez que não apresentaram significância. Quanto aos resultados do Balanço Hídrico analisado por década, foi comprovado a ocorrência de deficiência hídrica, para os dois municípios, destacando-se principalmente as décadas de 1990 e 2010, essa análise do balanço por década oculta a existência de excedentes hídricos, contudo ao ser elaborado o balanço ano a ano, observou-se que alguns meses continha excedentes, entre esses meses, o que obteve maior destaque foi o mês de março, sendo este o mês mais chuvoso. Em relação aos resultados das tendências dos índices hídrico, de aridez e umidade, verifica-se que Monteiro tem mais anos com melhores condições de índice hídrico, quando comparado a São João do Cariri. Quanto aos testes de aridez, estes revelaram os valores mais elevados para o município de São João do Cariri. Já a tendência dos índices de umidade mostrou que os dois municípios, ao longo dos anos, em sua grande maioria, possuem umidade no solo abaixo de zero. Por meio da Classificação Climática de Thornthwaite e Mather, foi concluído que as duas localidades inseridas num clima Semiárido, no entanto, não são todos os anos que apresentam essa característica, pois dos dois municípios analisados, São João do Cariri apresentou 68% dos anos da série em análise dentro de um contexto de clima Semiárido. Em vista dos resultados apresentados compreende-se que o município de São João do Cariri por ter condições pluviométricas com menores índices e alta variabilidade na temperatura em relação ao município de Monteiro, será possivelmente mais vulnerável aos impactos da alteração climática. O município de Monteiro apesar de possuir condições pluviométricas “melhores”, com o advento das alterações climáticas, a população residente também sentirá os impactos do clima. Sendo assim, sugere-se que os estudos da variabilidade climática sejam ampliados para todos os municípios da Região do Cariri, uma vez que, se entende que o comportamento climático presente na região ocorre de maneira diferenciada (variando no tempo e no espaço), e, de posse desse

conhecimento, será possível subsidiar a elaboração de políticas públicas na construção de estratégias adaptativas de convivência com os extremos climáticos.

Palavras-chave: Classificação Climática; Região do Cariri; Tendência; Balanço Hídrico; Precipitação; Temperatura.

ABSTRACT

The Region of Cariri paraibano, located in the Brazilian Semiarid region, is characterized by having high variability in precipitation (both spatial and temporal) presenting low rainfall indices and marked water deficit. The population living in this region has as one of the main sources of income the activities related to agriculture, however the success of this activity is linked to climatic conditions. During the dry season, the region suffers losses in the agricultural sector, causing great damage to rural workers/families. In this way, any change in the climate can cause serious impacts for the environment as well as for the resident population. Therefore, the present study aims to analyze and compare climate variability in the municipalities of São João do Cariri and Monteiro, both in the state of Paraíba, on a 40-year time scale (1980-2019). To perform the analyses were: i) verified the existence of a trend in the climatic variables precipitation and temperature; ii) sequential water balance indexes were evaluated year by year, verifying its variability and trend, and iii) the annual climate type (TCA) climate classification was performed. To obtain the results, the daily precipitation and temperature data were used, the first being made available free of charge by the institutions of the National Water Agency - ANA; Water Management Agency of the State of Paraíba - AESA, National Institute of Meteorology - INMET and the School Basin. Regarding the second, they were made available by the institutions of INMET and the School Basin. The results showed that the municipalities, despite being in the same region (pluviometrically homogeneous), have different characteristics. Monteiro has a better water condition in relation to São João do Cariri, however these municipalities have the same behaviors as rainy periods (December to may) and dry (June to November). Regarding the trend test for precipitation and temperature variables, corresponding to the annual analysis of 40 years, it showed that only Monteiro's temperature showed a significant increasing trend. On the other hand, the monthly trend tests for the analyzed period showed that only the months of May, April and July of 1997 contributed to the rupture of the annual temperature of the municipality of Monteiro, since this presented significance, this same condition was not observed for the precipitation variable of Monteiro or for São João do Cariri. Similarly, it is verified for the temperature variable of the last municipality, since they did not present significance. Regarding the results of the Water Balance analyzed by decade, the occurrence of water deficiency was proven for the two municipalities, especially the decades of 1990 and 2010, this analysis of the balance sheet by decade hides the existence of water surpluses, however when the balance sheet was elaborated year by year, it was observed that some surplus months contained, between these months, the most prominent was the month of March, which was the wettest month. Regarding the results of trends in water indices, aridity and humidity, it is verified that Monteiro has more years with better water index conditions, when compared to São João do Cariri. Regarding the aridity tests, these revealed the highest values for the municipality of São João do Cariri. On the other hand, the trend of moisture indices showed that the two municipalities, over the years, mostly have soil moisture below zero. Through the Thornthwaite and Mather Climatic Classification, it was concluded that the two localities inserted in a Semi-arid climate, however, are not all years that present this characteristic, because of the two municipalities analyzed, São João do Cariri presented 68% of the years of the series under analysis within a context of semi-arid climate. In view of the results presented, it is understood that the municipality of São João do Cariri, because it has rainfall conditions with lower rates and high temperature variability in relation to the municipality of Monteiro, will possibly be more vulnerable to the impacts of climate change. The municipality of Monteiro, despite having "better" rainfall conditions, with the advent of climate change, the resident population will also feel the impacts of the climate. Thus, it is suggested that studies of climate variability be expanded to all municipalities of the Cariri Region, since it is understood that the climatic behavior present in the region occurs in a differentiated way (varying in time and space), and, in possession of this knowledge, it will be

possible to subsidize the elaboration of public policies in the construction of adaptive strategies of coexistence with climatic extremes.

Keywords: Climate Classification; Cariri Region; Trend; Water Balance; Precipitation; Temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ciclo da água.....	24
Figura 2	Fluxograma Metodológico.....	29
Figura 3	Mapa de localização da área de estudo.....	30
Figura 4	Correlação de Spearman.....	35
Figura 5	Estrutura representativa do Box-Plot.....	38
Figura 6	Variabilidade anual da precipitação para Monteiro (A) e São João do Cariri (B).....	49
Figura 7	Variabilidade mensal da precipitação para Monteiro (A) e São João do Cariri (B) entre o período 1980 a 2019.....	52
Figura 8	Variabilidade anual da temperatura para Monteiro (A) e São João do Cariri (B).....	57
Figura 9	Variabilidade mensal da temperatura para Monteiro (A) e São João do Cariri (B) entre o período 1980 a 2019.....	58
Figura 10	Localização das estações meteorológicas dos municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B).....	61
Figura 11	Tendência de precipitação para Monteiro e São João do Cariri.....	63
Figura 12	Tendência de temperatura para Monteiro e São João do Cariri.....	64
Figura 13	Comportamento mensal da precipitação dos municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B).....	68
Figura 14	Comportamento mensal de temperatura dos municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B).....	70
Figura 15	Balanço Hídrico Sequencial de Monteiro e São João do Cariri.....	72
Figura 16	Tendência dos Índices Hídrico, de Aridez e Umidade, para Monteiro São João do Cariri.....	76
Figura 17	Tipo de Clima Anual por meio da Classificação Climática de Thornthwaite e Mather, para os municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B), correspondendo ao período de 1980-2019.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estações Meteorológicas utilizadas para obtenção dos dados diários de precipitação e temperatura.....	33
Tabela 2	Porcentagem de falhas dos dados de precipitação e temperatura.....	34
Tabela 3	Eventos extremos da precipitação mensal para Monteiro e São João do Cariri - PB.....	53
Tabela 4	Estatística descritiva da precipitação média anual e mensal para Monteiro e São João do Cariri -PB.....	54
Tabela 5	Eventos extremos de temperatura para Monteiro e São João do Cariri-PB.....	69
Tabela 6	Estatística descritiva da temperatura média anual e mensal para Monteiro e São João do Cariri-PB	69
Tabela 7	Tendências mensais de precipitação, para os municípios de Monteiro e São João do Cariri.....	67
Tabela 8	Tendências mensais de temperatura, para os municípios de Monteiro e São João do Cariri.....	69
Tabela 9	Excedentes hídricos dos municípios de Monteiro e São João do Cariri.....	74
Tabela 10	Tipos de Clima Anual para Monteiro e São João do Cariri (1980-2019)	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Primeira chave da classificação climática segundo Thornthwaite e Mather, baseado nos índices de umidade.....	46
Quadro 2	Segundo chave da classificação climática segundo Thornthwaite e Mather, baseado nos índices de aridez e umidade.....	46
Quadro 3	Terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite e Mather, baseado no índice térmico (ETo anual)	47
Quadro 4	Quarta chave de classificação climática segundo Thornthwaite e Mather, baseado na relação entre a ETP de verão (ETPv) e anual (ETP).....	47

LISTA DE SIGLAS

AESA - Agência de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA - Agência Nacional de Água
BHC - Balanço Hídrico Climatológico
CAD - Capacidade Máxima de Água Disponível
CCM - Complexos Convectivos de Mesoescala
DEF - Deficiência Hídrica
ETP - Evapotranspiração Potencial
EVR - Evapotranspiração Real
EXC - Excedente
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
IOS - Índice de Oscilação Sul
IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change
PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
POAs - Perturbações ondulatórias no campo dos Alísios
SCC - Sistemas de Classificação Climática
SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TCA - Tipo de Clima Anual
TSM - Temperatura da Superfície do Mar
VCAN - Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico do Sul
ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	GERAL.....	16
2.2	ESPECÍFICOS.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NA PARAÍBA.....	17
3.2	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E EVENTOS EXTREMOS.....	20
3.3	CICLO DA ÁGUA E BALANÇO HÍDRICO.....	23
3.4	SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA.....	26
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	29
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	29
4.1.1	Caracterização do município de Monteiro.....	31
4.1.2	Caracterização do município de São João do Cariri.....	32
4.2	AQUISIÇÃO DE DADOS.....	33
4.3	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS.....	36
4.3.1	Teste de Correlação Spearman.....	36
4.3.2	Software Estima_T.....	37
4.3.3	Box-Plot.....	37
4.3.4	Estimativa das tendências.....	38
4.3.4.1	Estatística de Mann-Kendall.....	39
4.3.4.2	Sen's Slope.....	41
4.3.4.3	Teste de Pettitt.....	41
4.3.5	Balanço Hídrico.....	42
4.3.5.1	Armazenamento de água no solo.....	43
4.3.5.2	Evapotranspiração Potencial.....	43
4.3.5.3	Evapotranspiração Real.....	44
4.3.5.4	Excedente Hídrico.....	45
4.3.5.5	Deficiência hídrica.....	45
4.3.5.6	Índices.....	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
5.1	VARIABILIDADE DOS ELEMENTOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA.....	48
5.1.1	Precipitação.....	48

SUMÁRIO

5.1.2	Temperatura.....	55
5.2	ANÁLISE DE TENDÊNCIA ANUAL DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA PARA OS MUNICÍPIOS DE MONTEIRO E SÃO JOÃO DO CARIRI.....	62
5.3	ANÁLISE DE TENDÊNCIA MENSAL DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO MUNICÍPIOS DE MONTEIRO E SÃO JOÃO DO CARIRI.....	66
5.4	BALANÇO HÍDRICO.....	71
5.5	TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES HÍDRICO, DE ARIDEZ E UMIDADE DOS MUNICÍPIOS DE MONTEIRO E SÃO JOÃO DO CARIRI.....	74
5.6	TIPO DE CLIMA ANUAL POR MEIO DA CLASSIFICAÇÃO DE THORNTHWAITE E MATHER	78
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
	REFERÊNCIAS.....	85
	APÊNDICE.....	102

1. INTRODUÇÃO

A Região do Nordeste brasileiro é marcada por apresentar grande variabilidade climática e escassez hídrica, essas condições associadas com os impactos antrópicos e a falta de planejamento de políticas públicas, podem ocasionar graves consequências para a região, especialmente à parte Semiárida.

A história da Região Nordeste ficou conhecida intrinsecamente pela ocorrência de secas, principalmente a parte que corresponde à porção Semiárida. Esta região passou por vários períodos de seca, sendo o último entre os anos de 2012 a 2017, cujos efeitos se manifestam de diferentes formas, como a redução dos corpos hídricos, desemprego rural, fome, pobreza e migração das áreas afetadas (MARENGO *et al.*, 2011; MARTINS; MAGALHÃES, 2015).

No entanto, outros fatores como a extrema irregularidade da precipitação, também é responsável por caracterizar o clima da Região Nordeste. Essa irregularidade traz consequências, tais como, ciclos de fortes estiagens, secas e enchentes. Esses fatores costumam afetar a região no que rege os aspectos socioeconômicos e ambientais, contribuindo para intensificar ainda mais as frágeis condições dos indivíduos que habitam na porção semiárida brasileira (DUQUE, 2008; MARENGO *et al.*, 2011).

Sob esta ótica, o Cariri Paraibano está inserido no Semiárido brasileiro, caracterizado por sua irregularidade espaço-temporal das precipitações, apresentando baixos índices pluviométricos (os menores do Estado) e acentuado déficit hídrico. De acordo com Souza (2008), dentro da Região do Cariri Paraibano, o comportamento dos índices pluviométricos ocorre de maneira diferenciada, onde a parte do Cariri Oriental possui índices pluviométricos mais baixos (400 a 500 mm/ano) em relação ao Cariri Ocidental que possui maiores índices (500 e 600 mm/ano).

A população que reside no Cariri Paraibano, tem como uma das principais fontes de renda, as atividades ligadas a agropecuária, entretanto o sucesso desta atividade está atrelado às condições climáticas, uma vez que, o desenvolvimento dos cultivos agrícolas, bem como a oferta de alimentos para os animais dependem deste recurso (DIAS *et al.*, 2021).

As principais atividades agrícolas desenvolvidas no Cariri são: o cultivo do feijão, do milho, da mandioca e da batata-doce, essas culturas são primordiais para a economia familiar. No entanto, apesar da agricultura cumprir um papel fundamental na

economia da região, ela é uma atividade complementar à pecuária (SENA *et al.*, 2019; SOUZA, 2008).

De acordo com Sena *et al.* (2019), a pecuária é uma atividade dominante no Cariri, desde a época da colonização. Atualmente uma das atividades principais (tradicionais) para a região, é a criação de caprinos e ovinos, pois são animais resistentes às condições climáticas.

Nesse sentido, as possíveis alterações climáticas (como o aumento da temperatura) podem ser bastantes prejudiciais para o desenvolvimento de tais atividades. Durante o período de seca, para suprir essas atividades, a população passa a explorar mais intensivamente os recursos vegetais da Caatinga, causando assim grandes impactos, tais como, a redução da cobertura vegetal. Além disso, tem-se os efeitos indiretos, como por exemplo: a erosão, salinização, impermeabilização dos solos, entre outros. A associação dos impactos e seus efeitos, consequentemente, podem intensificar ainda mais a evaporação, os níveis de temperatura (elevando-as), a alteração do regime da precipitação, favorecendo ao aumento da aridez do ambiente.

Neste contexto, entender o Balanço Hídrico é de fundamental importância, pois permite verificar a disponibilidade hídrica do solo presente para as plantas, bem como verificar os períodos com déficits hídricos durante cada ciclo de culturas, evitando e/ou amenizando assim a perda da produção agrícola e a pressão das ações antrópicas no ambiente.

Diante disto, se faz necessária pesquisas que aprofundem e avaliem a distribuição da precipitação em escala temporal, com a finalidade de ajudar as instituições públicas competentes no reconhecimento climático da área, para que esses possam desenvolver medidas que auxiliem as populações a conviver com os eventos extremos de chuva, sejam estes positivos ou negativos.

Perante o exposto, a presente pesquisa analisa e compara a variabilidade Climática de dois municípios, Monteiro e São João do Cariri, para uma escala temporal de 40 anos (1980-2019). A escolha da área de estudo se deu pelo fato de os dois municípios possuírem vulnerabilidade econômica, fazerem parte da Região do Cariri Paraibano (mesmo com altitudes e pluviosidades médias diferentes), e por estas duas localidades possuírem estações pluviométricas, o que permitiu o fornecimento de dados a serem trabalhados na pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar a variabilidade climática nos municípios de São João do Cariri e Monteiro – PB.

2.2 ESPECÍFICOS

- Verificar a existência de tendência nas variáveis climática precipitação e temperatura;
- Avaliar os índices do Balanço Hídrico Sequencial, ano a ano, verificando sua variabilidade e tendência;
- Determinar a Classificação do Tipo de Clima Anual (TCA).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A variabilidade dos elementos de precipitação e temperatura, juntos com a atuação dos fatores climáticos podem influenciar e serem influenciados pelo sistema atmosférico, o ciclo da água, a sociedade, a vegetação, o solo, entre outros. Além disso, esses elementos são essenciais para caracterizar e determinar o clima de uma determinada região.

Sendo assim, é de fundamental importância estudar a variabilidade climática, pois por meio deste pode-se compreender o comportamento do clima. Para o entendimento da variabilidade, estão abordados no capítulo os seguintes tópicos: Sistemas Atmosférico atuante na Paraíba; Alterações Climáticas e Eventos Extremos; Ciclo da água e Balanço Hídrico; Sistema de Classificação Climática.

3.1 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NA PARAÍBA

O clima de qualquer região é determinado em grande parte pela Circulação Geral da Atmosfera, a dinâmica dos elementos que a compõem, resulta em última instância no aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, distribuição assimétrica de oceanos/continentes e, também decorrentes das características topográficas sobre os continentes (FERREIRA; MELLO, 2005).

Segundo Silva *et al.* (2010), no Nordeste brasileiro a precipitação é resultante do acoplamento de diversos sistemas atmosféricos em várias escalas, quase periódicos, que podem ser transformados pelas características fisiográficas da região e, por anomalias atmosféricas de escala planetária.

Os sistemas atmosféricos que produzem chuvas no Nordeste brasileiro, podem ser classificados em mecanismos de grande escala, em geral responsáveis pela maior parte da precipitação observada, e mecanismos de mesoescala e microescala, que completam os totais observados. Na grande escala, destacam-se os sistemas frontais, associados à Zona de Convergência do Atlântico do Sul (ZCAS), o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Na mesoescala as Perturbações Ondulatórias no campo dos Alísios (POAs), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e as brisas marítima e terrestre. Já na microescala os principais fenômenos que atuam são as circulações orográficas e as pequenas células convectivas (DA SILVA, 2005; ROSSATO *et al.*, 2017).

A precipitação do Nordeste também pode sofrer influência do El Niño – Oscilação Sul (ENOS), no qual se refere a um fenômeno de interação Oceano-Atmosfera que provoca alterações no oceano Pacífico Equatorial através do aquecimento (El Niño) ou resfriamento (La Niña) das águas superficiais em relação a sua média histórica. A parte correspondente a atmosfera do ENOS está acoplada ao Índice de Oscilação Sul (IOS), que é definido pela diferença entre a pressão ao nível do mar entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico do Oeste (Darwin). O IOS apresenta valores negativos em anos de El Niño e positivos em anos de La Niña (LUCENA, 2008; NÓBREGA *et al.*, 2016)

A mudança na temperatura do oceano Pacífico Equatorial acarreta efeitos globais, principalmente, nos elementos temperatura e precipitação (INPE, 2018). Normalmente em períodos de El Niño, a Região do Nordeste brasileiro sofre com extensas estiagens, no entanto, não é uma ligação direta (MARENGO *et al.*, 2018).

Durante as fases de El Niño, há uma tendência à inibição da atividade convectiva sobre o Nordeste brasileiro, associada a uma circulação anômala de Walker com seu ramo descendente sobre o Nordeste brasileiro e regiões circunvizinhas, o que leva a uma estação chuvosa mais seca do que o normal. Já durante os períodos de La Niña, a circulação anômala de Walker se inverte, o que resulta em um processo convectivo aprimorado sobre Nordeste do Brasil, com maior precipitação associada (CHAVES; CAVALCANTI, 2001; GRIMM, 2004; MEDEIROS; OLIVEIRA; TORRES, 2020).

No entanto, além da influência climática do Oceano Pacífico, o Oceano Atlântico também pode contribuir para ocorrência de precipitação na Região Nordeste. De acordo com Lucena (2008), o Atlântico é que, provavelmente, determina o comportamento das chuvas nas sub-regiões (norte, leste e centro/sul) do Nordeste.

No estado da Paraíba (localizado na Região Nordeste), o período de precipitação é marcado por dois regimes, um de fevereiro a maio, nas regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú; e o outro de abril a julho, no Agreste, Brejo e Litoral. Os principais sistemas atuantes são Zona de Convergência Intertropical, Frentes Frias, os Distúrbios Ondulatório de Leste ou Ondas de Leste, e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (FRANCISCO; SANTOS, 2017).

Sendo a ZCIT, originada da convergência de ventos alísios de nordeste e sudeste, ocorrendo durante o verão (outono no hemisfério sul), constituindo-se como o principal causador de chuvas no Nordeste setentrional. Nos anos em que a ZCIT não atua, nos meses de março e/ou abril, a região sofre com a falta de chuvas (NASCIMENTO, 2012; SILVA; GALVÍNCIO; COSTA, 2017).

Conforme Cirilo *et al.* (2007), a ZCIT atua sobre uma região qualquer por um período de tempo superior a dois meses, ou seja, é um fenômeno tipicamente climático, e sua localização futura pode ser prevista com alguns meses de antecedência. Entretanto, as chuvas intensas ocorridas em algumas áreas dentro da ZCIT, geralmente, só são previstas com poucas horas de antecedência e a melhoria da previsão desses sistemas depende de informações de altitude e de radar meteorológico.

Com relação ao Resquícios da Frente Fria, essas causam chuvas na Paraíba, entre os meses de novembro e janeiro, na faixa litorânea. As Frentes Frias são massas de ar fria que avançam na direção das massas de ar quente formando nuvens convectivas e estratiformes, e, conseqüentemente, as chuvas (FRANCISCO; SANTOS, 2017; INPE, 2018).

Quanto os Distúrbios Ondulatórios de Leste que atingem a Paraíba, essas são perturbações de pequena amplitude observadas em campos do vento e da pressão ao nível médio do mar, que se difunde de leste para Oeste sobre o Oceano Atlântico, especificamente no período de maio a agosto, quando podem causar chuvas de intensidade moderada a forte, principalmente em áreas costeiras (RIBEIRO; ARAGÃO; CORREIA, 2013).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), por sua vez, pode ser definido como um sistema de baixa pressão, em escala sinótica, formado na alta troposfera, em que há uma circulação ciclônica fechada, e que possui o centro mais frio que sua periferia (KOUSKY; GAN, 1981). Os VCAN que atuam no Nordeste são de origem tropical e em geral persistentes, podendo ser observados nas estações de primavera, verão e outono, com máxima frequência no mês de janeiro, o tempo de duração desse fenômeno pode ser de apenas algumas horas, enquanto outras mais de duas semanas (CALBETE, 1996).

No estado da Paraíba as áreas que apresentam menores valores de precipitação anual estão localizadas na Região do Cariri, essa região possui taxas pluviométricas que variam em torno de 360 a 560 mm/ano (SENA, 2017).

A diferença nos índices de precipitação no Cariri Paraibano, pode ser explicada pela variação do relevo. De acordo com Alves *et al.* (2012), a orientação das cristas e maciços serranos, a distribuição das altitudes, a exposição das grandes vertentes e até mesmo os basculamentos dos grandes blocos do relevo induzem a variações mesoclimáticas e a uma nítida divisão da região em Cariri Ocidental e Cariri Oriental.

Segundo Alves, Azevedo e Farias (2015), o relevo da Região Cariri possui uma elevação acentuada com cotas altimétricas mais elevadas (520 – 1.170 m) localizada na

parte ocidental, e com cotas altimétricas mais baixas (275 – 500 m) na porção oriental, por causa disto as vertentes de barlavento das serras recebem mais umidade. Neste caso, as massas de ar úmidas advindas do litoral, e mesmo aquelas decorrentes da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que se desloca do Hemisfério Norte para o Hemisfério Sul no primeiro semestre do ano, podem ter dificuldades para alcançar a parte oriental do Cariri, e quando alcançam apresentam pouca umidade (ALVES; AZEVEDO; FARIAS, 2015).

Apesar do relevo ser descrito como um fator determinante na diferença da precipitação na Região do Cariri, esse particularmente nem sempre pode ser considerado como influenciador dos níveis de precipitação, uma vez que a atuação de sistemas atmosféricos em escala local também pode contribuir para a formação de chuvas.

3.2 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E EVENTOS EXTREMOS

Os elementos do clima apresentam variabilidade em várias escalas de tempo, e para observar um padrão é necessária uma série longa, normalmente com 30 ou mais anos. Quando se verifica uma mudança ou alteração nesse padrão, o fato deve ser investigado. E são exatamente essas discussões que atualmente norteiam muitas pesquisas e debates em todo o mundo.

Essas alterações vêm ocorrendo de formas diversas e representam um desafio de ordem econômica, social, política, de saúde pública e ambiental para o século XXI, pois com o aumento da temperatura global e dos níveis dos oceanos, tem sido difícil determinar os futuros efeitos desta mudança sobre o ambiente (BARBIERI; FERREIRA; BARBI, 2018; PEREIRA; NASCIMENTO, 2020).

Conforme os relatórios publicados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (2013), correspondente ao termo inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC, presume-se que o aquecimento global venha alterar os padrões dos índices pluviométricos em diversas regiões do mundo, aumentando a frequência e intensidade dos eventos climático extremos referente aos fenômenos de seca ou excesso de chuvas.

Segundo o IPCC (2021), os eventos extremos de calor se tornaram mais frequentes e mais intensos na maioria das regiões terrestres desde 1950, enquanto os eventos extremos de frio tornaram menos frequentes e menos graves.

Os eventos climáticos extremos são comumente definidos, pelos totais em certo período que apresentam desvio superior ou inferior ao comportamento habitual, estes quando encontram-se relacionados com as mudanças climáticas, causam vários impactos negativos nos cotidianos das populações, além de alterar as relações existentes no ambiente (ASSIS *et al.*, 2018; DANKELMAN *et al.*, 2008; GONÇALVES, 2013).

Desta forma, tem-se que o Brasil está altamente exposto a desastres climáticos, devido principalmente a ocorrência de eventos extremos de estiagem, inundação, vendaval e/ou ciclone, tornado, granizo e geada, sendo a Região Nordeste uma das mais problemáticas relacionadas a irregularidade hídrica (FERREIRA *et al.*, 2017; OLIVEIRA, 2019; SANTOS; MARTINS; SANTOS, 2018).

A parte que corresponde a região Semiárida no Nordeste, é caracterizada pela alta variabilidade dos índices pluviométricos, ciclos de estiagens, secas e enchentes que costumam incidir em intervalos de tempo que variam de alguns anos a décadas, além disso, a região também é marcada por possuir solos rasos e rochosos, o que lhe confere baixa capacidade de armazenamento de água, pequeno sistema de drenagem e alta taxa de evapotranspiração (AB'SABER, 1999; LACERDA *et al.*, 2010).

A eventualidade de períodos de seca durante o período chuvoso na Região Semiárida é frequente, e o acontecimento deste dependendo de sua intensidade e duração, podem causar grandes prejuízos às culturas de subsistência, afetando assim o desenvolvimento da agricultura familiar (ALVALÁ *et al.*, 2019).

Em razão disto, as consequências do aquecimento global nesta região tendem a ser mais intensas, haja vista que, o aumento da temperatura do ar, irá provocar o aumento da evaporação e da evapotranspiração, acarretando o aumento da deficiência hídrica (LACERDA *et al.*, 2010).

Conforme o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC (2013), os cenários climáticos futuros apontam para um aumento dos eventos extremos de secas e estiagens prolongadas na região, acentuando-se no final do Século XXI. A projeção das condições climáticas da região, por exemplo, mostra que no final do século (2071- 2100) haverá um aumento na temperatura entre 3,5°C e 4,5°C, e um agravamento do déficit hídrico regional com redução de 40 a 50% da distribuição de chuva, essas alterações levarão a condições de climas mais áridos (BRITO *et al.*, 2020; MARENGO *et al.*, 2020; SOME'E *et al.*, 2013).

Caso este cenário projetado se confirme, a curta estação chuvosa presente hoje pode reduzir, e assim, será praticamente impossível praticar agricultura na região sem o

uso de irrigação e o acesso à água será muito dificultado. Todavia, a compreensão dessas alterações é extremamente importante para que ações de prevenção e mitigação sejam tomadas, uma vez que, os efeitos dos eventos extremos não serão sentidos apenas pelos agricultores da Região Semiárida, mas pelas populações das grandes cidades da região que dependem do abastecimento de alimentos (FARIAS *et al.*, 2020; MARENGO, 2008).

Com isso é perceptível que alguns estudos na Região Semiárida do Nordeste, tem se preocupado com os impactos dessas alterações no clima e apontam que a ocorrência dos eventos extremos está relacionada com a atuação de sistemas atmosféricos. Como exemplo o estudo de Santos, Cunha e Ribeiro Neto (2019), que identificaram na sua pesquisa que os eventos de seca no ano de 2015, tinham sido causados pelos padrões de circulação atmosférica em grande escala, forçados pelas anomalias positivas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico Tropical e no Atlântico Tropical Norte e, de anomalias negativas da TSM em áreas do Atlântico Tropical Sul, aos quais desfavorecem a formação de nuvens e, consequentemente, reduziram o volume de chuvas sobre a região, tornando o evento de seca, o mais severo ocorrido nas últimas décadas.

Muitos pesquisadores também têm investigado os fenômenos atmosféricos sob a perspectiva das alterações climáticas, através de métodos estatísticos para análises de tendências, por meio deste, pode-se destacar o trabalho de Sena e Lucena (2013), no qual as autoras buscaram identificar possíveis tendências nas séries temporal da precipitação anual (1979 a 2010) e durante o período chuvoso da Região do Cariri, diante dos resultados verificou-se uma tendência positiva significativa na série de precipitação anual para toda a região.

Um outro estudo sobre os eventos extremos foi realizado por Sena, Moraes Neto e Lucena (2019), nos municípios de São João do Cariri e Sumé no estado da Paraíba, sendo apontado que os extremos de precipitação positivos são mais intensos com a presença da La Niña e, a diminuição da precipitação é atrelada, geralmente, com a ocorrência do El Niño. Ainda segundo os autores supracitados, os impactos destes extremos na agropecuária são bem visíveis, nos anos de secas a agricultura sofre com perdas totais e intensas, o que difere dos anos chuvosos. Com relação à pecuária, os bovinos e ovinos são os que mais sofrem no período de seca, com diminuição na quantidade de cabeças, o contrário é visível para os rebanhos de caprinos que são mais impactados durante o período chuvoso.

Entretanto vale ressaltar, que nem sempre os fenômenos do El Niño, são capazes, sozinhos, de explicar os eventos extremos (positivos ou negativos) sobre a região, esse pode agir junto com outros fenômenos atmosféricos, ou até mesmo sofre efeitos da ação antrópica como as queimadas, o desmatamento, aumento das atividades de indústrias, prédios, veículos, asfalto, entre outros. Essas ações provocam mudanças muito profundas na atmosfera local, alterando também a temperatura e interferindo na distribuição da precipitação na região (ANDREOLI *et al.*, 2004; SOUZA; AZEVEDO, 2009; CATANHO *et al.*, 2020).

Mediante os estudos apontados entende-se, que a ocorrência dos eventos extremos apesar de serem condicionados pela influência de sistemas atmosféricos, estes podem intensificar seus impactos quando associados às ações antrópicas, uma vez que, algumas ações, como por exemplo as queimadas, liberam gases intensificadores do efeito estufa o que contribui para ocorrência do aquecimento global, favorecendo assim, a ocorrência de altos índices de temperatura e baixos índices de precipitação.

3.3 CICLO DA ÁGUA E BALANÇO HÍDRICO

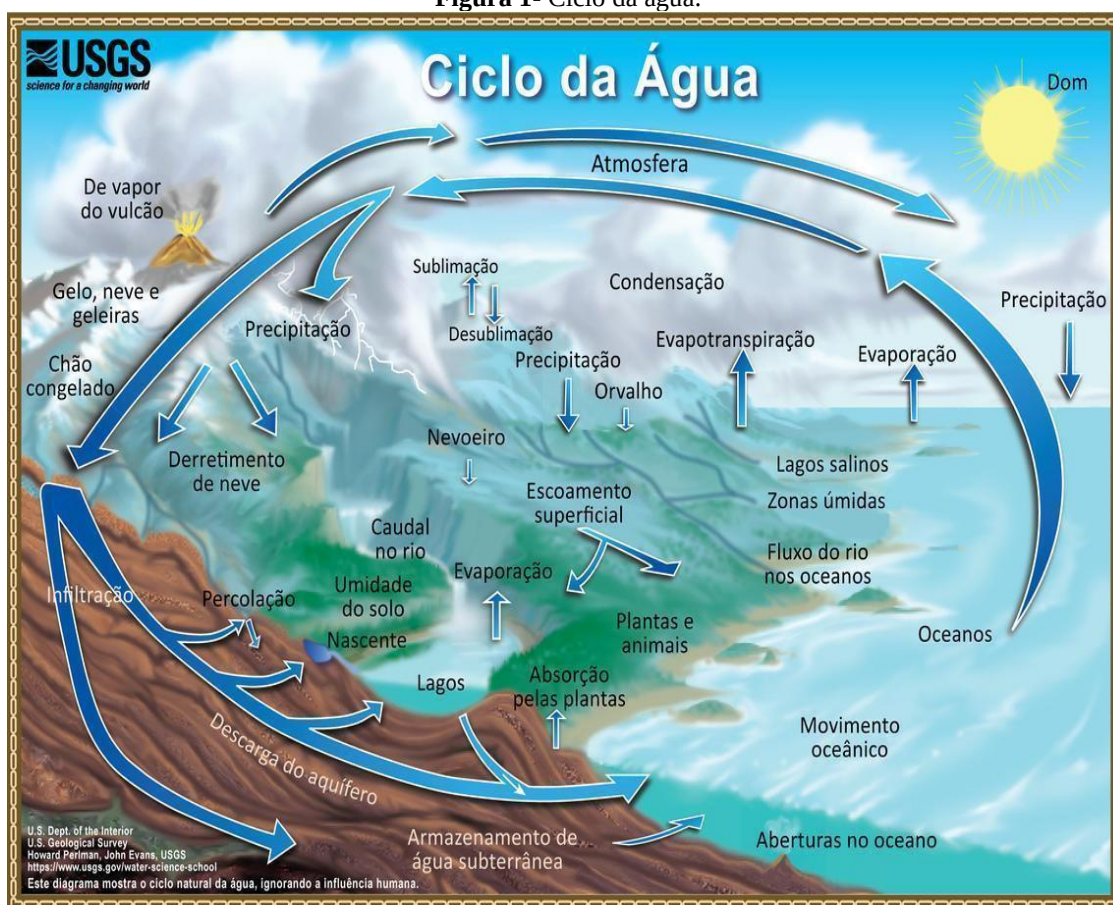
A água é a substância essencial para a existência de vida no Planeta Terra, bem como para o desenvolvimento da sociedade, pois a água está presente em várias atividades do cotidiano. Na natureza ela pode ser encontrada nos estados líquido, gasoso e sólido. A água no estado sólido normalmente está situada de forma abundante nas regiões glaciais. No estado líquido os principais locais que podem ser encontrados, de forma abundante, são nos oceanos e mares. Já no estado gasoso, o vapor de água é armazenado na atmosfera e transportado pela circulação geral (CAVALCANTI, 2021).

A movimentação da água na atmosfera envolvendo os três estados é chamada de Ciclo da Água (Figura 1), ocorrendo em decorrência da influência da radiação solar que faz com que a água seja evaporada. A água evaporada entra no sistema de circulação atmosférica, que depende das diferenças de absorção de energia e da reflectância entre trópicos e as regiões de maior latitude como as áreas polares. Sob certas condições, o vapor de água condensa e faz com que ocorra a precipitação, podendo ser em forma de chuva, orvalho, granizo e neve (TUCCI; CLARKE, 1997).

No momento em que ocorre a precipitação, a água pode seguir distintos caminhos: evaporar imediatamente após atingir a superfície, infiltrar-se no solo ou escoar para rios, mares, lagos, açudes, oceanos, entre outros.

A água infiltrada no solo, pode ser retida pelas raízes das plantas e voltando eventualmente a superfície, pelos vegetais ou pela capilaridade do solo, em outros casos a água infiltrada no solo acumula-se nos espaços vazios entre a rocha e os grãos de argila, silte ou areia, dando origem a reservatórios subterrâneos conhecido como lençóis freáticos e aquíferos freáticos (MATTA, 2018). Esse percurso da água descrito por Matta (2018) e Tucci e Clarke (1997), corresponde às etapas de condensação, precipitação, interceptação, infiltração, evaporação, e evapotranspiração do ciclo hidrológico.

Figura 1- Ciclo da água.



Fonte: USGS, 2021.

Apesar das etapas referentes ao ciclo da água ocorrerem em todo lugar, ressalta-se que pode ocorrer uma variação dessas etapas a depender das características locais, visto que, fatores como a altitude, vegetação, classes de solos e ação antrópica, influenciam diretamente no total de água envolvida no processo e a velocidade do ciclo (PAZ, 2004). Algumas dessas características foram apontadas por alguns autores citados abaixo:

Para Konwar *et al.* (2014), a topografia de uma localidade tem grande influência no sistema de nuvens e contribui para a quantidade e periodicidade das chuvas em locais

altos devido à sobreposição de nuvens quentes e frias, o que favorece a saturação da atmosfera.

Conforme Jardim *et al.* (2021), os fatores ambientais podem influenciar o agrupamento de variáveis climáticas, por exemplo, a partir da interação entre a cobertura vegetal e os fenômenos de mesoescala na circulação atmosférica (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

A cobertura vegetal tem um efeito positivo sobre a precipitação local, devido a essa situação, qualquer redução da cobertura vegetal pode impactar no índice de precipitação. Os autores Althoff *et al.* (2018), apontam em seu estudo que mais de 50% da cobertura de Caatinga já foi desmatada, o que pode justificar a redução da precipitação na Região Semiárida da Brasil

De acordo com Silva *et al.* (2021), o desmatamento impacta diretamente o ciclo hídrico, devido às mudanças na circulação convectiva da formação de precipitação regional. Levando em consideração os fatores levantados sobre o lugar de origem, é fundamental entender e conhecer as condições e variações climáticas de uma determinada região.

Sendo assim, e com o objetivo de compreender as condições climáticas, muitos pesquisadores se debruçaram em criar modelos de análise do clima, um deles é o Balanço Hídrico Climatológico (BHC), desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955), com o propósito de monitorar a disponibilidade hídrica de uma localidade ao longo do tempo de forma rápida e simples, por meio de medidas de precipitação, temperatura e capacidade de água disponível no solo. Além destes parâmetros de entrada, temos ainda, o total de água retida no solo, a evapotranspiração real e o déficit/excedente (EXC) hídrico do local selecionado (SANTOS; MARTINS; SANTOS, 2016).

O método do Balanço Hídrico, vem sendo aplicado em diversas áreas do conhecimento, como em estudos de classificação climática, caracterização hidrológica, planejamento de práticas agrícolas (CASSETTARI; QUEIROZ 2020). Conforme apontado por alguns autores a seguir:

De acordo com Medeiros e Duarte (2020), o Balanço Hídrico aplicado como ferramenta de manejo direciona ações de planejamento na produção agrícola de uma determinada localidade, com o objetivo de possibilitar uma maior rentabilidade dos cultivos, bem como, reduzir o risco de degradação.

Para Aquino e Dias (2020), o Balanço Hídrico constitui-se como um instrumento fundamental que auxilia nas ações relativas ao planejamento agrícola ambiental e, ainda,

na caracterização climática servindo de base para determinar a melhor época, tipo de manejo e exploração agrícola.

Colaborando com isso, Santos, Martins e Santos (2018), afirmam que a partir do Balanço Hídrico, é possível simplificar uma classificação climática de uma determinada localidade estudada, pois os dados necessários são variáveis determinantes na resolução e aplicação contidas no Balanço Hídrico Climatológico.

Holanda *et al.* (2021), relatam ainda que o Balanço Hídrico é uma ferramenta importante não apenas pelo cálculo de excesso e deficiência hídrica no solo, mas como método de classificação de dada região, ao passo que a utilização dos índices obtidos por meio do Balanço Hídrico para fazer a classificação climática da área de estudo, proporcionou resultados satisfatórios para a pesquisa.

A identificação de Sistemas de Classificação Climática, são de grande relevância, dado que investiga e define o clima de diferentes regiões, levando em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo (ROLIM *et al.*, 2007).

3.4 SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

O clima é o comportamento e a dinâmica das condições da atmosfera em um determinado lugar, levando em consideração um período de 30 - 35 anos, sendo este resultante da interação da radiação solar com os aspectos físico-geográficos e a circulação atmosférica (NASCIMENTO; LUIZ; OLIVEIRA, 2016). Perante a diversidade de climas existentes ao longo da superfície terrestre, as classificações climáticas surgem como modelos desenvolvidos com o intuito de sintetizar as características de determinado clima, por meio de parâmetros que permitam agrupar dados referente aos elementos climáticos (AYOADE, 2011).

Andrade Júnior *et al.* (2005) explicitam que, a classificação climática visa identificar em uma grande área ou região, zonas com características climáticas e biogeográficas relativamente homogêneas fornecendo indicações valiosas sobre as condições ecológicas, suas potencialidades agrícolas e o meio ambiente da região.

No decorrer do tempo, diversos Sistemas de Classificação Climática (SCC) foram elaborados por pesquisadores de diferentes campos científicos, estas classificações variaram consideravelmente conforme o propósito do sistema e de suas variáveis, podendo ser caracterizada por meio de duas abordagens: uma genérica (também considerada dinâmica), em que baseia nos controles climáticos sobre os elementos

naturais, como a circulação atmosférica, estes fatores são os que determinam ou causam os diferentes climas, e a outra empírica, também considerada como descritiva, no qual leva em consideração os elementos meteorológicos como: temperatura do ar, precipitação, umidade e evapotranspiração (AYOADE, 2011).

Com relação ao Sistema de Classificação Climática genérica, a primeira idealização foi proposta por Tor Bergeron em 1928 (NASCIMENTO; LUIZ; OLIVEIRA 2016), essa classificação categoriza as localidades de acordo com a frequência e os tipos de massa de ar que atuam sobre elas. Na atualidade esse sistema é pouco utilizado, devido à pequena quantidade de classes que ele representa.

Em 1950, Hermann Flohn elaborou um sistema baseado nas características pluviométricas e nas zonas de ventos globais, sendo a partir destas identificadas 8 zonas climáticas (NASCIMENTO; LUIZ; OLIVEIRA, 2016). Em meados do século XX, Strahler (1989), propôs uma classificação genética baseada na formação dos regimes de massas de ar e nos elementos de precipitação e temperatura (NOVAIS, 2020).

Dentre os Sistemas de Classificação Climática empírica, os que mais se destacam são a classificação climática de Köppen–Geiger e a de Thornthwaite e Mather. A classificação climática de Köppen–Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen, foi proposta em 1900, pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, tendo sido aperfeiçoada por ele 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões preparadas em colaboração com Rudolf Oskar Robert Williams Geiger. Esta classificação é baseada na hipótese de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima predominante, na determinação dos tipos climáticos. Para a classificação dos tipos climáticos de Köppen–Geiger, são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação (LIMA *et al.*, 2017; MEDEIROS; HOLANDA, 2019).

No que diz respeito à classificação climática de Thornthwaite e Mather, esta foi proposta inicialmente por Thornthwaite em 1948 e reformulada com colaboração de Mather, em 1955. Nesta classificação os autores empregaram o conceito de evapotranspiração potencial, do Balanço Hídrico e um índice de umidade, para delimitação dos tipos climáticos (NASCIMENTO; LUIZ; OLIVEIRA, 2016).

Contudo, com os avanços das pesquisas, o SCC empírico tem recebido atualizações dos seus autores e de outros, como é o caso do modelo de Köpper, no qual vários autores tentaram corrigir o aspecto estático dessa classificação, aplicando-a não em médias climáticas, mas para cada ano, nessa perspectiva surgiu o termo Tipo de Clima

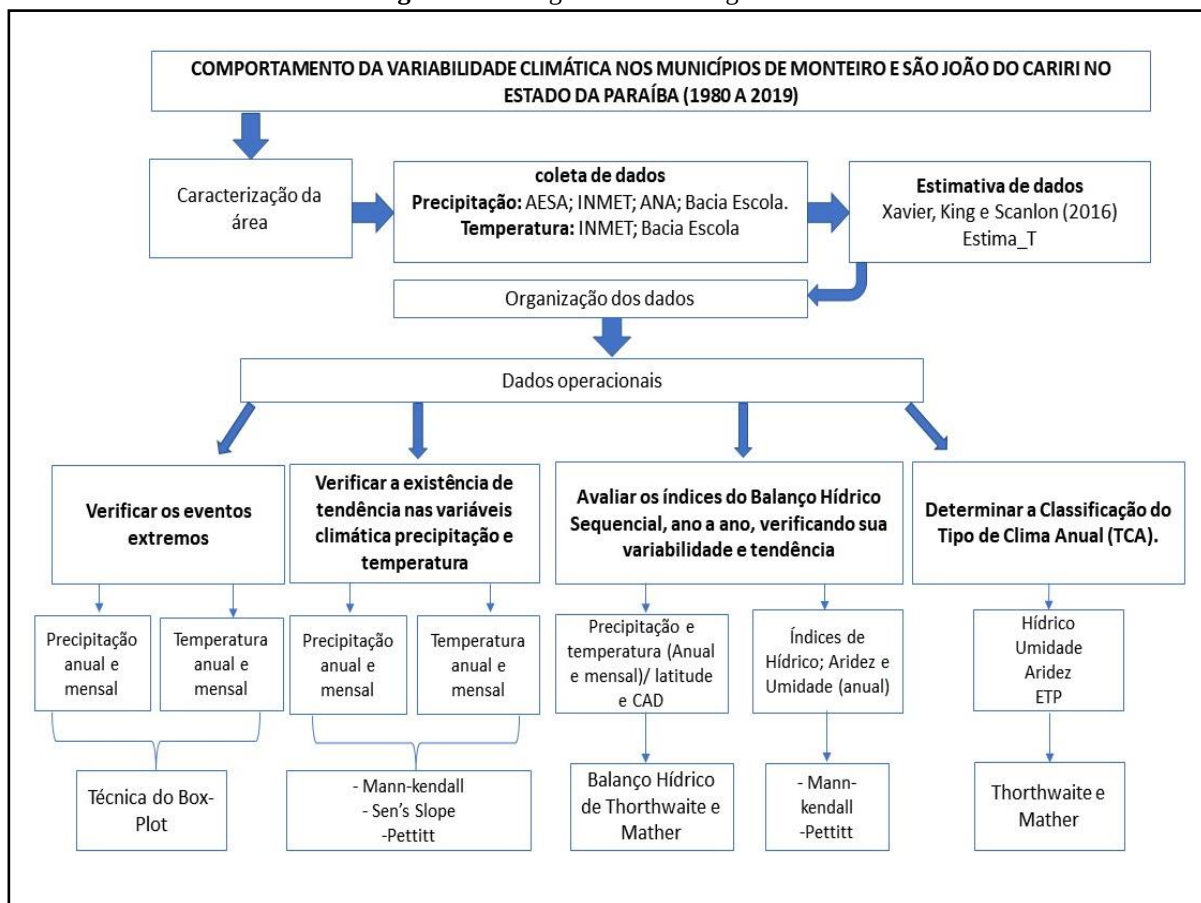
Anual (TCA), usado para definir um clima ambiente de um determinado ano (BRISSE GRANDJOUAN; RUFFRAY, 1982; DUBREUIL *et al.*, 2018). Desta maneira, a classificação de Köppen já foi aplicada por alguns autores como Planchon e Rosier (2005); Quenol, Planchon e Wahl, (2008) para definir os Tipos de Clima Anual da Argentina e França.

Mais recentemente, Dubreuil *et al.* (2018), fizeram uma pesquisa do TCA baseado na Classificação de Köppen para o Brasil, indicando significantes reduções de tipos climáticos, com relação ao Nordeste do Brasil, o estudo apontou aumento de aridez e redução nos índices de precipitação. O método do TCA, pode ser aplicado tanto para a classificação de Köppen como também para outros métodos, como o de Thornthwaite, como visto nos trabalhos de Ferreira e Souza (2011) e Santos, Martins e Santos (2018).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste tópico serão apresentadas a caracterização da área de pesquisa, os dados e as metodologias utilizadas para obtenção dos resultados dos objetivos propostos. O trabalho foi desenvolvido por meio das etapas a seguir, representada no Fluxograma (Figura 2).

Figura 2- Fluxograma Metodológico.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

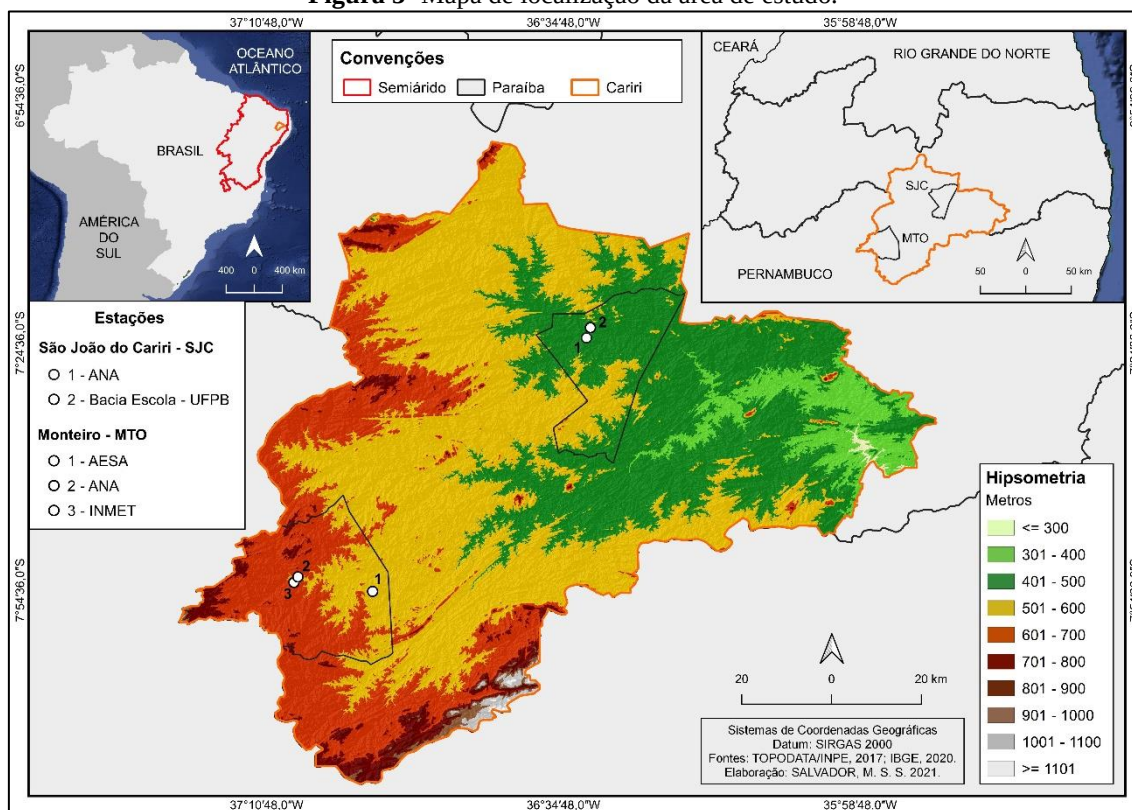
4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na região Semiárida¹ do Nordeste brasileiro, mais precisamente no estado da Paraíba, na área conhecida popularmente como Cariri Velhos², abrangendo dois municípios: um na parte Ocidental (Monteiro) e outro na parte Oriental (São João do Cariri), presente na Figura 3.

¹ Delimitação do Semiárido 2017 (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2017).

² O termo Cariris Velhos, corresponde a grande região natural da Paraíba, marcada pela fisiografia sertaneja, no qual são notáveis os registros geológicos e geocronológicos.

Figura 3- Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: TOPODATA/INPE, 2017; IBGE, 2020. Elaboração própria, 2022.

A região do Cariri é caracterizada por possuir baixos índices pluviométricos distribuídos de forma irregular durante o ano. De acordo com a classificação de Köppen, o Cariri possui clima Bsh, definido como clima semiárido quente, apresentando fatores de escassez e chuvas irregulares, forte insolação, índices elevados de evaporação e temperaturas médias de 27°C. A umidade relativa do ar é normalmente baixa, e as poucas chuvas variam de 250 a 750 mm por ano, concentram-se num espaço curto de tempo, provocando enchentes torrenciais (EMBRAPA, 2021).

A vegetação da Região do Cariri é classificada como Caatinga Xerófila e hiperxerófila, que é uma vegetação típica de climas semiáridos, formados em sua maioria por árvores de pequeno a médio porte com troncos retorcidos, vegetação herbácea e arbustos espinhentos (CÓRDULA; QUEIROZ; ALVES, 2010; NASCIMENTO; ALVES 2009; LIMA; ALMEIDA, 2017).

As características da Caatinga hiperxerófila são determinadas pelas condições vitais do ambiente, como os baixos índices pluviométrico, temperaturas elevadas durante o período seco, o que provoca a aridez e a pequena capacidade dos solos (predominante rasos e pedregosos) absorverem água (CORDEIRO; OLIVEIRA 2010). Nesse tipo de

vegetação pode ser encontrado espécies como facheiro (*Pilosocereus piauhiensis*), a macambira (*Bromelia laciniosa*), marmeleiro (*Croton ssp*) e jurema (*Mimosa ssp*).

4.1.1 Caracterização do município de Monteiro

O município de Monteiro está localizado na parte que corresponde ao Cariri Ocidental, nas coordenadas geográficas de Latitude: 07° 53' 29" S e Longitude 37° 07' 01" W (sede municipal). A altitude do município varia entre 500 e 800 metros (Figura 3), ocupando uma área de 992,620 km², conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010).

O relevo de Monteiro é caracterizado pelo planalto da Borborema, sendo este composto por núcleos cristalino arqueado, que se distribui ao longo da fachada do Nordeste oriental do Brasil (ALVES; AZEVEDO; FARIAS, 2015; CORRÊA *et al.*, 2010). Em relação aos solos que abrange o município, esses correspondem aos Luvisolos Crômicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos e os Argissolos (COSTA; ARAÚJO, 2016).

O município está dentro dos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, na porção do alto curso. Seu principal tributário é o Rio Monteiro, com relação aos corpos d'água os principais são os seguintes: o açude Poções, do Angiquinho, Pau d'Arco, Público do Estado, Tanques, Barra Verde, Camaleão, São Domingos, Mata Verde, da Bonita, da Malhada, Quixabeira e do Teodósio, além da lagoa da Barriguda. Todas as formações dos cursos de água do município possuem escoamento intermitente e temporário, com um padrão de drenagem predominantemente dendrítico (CPRM, 2005).

No que diz respeito a população de Monteiro, de acordo com o IBGE (2021), o município de Monteiro possuía, no ano de 2010, uma população de 30.852 habitantes, sendo que 20.261 estavam na zona urbana e 10.591 na zona rural do município. No ano de 2020, segundo as estimativas, a população no município de Monteiro correspondeu ao total de 33.433 pessoas, ocorrendo um aumento de 8,37%. Quanto à economia do município de acordo com o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), a população acima de 18 anos trabalhava em serviços relacionados a atividades da agropecuária (36,70%), indústria extrativista (0,00%), indústria de transformação (4,54%), no setor de construção (6,50%), funcionalismo público (0,69%), comércio (14,81%) e setor de serviços (34,11%).

4.1.2 Caracterização do município de São João do Cariri

O município de São João do Cariri está localizado na porção do Cariri Oriental. Situado nas coordenadas geográficas de latitude 07° 23' 27" S e longitude 36° 32' 58" W (onde está a sede municipal), sua altitude varia entre 400 e 600 metros (Figura 3), abrangendo uma área de 612,966 km² (IBGE, 2010).

De acordo com Tavares e Ramos (2016), o relevo do município é predominantemente plano e levemente ondulado, essa área se encontra numa superfície do território paraibano intensamente rebaixados pelos ciclos de erosão iniciados no final do período Terciário, que dissecaram perifericamente o núcleo nordestino do escudo brasileiro (ANDRADE-LIMA, 1981)

No que se refere a sua hidrografia, o município está inserido nos domínios da bacia do Rio Paraíba, parte na sub-bacia do Rio Taperoá e parte na região do Alto Paraíba. A rede de drenagem na área é composta principalmente por rios intermitentes e temporários. O principal reservatório de acumulação hídrica é o Açude dos Namorados, outros corpos de acumulação significativos são as lagoas: de Baixo, do Pereira, da Serra, Forquilha, do Escondido e da Maniçoba (CPRM, 2005).

Segundo Medeiros *et al.* (2015), às características pedológicas do município, por situar-se numa unidade geológica cristalina, ocorrem solos pedregosos, poucos profundos, o que favorece o escoamento superficial e a lixiviação da matéria orgânica e dos minerais presentes nos solos. Os solos predominantes na área são os Neossolos Litólicos Eutróficos, Luvisolo Crômico Vértico, Planossolo Solódico e Neossolo Regolítico Eutrófico (PARAÍBA, 2006).

Com relação a população de São João do Cariri, conforme o IBGE (2021), o município possuía em 2010 uma população de 4.344, a maioria dos habitantes encontrava-se localizada na zona urbana contendo uma população de 2.347, enquanto a zona rural continha uma população de 1.997. No ano de 2020, segundo as estimativas, a população no município de São João do Cariri correspondeu ao total de 4.184 pessoas, ocorrendo uma diminuição de 3,68%.

Com relação a economia do município de acordo com o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), a população acima de 18 anos de idade trabalhava no setor agropecuário (48,86%), na indústria extrativista (0,12%), indústria de transformação (2,63%), setor de construção (2,20%), setores de utilidades públicas (0,55%), comércio (7,86%) e setor de serviço (34,11%).

4.2 AQUISIÇÃO DE DADOS

Para dar subsídios as técnicas, foram utilizadas séries diárias (Tabela 1) de precipitação, fornecidas gratuitamente pela Agência Nacional de Água – ANA; Agência de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e a Bacia Escola (localizada no município de São João do Cariri), esta última, pertencente à UFPB. Também foram utilizados dados de temperatura das instituições do INMET e da Bacia Escola, para um recorte temporal de 40 anos (1980-2019). A escolha do recorte foi determinada em razão de que esse período continha mais informações para serem trabalhadas.

Tabela 1 – Estações meteorológicas utilizadas para obtenção dos dados diários de precipitação e temperatura.

ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS						
Município	Tipo estação	Código	Órgão	Latitude	Longitude	Altitude
Monteiro	Pluviométrica	737014	ANA	7°52'60.0"S	37°7' 0.0" W	590 m
Monteiro	Pluviométrica	3855777	AESA	7°54'45.7"S	36°57'56.3"W	580 m
Monteiro	Pluviométrica	82792	INMET	7°53'40.0"S	37°7' 29.0" W	606 m
Monteiro	Temperatura	82792	INMET	7°53'40.0"S	37°7' 29.0" W	606 m
São João do Cariri	Pluviométrica	736012	ANA	7°24'0.0" S	36°31'59.8"W	445 m
São João do Cariri	Pluviométrica	Ebsjc	Bacia Escola	7°22'45,1"S	36°31'47,2"W	468 m
São João do Cariri	Temperatura	Ebsjc	Bacia Escola	7°22'45,1"S	36°31'47,2"W	468 m

Fonte: Elaboração própria, 2022.

De posse das informações, foram feitos o tratamento dos dados diários para mensais e anuais, esses procedimentos foram realizados na planilha do Excel, onde foi posto os informes dos dados de precipitação e temperatura.

A base primária dos dados coletados, apresentaram uma porcentagem de quantidade de falhas tanto em relação a precipitação como em temperatura (Tabela 2). Os anos que tiveram falhas consistiram principalmente no período entre 1980 a 1994. Becker *et al.* (2011) informa que, a falta de dados durante este período foi ocasionada devido à crise na rede Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, esta era responsável pelo monitoramento e manutenção da rede pluviométrica no Nordeste, com a crise houve uma diminuição do número de postos pluviométricos em operação, como também ocorreram indisponibilidade de dados coletados por falta de recurso para fazer o tratamento e consistência.

Tabela 2 – Porcentagem de falhas dos dados de precipitação e temperatura.

PORCENTAGEM DE FALHAS			
MONTEIRO		SÃO JOÃO DO CARIRI	
Precipitação (mm)	Temperatura °C	Precipitação (mm)	Temperatura °C
20,20%	27,70%	11,88%	42,08%

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Devido à falta de informações disponíveis pelas instituições e com o propósito de trabalhar com a série de dados completos na pesquisa, foi aplicado a metodologia de estimativas de dados, proposto por Xavier, King e Scanlon (2016), esta metodologia estima dados de precipitação e temperatura de 1980 a metade do ano de 2017.

O método da estimativa dos dados de Xavier, King e Scanlon (2016), tem como propósito fornecer à comunidade científica dados meteorológicos mais acessíveis. Mediante a isto, os autores criaram um conjunto de dados em grades diárias contendo as seguintes variáveis: precipitação, evapotranspiração, temperatura máxima e mínima, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento, essas informações resultam da interpolação de dados usando o método de ponderação a distância inversa e submetidos a avaliação cruzada. A base de dados utilizadas pelos autores para interpolação foram adquiridas através de várias estações presentes no Brasil.

Os dados estimados são contínuos no espaço e no tempo em todo Brasil, dispostos em uma grade regular de 0,25 x 0,25 (XAVIER; KING; SCANLON, 2017). O desempenho dos dados depende tanto da quantidade de dados como também da época, geralmente o desempenho das interpolações são melhores nos últimos anos devido ao aumento das estações meteorológicas.

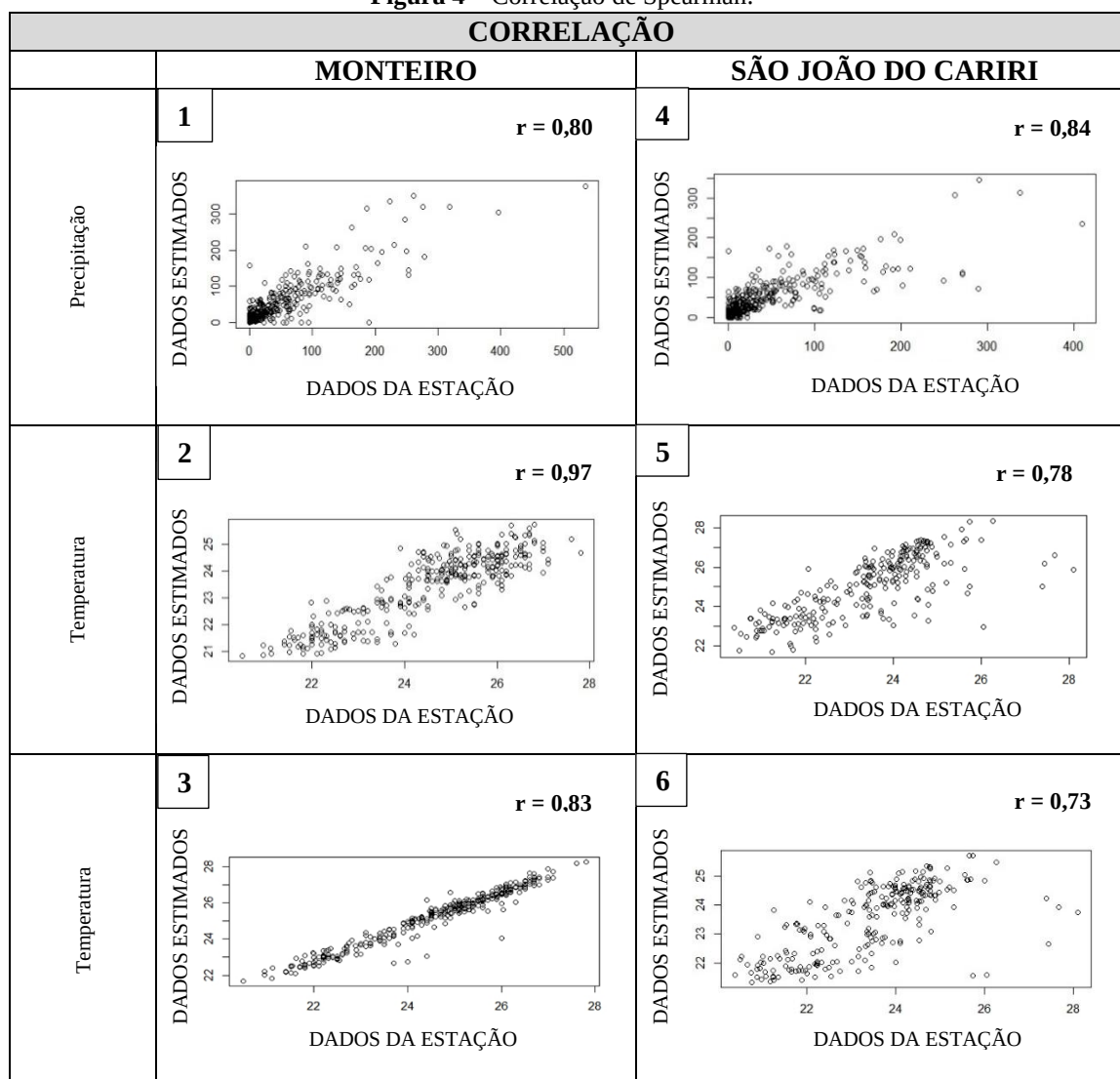
Os dados estimados de precipitação e temperatura por meio da metodologia de interpolação, utilizados nesta pesquisa foram adquiridos de forma gratuita no site: <https://utexas.box.com/Xavier-et-al-IJOC-DATA>. Para maiores detalhes da metodologia consultar: Xavier, King e Scanlon (2016) e Xavier, King e Scanlon (2017).

Com o intuito de terminar de preencher as falhas de 8 meses (agosto a dezembro de 2017/janeiro a março de 2018) do município de São do Cariri e um mês (agosto de 2017) do município de Monteiro, também foi aplicada a metodologia Estima_T, (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006), essa por sua vez estima dados de temperatura de 1950 a 2019.

A princípio para escolher qual dessas metodologias seria a melhor para aplicar a esse trabalho, foi realizado o teste de correlação de Spearman, para os 40 anos, este teste foi aplicado, em razão dos dados não apresentarem uma normalidade, visto que os dados que possui normalidade têm sua curva em formato de sino.

Concordando com Silvestre (2016), fica evidente que os dados de precipitação e temperatura nem sempre apresentam normalidade, isso ocorre em relação a presença dos eventos extremos. A seguir tem-se a representação dos resultados do Teste de Correlação (Figura 4).

Figura 4 – Correlação de Spearman.



Nota: 1 = dados de precipitação estimado pela metodologia de Xavier, King e Scanlon (2016), 2 = dados de temperatura estimado pela metodologia de Xavier, King e Scanlon (2016), 3 = dados de temperatura estimado pela metodologia do Estima_T, 4 = dados de precipitação estimado pela metodologia de Xavier, King e Scanlon (2016), 5 = dados de temperatura estimado pela metodologia de Xavier, King e Scanlon (2016), 6 = dados de temperatura estimado pela metodologia do Estima_T. Fonte: Elaboração própria, 2021.

Os resultados apontaram correlação de precipitação para o município de Monteiro através da metodologia de Xavier, King e Scanlon (2016), equivalente a 0,80 e temperatura de 0,97. Em relação ao município de São João do Cariri, este exibiu correlação de precipitação de 0,84 e temperatura de 0,78. Já a metodologia do Estima_T indicou para Monteiro a correlação de temperatura equivalente a 0,83 e para São João do Cariri equivalente a 0,73.

Com base nos resultados da correlação decidiu-se trabalhar preferencialmente com as estimativas de temperatura propostas por Xavier, King e Scanlon (2016), pois essa expôs resultados melhores.

4.3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

4.3.1 Teste de Correlação Spearman

A Correlação Spearman é um teste não paramétrico desenvolvido por Spearman (1904). A estatística do teste mede a intensidade da relação entre as variáveis ordinais (postos). Para Teixeira-Gandra *et al.* (2014), o teste é considerado robusto, extremamente eficiente e aplicado na verificação da estacionariedade de séries.

Conforme Silvestre (2016), a realização do cálculo da Correlação Spearman, é baseada nas ordens (postos ou ranks) de cada uma das variáveis ordenadas individualmente, $R(X_i)$ é a ordem de X_i na variável X ordenada em ordem crescente, onde o menor valor de X recebe a ordem (ou posto) 1, e assim continuamente, até que o maior valor receba o posto n . O mesmo deve ser feito para Y separadamente, e $R(Y_i)$ representa o posto de Y_i para os dados de Y ordenados. Se não ocorrer empates, a estatística do Teste de Correlação de Spearman é dada por Triola (2005):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Sendo $d = R(X_i) - R(Y_i)$ e n = o número de pares amostrais

Se porventura ocorrer empates, a realização da estatística da Correlação de Spearman é feita por meio da seguinte equação Triola (2005):

$$r_s = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

A realização do teste de correlação Spearman, para a presente pesquisa ocorreu por meio do software R Studio (licença livre), utilizando as variáveis de precipitação e temperatura.

4.3.2 Software Estima_T

O *software Estima_T*, é um modelo desenvolvido em linguagem computacional *Visual Basic*, para ambiente Windows (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA 2006). Com a finalidade de fazer estimativas da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil, através de funções quadráticas para as temperaturas médias, máximas e mínimas da região em função dos valores das coordenadas de latitude, longitude e altitude da localidade que se deseja estimar. A equação da função quadrática é representada da seguinte forma:

$$T_{ij} = a_0 + a_1\lambda + a_2\phi + a_3h + a_4\lambda^2 + a_5\phi^2 + a_6h^2 + a_7\lambda\phi + a_8\lambda h + a_9\phi h + ATSM_{ij}$$

No qual (T_{ij}) corresponde a temperatura do ar que deseja encontrar, os elementos $a_0.....a_9$ representa os coeficientes de regressão, em contrapartida os de λ e longitude, os de ϕ , é a latitude, em graus, h é a elevação de cada estação meteorológica analisada. Os índices i e j indicam, respectivamente, o mês e o ano para o qual se está calculando a temperatura do ar (T_{ij}). Em relação às Anomalias de Temperaturas da Superfície do Mar ($ATSM_{ij}$) assume valores positivos ou negativos decorrentes do comportamento das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006). O *Software_T*, encontra-se disponível no site³ do Departamento de Ciência Atmosférica, de forma gratuita.

4.3.3 Box-Plot

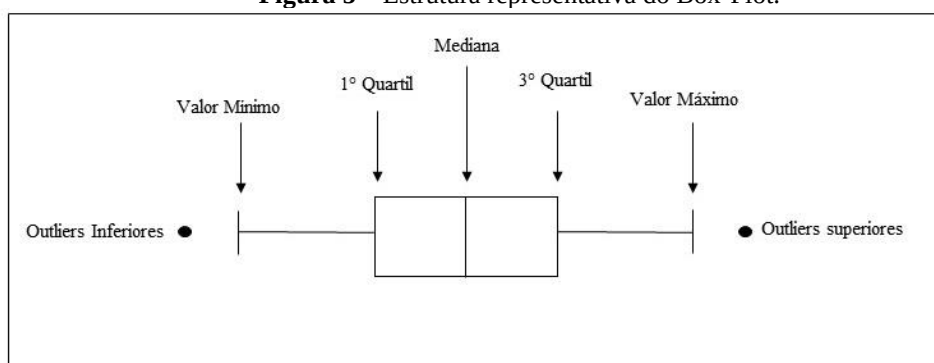
Para detectar e monitorar a variabilidade mensal ao longo dos meses para o período de 40 anos, foi utilizada a análise estatística descritiva e a metodologia-técnica do *Box-Plot*, também conhecida como gráfico de caixa (GALVANI; LUCHIARI, 2004). Trata-se de uma técnica estatística que permite fazer análise temporal, utilizando de dados mensais a fim de representar a realidade.

A elaboração do *Box-Plot* é realizada mediante a aplicação dos valores máximos e mínimos ligados por uma caixa construída de valores referentes aos 1º Quartil, 3º Quartil e mediana (Figura 5). O valor máximo se destaca em virtude do seu alto valor de

³ Link do site do *Software_T*: <http://www.dca.ufcg.edu.br/download/estimat.htm>

magnitude, e o valor mínimo é o menor valor encontrado na série. A mediana, por sua vez, trata-se da posição central dos dados no qual podem estar distribuídos de forma crescente ou decrescente. Quando os elementos da amostra são organizados, a mediana é o valor, que divide ao meio, isto é, 50% dos elementos da amostra são menores ou iguais à mediana, e os outros 50% da amostra são representados pelas duas linhas que saem das extremidades da caixa, sendo 25% a esquerda do 1º Quartil e 25% a direita do 3º Quartil. (SENA, 2017; REIS; REIS, 2002).

Figura 5 – Estrutura representativa do Box-Plot.



Fonte: Adaptado de TRIOLA (2005).

Cada uma das linhas é traçada, a partir das extremidades da caixa, até que encontre o valor máximo (linha superior) ou mínimo (linha inferior) ou atinja o comprimento máximo de 1,5 vezes a largura da caixa, quando essa última condição ocorre os valores são considerados *outliers* (valores discrepantes) pelo critério do *Box-Plot* (REIS; REIS, 2002).

Para a realização da técnica do *Box-Plot* nesta pesquisa, foram utilizados dados mensais das variáveis de precipitação e temperatura dos dois municípios, os procedimentos foram realizados com o auxílio do *Software R Studio*. Mediante o processamento gerou-se os gráficos estatísticos contendo o conjunto de dados e alguns parâmetros descritivos como a média, mediana, o 1º e o 3º Quartil que representam respectivamente, valores referentes a 25% e 75% da amostra, os valores mínimos/máximos e eventuais *outliers* que representam os eventos extremos.

4.3.4 Estimativa das tendências

A tendência climática é uma mudança no clima, caracterizada por um suave acréscimo ou decréscimo nos valores médios no período de registro. Essas mudanças podem estar relacionadas a diversos fatores de origem antrópica, como o desmatamento

e urbanização acelerada, ou naturais como o fenômeno El Niño (BACK, 2001; SALVIANO; GROPPPO; PELLEGRINO, 2016).

Sendo assim, para identificar a presença de tendência climáticas na área de estudo, foi utilizado como parâmetros a precipitação, temperatura, através do teste estatístico de Mann-Kendall, Sen's e Pettitt, e os parâmetros dos índices hídrico aridez, umidade, por meio do teste Mann-Kendall e Pettitt. A realização dos testes se deu através do *software R Studio*, para as escalas anuais e mensais, correspondendo ao período de 1980 a 2019.

O teste Mann-Kendall, trata-se de um teste não-paramétrico, para identificar tendência em séries de dados ambientais, climático e hidrológico, sendo proposto inicialmente por Mann (1945) e posteriormente formulado por Kendall (1975). Este teste tem sido sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (WMO) para avaliar tendências em séries temporais de dados ambientais, pois apresentam maior robustez quanto aos desvios de normalidade e não-estacionaridade dos dados da série histórica (BLAIN, 2011).

O teste de Sen's Slope corresponde a um teste não-paramétrico, utilizado para se calcular a magnitude das tendências da curvatura de Sen's. Este teste foi proposto inicialmente por Sen (1968) sendo aprimorado por Hirsch *et al.* (1984), para a computação.

Com relação ao teste Pettitt (1979), trata-se de um teste estatístico não-paramétrico utilizado para identificar o único ponto de descontinuidade em séries hidrológicas e climáticas com dados contínuos. Ele testa H_0 : O T variáveis que seguem uma ou mais distribuições que têm o mesmo parâmetro de localização (não mudança), contra a alternativa que existe o ponto de mudança (POHLERT, 2015).

4.3.4.1 Estatística de Mann-Kendall

Sena (2013) traz que, o teste de Mann-Kendall consiste em comparar cada valor da série temporal com os valores restantes, respeitando sempre uma ordem sequencial. Assim é contado o número de vezes em que os termos restantes são maiores que os valores analisados. A variável estatística S, para uma série de n dados do teste de Mann-Kendall é calculada a partir do somatório de toda contagem presente na seguinte forma:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sng}(x_j - x_k)$$

Onde os $\text{sng}(x)$ é obtido por:

$$\text{Sng}(x) = \begin{cases} 1; & \text{se } x_j > x_i \\ 0; & \text{se } x_j = x_i \\ -1; & \text{se } x_j < x_i \end{cases}$$

Kendall (1975), informou que S é normalmente distribuída com a média $E(S)$ e a variância $\text{Var}(S)$, para uma situação, no qual pode haver valores iguais de x , são calculados pela seguinte expressão:

$$E(S) = 0$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18}$$

Sendo: p o número dos grupos empatados em conjunto de dados e t_j é o número de pontos de dados no j -ésimo grupo empatado. Em seguida foi estimado o Índice Z de acordo com o sinal do S , este foi calculado pela seguinte equação:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & \text{se } S > 0 \\ 0; & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

Com o resultado Z , verifica-se se há uma tendência estatisticamente significativa, esta é usada para tomar a decisão de aceitar ou rejeitar a hipóteses de nulidade de H_0 . Para as análises de tendência, quando Z apresenta um valor positivo indica uma tendência crescente e quando Z apresenta um valor negativo apresenta indica uma tendência decrescente.

O nível de significância α adotado para este teste correspondeu $\alpha = 0,05 = 5\%$, se a probabilidade de p presente no teste for menor que o nível α , $p < \alpha$, uma tendência estatisticamente significativa existe, enquanto se p for maior que o nível de α , $p > \alpha$, confirma uma tendência insignificante.

Para maiores detalhes da metodologia é aconselhável consultar Mann (1945), Kendall (1975) e Pohlert (2015).

4.3.4.2 Sen's Slope

O teste de Sen's Slope é insensível a valores discordantes, outliers e dados ausentes, sendo mais rigoroso do que a curvatura da regressão linear, provendo uma medida mais real das tendências em séries temporais (ALCÂNTARA *et al.*, 2019). Para a realização do cálculo de Sen's Slope, computam-se todos os pares dos valores apresentados na série $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, conforme a equação a seguir (FERRARI; VECCHIA; COLABONE, 2012):

$$S_e = \frac{X_j - X_i}{j - i}$$

No qual S_e corresponde o valor estimado da inclinação Sen's, ou seja, o acréscimo ou decréscimo em função do tempo dado pela equação $f(t) = S_e t + B$, onde B é a constante.

4.3.4.3 Teste de Pettitt

O teste de Pettitt (PETTITT, 1979), consiste em avaliar se duas amostras, $Y_1, \dots, Y_t$ e $Y_{t+1}, \dots, Y_T$, pertencem à mesma população. A vista disso, a estatística $U_{t,T}$ realizará uma contagem do número de vezes em que o valor da primeira amostra é maior do que o valor da segunda, permitindo assim detectar possíveis mudanças na série estudada. Esta estatística é representada através da seguinte equação (FERREIRA; PENNEREIRO; FONTOLAN, 2015):

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{sgn}(y_i - y_j) \text{ para } t = 2, \dots, T$$

A estatística de $U_{t,T}$ é considerada para os valores $1 < t < T$, sendo a estatística $k(t)$ do teste fornece o máximo valor absoluto de $U_{t,T}$, mediante a equação (PETTITT, 1979):

$$k_T = \max_{1 < i < T} |U_{t,T}|$$

A estatística K_T , localiza o ponto em que ocorreu a mudança brusca na série temporal, sua significância pode ser calculada por meio da seguinte equação:

$$p \simeq 2 \exp\{-6k_t^2/(T^3 + T^2)\}$$

Maiores detalhes da metodologia, são encontrados em Pettitt (1979) e Pohlert (2015).

4.3.5 Balanço Hídrico

Com o propósito de analisar a disponibilidade hídrica presente nos solos dos dois municípios, aplicou-se o método do Balanço Hídrico, proposto por Thornthwaite e Mather (1955), sendo este classificado como um sistema contábil de monitoramento de água no solo associado a variáveis meteorológicas que é admitida pelo tipo de vegetação/cultura presente (SARAIVA *et al.*, 2018).

O Balanço Hídrico pode ser computado em escala de tempo diária, semanal ou mensal, podendo ser utilizado para resolver diversos problemas, como o controle do intervalo de irrigação, planejamento dos recursos hídricos, previsão de rendimento de cultura, classificação climática, entre outros (SILVA; BRITO; OLIVEIRA, 2016). Nesta pesquisa o Balanço Hídrico foi computado em uma escala de tempo anual sendo realizado ano a ano e por décadas, durante o período compreendido entre 1980 a 2019 (40 anos).

Para operacionalização do cálculo do Balanço Hídrico, foi utilizada a planilha eletrônica de Medeiros (2019) no *software* Excel. Os parâmetros iniciais utilizados para obtenção dos resultados na planilha foram os dados de precipitação média mensal em milímetros - mm (Pr), temperatura média mensal em graus Celsius - °C (T), latitude do local (Lat) e a Capacidade Máxima de Água Disponível (CAD). A partir dessas informações, pode-se calcular a evapotranspiração potencial, a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico, e o total de água retida no solo em cada período.

O cálculo do Balanço Hídrico pelo Método de Thornthwaite e Mather (1955) difere do método de Thornthwaite (1948), por possuir uma coluna Negativa Acumulada (Nac.), em que se aponta o valor acumulado de (P-ETP) quando este é negativo, o valor desta coluna permite calcular o armazenamento (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980).

Desta maneira Silva, Brito e Oliveira (2016) relatam que, as variáveis negativas acumuladas (Nac.) e armazenamento de água no solo (As) são calculadas simultaneamente para facilitar o fechamento do balanço. Os primeiros cálculos, para

Balanço Hídrico Sequencial com intervalo de tempo mensal, são iniciados pelo último mês do período chuvoso, ou seja, o último mês em que a precipitação (Pr) é superior a evapotranspiração potencial (ETp). Espera-se que nesse mês, denotado por j, o solo esteja plenamente abastecido de água, isto é:

$$(Nac)_j = 0$$

$$(ARM)_j = \text{lâmina de máximo armazenamento de água (Ca)}$$

A lâmina de máximo armazenamento de água (Ca), necessária para o balanço foi obtida como sendo igual capacidade máxima de retenção de água disponível pelo (CAD), conforme também foi utilizada no trabalho de (PAULA, 2011). O CAD pode ser definido como sendo a diferença entre a quantidade de água existente no solo na Capacidade de Campo (CC) e a existente no Ponto de Murcha Permanente (PMP), que representa a quantidade de água máxima retida em um determinado solo disponível para as plantas ou evaporação.

Para este estudo foi utilizado o CAD igual a 100, visto que esse valor é bastante utilizado em pesquisas realizadas na região do Nordeste brasileiro (MEDEIROS *et al.*, 2015; SCHMIDT; LIMA; JESUS, 2018; SILVA; MARTINS; BORGES, 2019)

4.3.5.1 Armazenamento de água no solo

A máxima capacidade de água retida no solo, pode ser avaliada de forma empírica, por meio dos aspectos de textura do solo e a espessura de cada horizonte. Entretanto, a perda dessa água presente no solo, ocorre a partir do primeiro mês que acontece a Nac. A água que está contida no solo é uma função da Nac e da máxima capacidade de água disponível, sendo expressa pela seguinte equação (PAULA, 2011):

$$(Nac)_{j+1} = (Nac)_j + (Pr - ETP)_{j+1}$$

$$(ARM)_{j+1} = CAD * \exp (Nac)_{j+1} / CAD)$$

4.3.5.2 Evapotranspiração Potencial

A evapotranspiração potencial (ETP) presente no Balanço Hídrico, corresponde ao processo de perda de água para atmosfera, através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica para atender às necessidades da evaporação do solo e da

transpiração (CAMARGO; CAMARGO, 2000). O cálculo da ETP foi executado pelo método de Thornthwaite (1948), este baseia-se na relação de dependência da evapotranspiração potencial em função da temperatura do ar verificado a cada mês, dada por:

$$ETP = 16 \left(\frac{10.Ti}{I} \right)^a \quad Ti > 0^\circ\text{C}$$

Sendo Ti = Temperatura média do

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2Ti)^{1,514}$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,7912 \times 10^{-2} I + 0,49239$$

4.3.5.3 Evapotranspiração Real

A evapotranspiração real (ETR), trata-se da perda de água de uma superfície natural, em qualquer condição de umidade e de cobertura vegetal (CAMARGO; CAMARGO, 2000). A ETR é obtida da seguinte forma (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980):

- A partir do primeiro mês em que houve água potencial perdida, ou seja, em que $Pr - ETP < 0$, tem-se:

$$ETR = Pr + |ATL|$$

- Sendo: ATL - Alteração da umidade do solo, na planilha o valor deste se dar através da seguinte equação:

$$ATL = AMZ_i - ARM_{j-1}$$

- A partir do mês em que se reinicia a reposição da água no solo ($Pr - ETP < 0$) tem-se:

$$ETR = ETP$$

4.3.5.4 Excedente Hídrico

O parâmetro do excedente hídrico (EXC), corresponde a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, à medida que o solo atinge a capacidade máxima de retenção de água, a fórmula de representação desta é a seguinte (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980):

$$EXC = (P - ETP) - ATL) \text{ Para } ARM = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Em } ARM < 100 \text{ mm o } EXC = 0$$

4.3.5.5 Deficiência hídrica

A deficiência hídrica (DEF), refere-se o período de quando a saída de água de um determinado ambiente é maior que a sua retenção, a representação desta fórmula está posta a seguir (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980):

$$DEF = ETP - ETR$$

4.3.5.6 Índices

Com os resultados obtidos no balanço, foi gerado os Índices Hídrico (Ih), Índices aridez (Ia), e Índice de umidade (Iu), a partir das equações a seguir:

$$Ih = 100 \left(\frac{EXC}{ETP} \right)$$

$$Ia = 100 \left(\frac{DEF}{ETP} \right)$$

$$Iu = Ih - 0,6(Ia)$$

Esses índices foram essenciais, para posteriormente fazer a Classificação do Tipo de Clima Anual-TCA, a fim de analisar a evolução da TCA ao longo dos anos. A classificação foi determinada por meio das chaves de classificação de Thornthwaite e Mather (1955), citada por Ometto (1981). A primeira chave corresponde a equação do Índice de umidade do solo, essa chave, por sua vez, foi classificada em nove tipos climáticos expressa no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Primeira chave da classificação climática segundo Thornthwaite e Mather, baseado nos índices de umidade.

Tipos Climáticos	Índice de Umidade (Iu)
A - Super-úmido	$Iu \geq 100$
B4 - Úmido	$80 \leq Iu < 100$
B3 - Úmido	$60 \leq Iu < 80$
B2 - Úmido	$40 \leq Iu < 60$
B1 - Úmido	$20 \leq Iu < 40$
C2 - Sub-úmido	$00 \leq Iu < 20$
C1 - Sub-úmido seco	$-33,33 \leq Iu < 00$
D - Semi-árido	$-66,7 \leq Iu < -33,33$
E - Árido	$-100 \leq Iu < -66,7$

Fonte: Ometto (1981).

De acordo Thornthwaite e Mather (1955), o índice de umidade abrange períodos úmidos a secos durante todo o ano em sua condição climática, se caso acontecer uma situação em que a deficiência hídrica não ultrapassa 60% dos excedentes hídricos no período úmido, conseqüentemente não haverá uma seca, ou seja, o Iu nessa situação será igual a zero.

A segunda chave de classificação (Quadro 2), é referente aos subtipos climáticos a partir dos índices hídrico e de aridez. Essa pode ser representada por uma letra minúscula com ou sem algarismo subscrito.

Quadro 2 - Segunda chave da classificação climática segundo Thornthwaite e Mather, baseado nos índices de aridez e umidade.

Clima úmidos (A, B4, B1 e C2)	Índice de Aridez (IA)	Climas secos C1, D e E	Índice hídrico (Ih)
r - sem deficiência de água	0 – 16,7	d - sem excesso de água	0 – 10
s - moderada deficiência no verão	16,7 – 33,33	s - moderado excesso de inverno	10 – 20
w - moderada deficiência no inverno	16,7 – 33,33	w - moderado excesso de verão	10 – 20
s2 - grande deficiência no verão	>33,33	s2 - largo excesso de inverno	>20
w2 - grande deficiência no inverno	>33,33	w2 - largo excesso de verão	>20

Fonte: Ometto (1981).

A terceira chave de classificação (Quadro 3), refere-se aos tipos subtipos climáticos segundo a ETP em função da temperatura e do comprimento do dia. Essa é indicada por uma letra minúscula com apóstrofo e, com ou sem um algoritmo subscrito.

Quadro 3 - Terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite e Mather, baseado no índice térmico (ETo anual).

Símbolo	Tipo Climático	Valores da ETp (mm)
A'	megatérmico	≥ 1.140
B'4	Mesotérmico	997 – 1.140
B'3	Mesotérmico	855 – 997
B'2	Mesotérmico	712 – 855
B'1	Mesotérmico	570 – 712
C'2	Microtérmico	427 – 570
C'1	Microtérmico	285 – 427
D'	Tundra	142 – 285
E'	gelo perpétuo	< 142

Fonte: Ometto (1981).

A quarta chave de Classificação (Quadro 4), corresponde aos subtipos climáticos através da Concentração de ETP no verão. Sendo indicada por uma letra minúscula com apóstrofo e, com ou sem um algoritmo subscrito.

Quadro 4 - Quarta chave de classificação climática segundo Thornthwaite e Mather, baseado na relação entre a ETP de verão (ETPv) e anual (ETP).

Símbolo	Concentração de ETp no verão (%)
a'	<48
b'4	48 – 51,9
b'3	51,9 – 56,3
b'2	56,3 – 61,6
b'1	61,6 – 68,0
c'2	68,0 – 76,3
c'1	76,3 – 88,00
d'	>88,00

Fonte: Ometto (1981).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 VARIABILIDADE DOS ELEMENTOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA

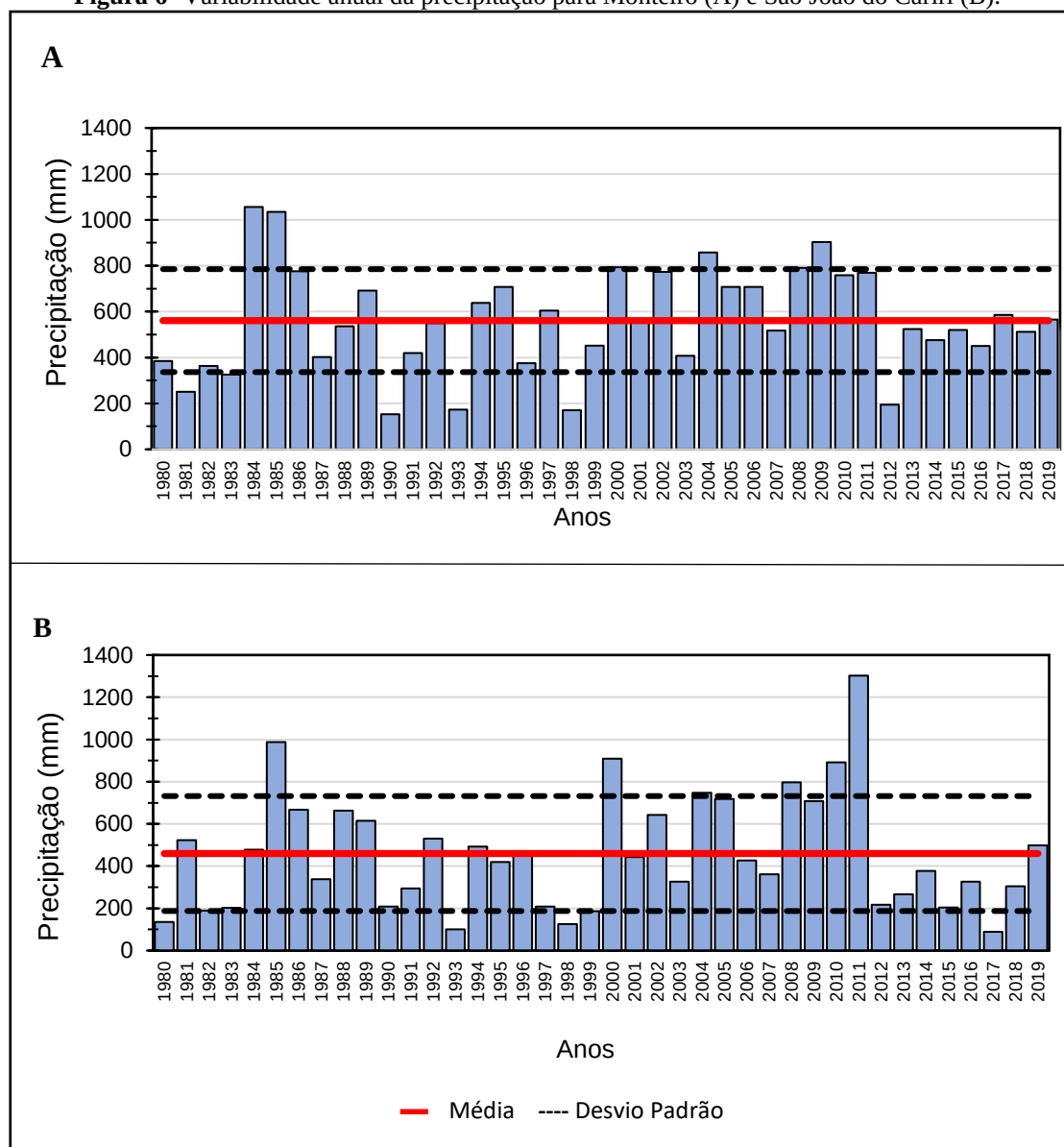
A descrição exposta a seguir refere-se a análise da precipitação e temperatura dos municípios de Monteiro e São João do Cariri, correspondendo aos dados da série temporal de 40 anos (1980 a 2019).

5.1.1 Precipitação

A precipitação para os dois municípios apresentou, ao longo dos 40 anos analisados, uma alta variabilidade como visto na Figura 6, registrando uma precipitação média para Monteiro de 560,80 mm e para São João do Cariri de 459,68 mm. Verificando os anos com precipitação extremas, a partir do desvio padrão da série, foi constatado que apresentam grande irregularidade, e, que em termos quantitativos, como esperado, ocorreram apenas 6 anos apresentando eventos extremos acima e abaixo do desvio padrão, totalizando uma porcentagem de 85% dos anos para Monteiro e em São João do Cariri ocorreu 6 anos apresentando eventos extremos acima e 5 anos abaixo, esses corresponderam respectivamente a 85% e 87,5% dos anos.

Para Monteiro os anos com precipitação acima do desvio padrão positivo (785,13 mm), apresentaram um aumento maior que 41% do esperado, são eles: 1984 (1056,50 mm), 1985 (1034,60 mm), 2000 (793,10 mm) 2004 (857,3 mm), 2008 (790,70 mm) e 2009 (903,13 mm), destacando-se os anos de 1984 e 1985 em que a precipitação superou 84% da média (Figura 6). De acordo com alguns autores, Araújo *et al.* (2009); Lucena *et al.* (2019); Sena *et al.* (2014), esses anos apresentaram melhores condições pluviométricas em virtude da atuação La Niña, uma vez que, esse fenômeno possibilitou com que a precipitação ocorresse acima da média.

Já para São João do Cariri os eventos extremos positivos foram acima de 747,20 mm do esperado, desses eventos ressalta-se o ano de 2011, no qual correspondeu a 183,44% em relação à média. Da mesma forma que o município de Monteiro, o que contribuiu para o aumento da precipitação em São João do Cariri no ano de 2011, foi a forte atuação do fenômeno La Niña, no qual, favoreceu a região para que não sofresse escassez hídrica (SENA; MORAES NETO; LUCENA, 2019).

Figura 6- Variabilidade anual da precipitação para Monteiro (A) e São João do Cariri (B).

Nota: As linhas vermelhas correspondem à média e as linhas tracejadas correspondem ao desvio padrão.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Com isso, percebe-se que, mesmo os dois municípios estando próximos geograficamente, seus comportamentos pluviométricos foram distintos, ocorrendo semelhanças apenas nos anos de 1985 e 2000, destes anos o primeiro possui condições pluviométricas melhores em relação ao segundo. Essa mesma condição foi apontada por Sena *et al.* (2014), onde evidenciam que o ano de 1985 apresentou precipitação maior do que o ano de 2000, sendo considerado um ano extremamente chuvoso.

Quanto aos valores abaixo do desvio padrão negativo, esses também se comportaram em anos diferentes: de 1981 (250,03 mm), 1983 (325,8 mm), 1990 (152,93 mm), 1993 (173,15 mm), 1998 (170,30 mm) e 2012 (194,10 mm) para Monteiro e 1980

(136,20 mm), 1982 (189,40 mm), 1993 (101,21 mm), 1998 (124,90 mm) 1999 (186,50 mm), 2017 (89,00 mm) para São João do Cariri. A redução de mais de 40% do esperado, geraram impactos significativos na região, que já sofre com problemas hídricos. Entretanto, vale ressaltar que é interessante observar como se comportou essa redução no decorrer do ano.

De acordo com Macedo *et al.* (2010), a seca ocorrida em 1983 para o município de Monteiro, apresentou uma maior duração mesmo sob a atuação do fenômeno La Niña, as características de seca possivelmente tiveram origem devido a orografia do município, pois o município é circundado por serras, dificultando assim a atuação de sistemas transientes.

Conforme Buriti e Barbosa (2018), os períodos de secas presentes na região semiárida no ano de 1982 foi classificado com uma condição anormal de seca, para os anos de 1980, 1983, 1990, 1992, 1993, 1998, esses foram considerados anos de secas severas, e o ano de 2012 foi classificado como ano de seca extrema. Ainda de acordo com Buriti e Barbosa (2018), a seca extrema de 2012 pode ter sido causada principalmente por padrões anômalos das temperaturas superficiais dos oceanos Pacífico e Atlântico. Essa mesma condição também foi evidenciada nos estudos de Brito *et al.* (2020), no qual os autores apontaram que a intensificação da seca em 2012 estava relacionada ao oceano Atlântico norte anormalmente quente, o que favoreceu uma posição anormal ao norte da ZCIT, causando assim uma diminuição em chuvas.

Dos anos de secas que se mostraram similares para as duas localidades estudadas, destaca-se os anos 1993 e 1998. Segundo Moraes Neto, Barbosa e Araújo (2007), a redução da precipitação provocada nos anos de 1993 e 1998 na Região do Cariri foram decorrentes ao megaevento do El Niño, a atuação desse evento severo ocasionou várias consequências para a região, como a queda de produção em quase todos os setores produtivo da agropecuária.

De acordo com Sena, Moraes Neto e Lucena (2019), o resultado da seca de 1998 desestabilizou a economia local da Região do Cariri, sendo observado a migração de famílias da zona rural para a zona urbana, além disto na zona rural, significativas parcelas dos rebanhos morreram de fome e sede, sendo decretado estado de calamidade pública em todos os municípios. Para solucionar os impactos da seca de 1998, foram aplicadas (pelo poder público) medidas paliativas como: distribuição de cestas básicas, abertura de frentes de trabalho e carros-pipa tiveram de abastecer com água as comunidades rurais e urbanas (SOUSA, 2007).

No entanto, essas medidas aplicadas por parte do poder público possuem um caráter emergencial, após o período de seca, a população se vê obrigada a voltar ao cultivo da terra, utilizando os poucos ou quase nenhum recurso, uma vez que permanecem em uma situação de descapitalização e numa interminável luta em busca da sobrevivência, em razão não somente da vulnerabilidade natural ou da maior ou menor adequação das atividades produtivas às condições climáticas, mas, tão quanto um conjunto de fatores econômicos e sociais embutidos que diz respeito à distribuição espacial no interior do Semiárido, das diferentes atividades, das distintas possibilidades de acesso à água, aos processos produtivos mais adequados (ALENCAR; BARBOSA; SOUSA, 2007),

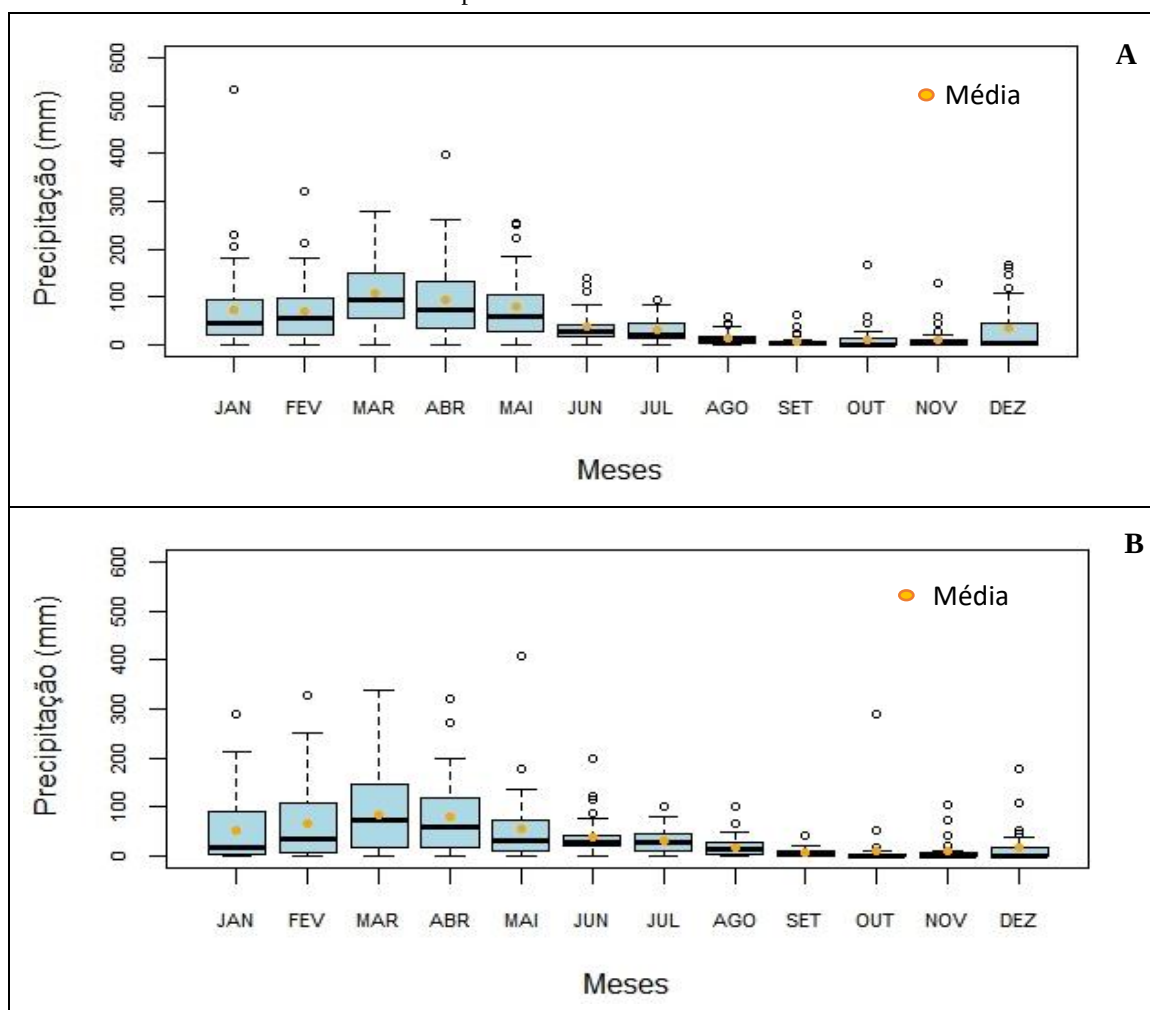
A última seca enfrentada na região no período de 2012 a 2017, comprovou o quanto as pessoas estão despreparadas para enfrentar as consequências decorrentes da seca, durante este período ocorreu grandes quedas na produção de todos os tipos de lavouras temporárias, incluindo grãos (milho, feijão), tubérculos (mandioca), como também redução dos rebanhos. A sequência desta seca demonstrou que, uma reflexão mais profunda deve ser feita, dado que a fragilidade não é só na infraestrutura, mas, sobretudo, na gestão de curto, médio e longo prazo, bem como na necessidade de se repensar o desenvolvimento econômico de regiões já frágeis ambientalmente (MARTINS; MAGALHÃES, 2015; MARTINS; MAGALHÃES; FONTENELE, 2017).

Com o objetivo de compreender o comportamento da precipitação dos municípios ao longo de cada mês durante 40 anos, foi aplicado o método do Box-Plot. Por meio deste pode-se observar a variabilidade e os valores atípicos presentes nos municípios.

O comportamento da precipitação mensal presente na Figura 7 – A e B demonstrou, que os maiores valores de precipitação variam de fevereiro a abril, para as duas localidades, que corresponde ao trimestre chuvoso para a região do Cariri Paraibano, seguindo a classificação de Silva *et al.* (2012). Dentre esses meses, o que apresenta o maior volume de chuva é o mês de março, e também a maior variabilidade apresentando uma amplitude média de chuva 107,90 mm para Monteiro (Figura 7 - A) e 83,64 mm para São João do Cariri (Figura 7 - B).

Já os menores volumes encontram-se entre os meses de junho a novembro, correspondendo aos meses que com menores variabilidades, confirmando o encontrado por outros autores (BECKER *et al.*, 2011; SENA; MORAES NETO; LUCENA, 2019), o período seco para a região. Salienta-se nesses meses que, na média, os valores não ultrapassam 289,90 mm.

Figura 7- Variabilidade mensal da precipitação para Monteiro (A) e São João do Cariri (B) entre o período 1980 a 2019.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Em relação aos meses atípicos, ou seja, com *outliers*, é constatado na Figura 7 - A e B, apenas extremos positivos, e, que estes ocorrem como esperado, já que são extremos, esporadicamente, ou seja, correspondem a 93,12% para Monteiro e 94,58% para São João do Cariri (salientando-se que no total foram trabalhados 480 meses). Ademais, pode ser verificado os volumes de cada um desses eventos a partir da Tabela 3, percebe-se que a maioria deles ocorreram no período seco (agosto, setembro e outubro) e pré-chuvoso (novembro, dezembro e janeiro), sendo respectivamente 97,71% para os dois trimestres de Monteiro e para São João do Cariri 98,13% e 98,75%. Dessa forma, chama a atenção aos eventos extremos que não estão relacionados apenas a altos valores pluviométricos, mas também aos valores que muito se sobressaem ao que é esperado para cada mês.

Tabela 3- Eventos extremos da precipitação mensal para Monteiro e São João do Cariri - PB.

MÊS	MONTEIRO			
JANEIRO	229,80 (2002)	534,20 (2004)	204,30 (2011)	-
FEVEREIRO	318,90 (1985)	211,20 (2007)	-	-
MARÇO	-	-	-	-
ABRIL	395,90 (1984)	-	-	-
MAIO	252,60 (1984)	253,30 (2006)	249,90 (2008)	223,20 (2009)
JUNHO	112,60 (2001)	123,60 (2005)	138,70 (2010)	-
JULHO	94,00 (2017)	-	-	-
AGOSTO	58,00 (1984)	43,10 (1997)	42,40 (2008)	60,00 (2009)
SETEMBRO	36,60 (1982)	24,08 (1992)	62,20 (2000)	21,00 (2001)
OUTUBRO	59,60 (1984)	45,00 (2001)	166,70 (2010)	-
NOVEMBRO	127,00 (1995)	27,00 (1999)	44,80 (2011)	58,60 (2018)
DEZEMBRO	159,00 (1997)	167,60 (2010)	118,10 (2013)	145,40 (2015)
	SÃO JOÃO DO CARIRI			
JANEIRO	290,80 (2004)	-	-	-
FEVEREIRO	397,98 (1985)	-	-	-
MARÇO	-	-	-	-
ABRIL	320,95 (1985)	271,30 (1988)	271,50 (2008)	-
MAIO	176,10 (2009)	409,60 (2011)	-	-
JUNHO	86,40 (2001)	122,00 (2005)	196,80 (2006)	115,80 (2010)
JULHO	100,90 (2004)	-	-	-
AGOSTO	99,44 (2003)	67,00 (2009)	-	-
SETEMBRO	40,40 (1992)	-	-	-
OUTUBRO	51,70 (2001)	289,80 (2010)	17,00 (2014)	-
NOVEMBRO	73,00 (1995)	20,40 (1996)	39,60 (2013)	105,00 (2014)
DEZEMBRO	178,80 (1989)	50,00 (2000)	108,50 (2005)	45,40 (2013)

Fonte: Elaboração própria, 2021.

O evento com maior volume mensal de chuva em Monteiro ocorreu em janeiro de 2004, possuindo um total pluviométrico de 534,20 mm. Esse resultado também foi apontado no estudo de Araújo, Moraes Neto e Sousa (2009), em que o índice de anomalia de chuva mensal do ano de 2004 para o município de Monteiro, apresentou-se bastante chuvoso nos meses de janeiro e fevereiro.

Já para São João do Cariri o maior volume mensal foi no mês de maio de 2011, com um total pluviométrico de 409,60 mm. Essa situação corrobora com o estudo de Medeiros *et al.* (2014), no qual os autores apontam, a ocorrência de eventos extremos positivos no ano de 2011, evidenciando também o mês de maio fazendo parte do quadrimestre mais chuvoso da região.

De acordo com os estudos de Silva *et al.* (2018), os anos de 2004 e 2011 para a Região do Cariri foram considerados anos extremamente úmidos, os resultados destes

períodos mais chuvosos podem ocasionar enchentes nas cidades por falta de infraestrutura, prejuízo na agricultura dentre outras peculiaridades.

Segundo Sérgio *et al.* (2018), no ano de 2004, a Região do Cariri Paraibano sofreu maior incidência de desastres de ordem hidro-meteorológica, mais precisamente chuvas e enxurradas, sendo estes responsáveis por afetar 19.744 pessoas. O mesmo fenômeno ocorreu novamente no ano de 2011, conforme os autores, durante esse ano ocorreu na região três enchentes, uma enxurrada e uma estiagem, no entanto nenhuma pessoa foi afetada.

No que tange a média da precipitação referente aos trimestres (Tabela 4), esses apontam que durante o trimestre chuvoso, seco e pré-chuvoso o município de Monteiro continha respectivamente uma média 272,03 mm; 30,17 mm e 115,24 mm. Enquanto que para São João do Cariri essas correspondiam uma média 230 mm; 34,61 mm e 72,57 mm. Como a localidade em estudo está inserida na região Semiárida, já era de se esperar que em todos os meses sempre tem algum ano contendo 0,00 mm, em ambos os municípios.

Tabela 4- Estatística descritiva da precipitação média anual e mensal para Monteiro e São João do Cariri -PB.

Mensal/ Anual	MONTEIRO			SÃO JOÃO DO CARIRI		
	Média (mm)	MÍN	MÁX	Média (mm)	MÍN	MÁX
Janeiro	72,18	0,00	534,20	49,86	0,00	290,80
Fevereiro	70,60	0,00	318,90	66,80	0,00	327,98
Março	107,92	0,00	278,20	83,64	0,00	338,40
Abril	93,51	0,00	395,90	79,56	0,00	320,95
Maio	78,28	0,00	253,30	53,34	0,00	409,60
Junho	35,95	0,00	138,70	39,07	0,00	196,80
Julho	29,97	0,00	94,00	28,96	0,00	100,90
Agosto	13,76	0,00	60,00	18,06	0,00	99,40
Setembro	5,54	0,00	62,20	6,22	0,00	40,40
Outubro	10,87	0,00	166,70	10,33	0,00	289,80
Novembro	10,58	0,00	127,00	7,76	0,00	105,00
Dezembro	32,48	0,00	167,60	14,95	0,00	178,80
Anual	561,64	152,93	1056,50	458,55	89	1302,90

Nota: MÍN= Mínima; MÁX= Máxima. Fonte: Elaboração própria, 2021.

Em síntese, mesmo as localidades em análise estarem geograficamente bem próximas, distante apenas cerca de 55,8 km (em linha reta), e dentro da mesma região (pluviometricamente homogênea) – Cariri Paraibano, elas apresentam características particulares, em que Monteiro possui uma melhor condição hídrica em relação a São João

do Cariri, todavia apresentam os mesmos períodos chuvosos e secos e, em geral, o mesmo comportamento.

Para os autores Alves, Azevedo e Farias (2015), a diferença da precipitação dos dois municípios está atrelada a forma do relevo, posto que o município de Monteiro tem cotas altimétricas mais elevada do que São João do Cariri, que está em uma região interplanáltica, e recebe menos umidade. Entretanto, ressalta-se que não é somente o relevo que justifica a diferença nos índices pluviométricos dos dois municípios, pois sistemas atmosféricos de atuações locais podem contribuir para a formação de chuvas.

5.1.2. Temperatura

Assim como foi observado no tópico sobre a precipitação, a temperatura para os dois municípios também apresentou uma variabilidade, com amplitude térmica em torno de 22,75/26,14 °C, registrando uma média praticamente igual, Monteiro de 24,38 °C e para São João do Cariri de 24,28 °C. Em escala anual, por meio do desvio padrão (Figura 8 - A e B), foi observado a presença de eventos extremos para as localidades, sendo para o município de Monteiro observado a presença de 6 anos apresentando eventos extremos acima e abaixo do desvio padrão, a ocorrência desses extremos corresponderam a respectivamente a 85% dos anos. Já para São João do Cariri, foram observados 8 anos contendo eventos extremos acima do desvio padrão e 7 anos abaixo esses equivalem a 80% e 82,5% de todos os anos em análise.

Dos anos analisados para Monteiro, 5 anos apresentaram temperatura considerada extrema ultrapassando 24,92 °C (foram eles 1998, 2003, 2015, 2016 e 2019) todos eles ocorreram entre as décadas de 1990 a 2010, essa situação também foi encontrada nos estudos de Silva, Sousa e Silva (2015), nos quais os autores identificaram que a temperatura de Monteiro durante a década de 2010, apresentou os maiores aumentos na temperatura para o estado da Paraíba. Este aquecimento é causado principalmente pelo aumento da radiação solar na superfície devido a menor coberturas de nuvens (MEDEIROS; OLIVEIRA E TORRES, 2020).

O IPCC (2021) evidencia que, as temperaturas durante a década mais recente (2011-2020) excederam os períodos quentes de vários séculos mais recentes, cerca de 6.500 anos atrás (0,2 °C a 1 °C em relação a 1850-1900) de confiança média. Um dos principais motivos para o aumento dessa alteração climática está atrelada às ações

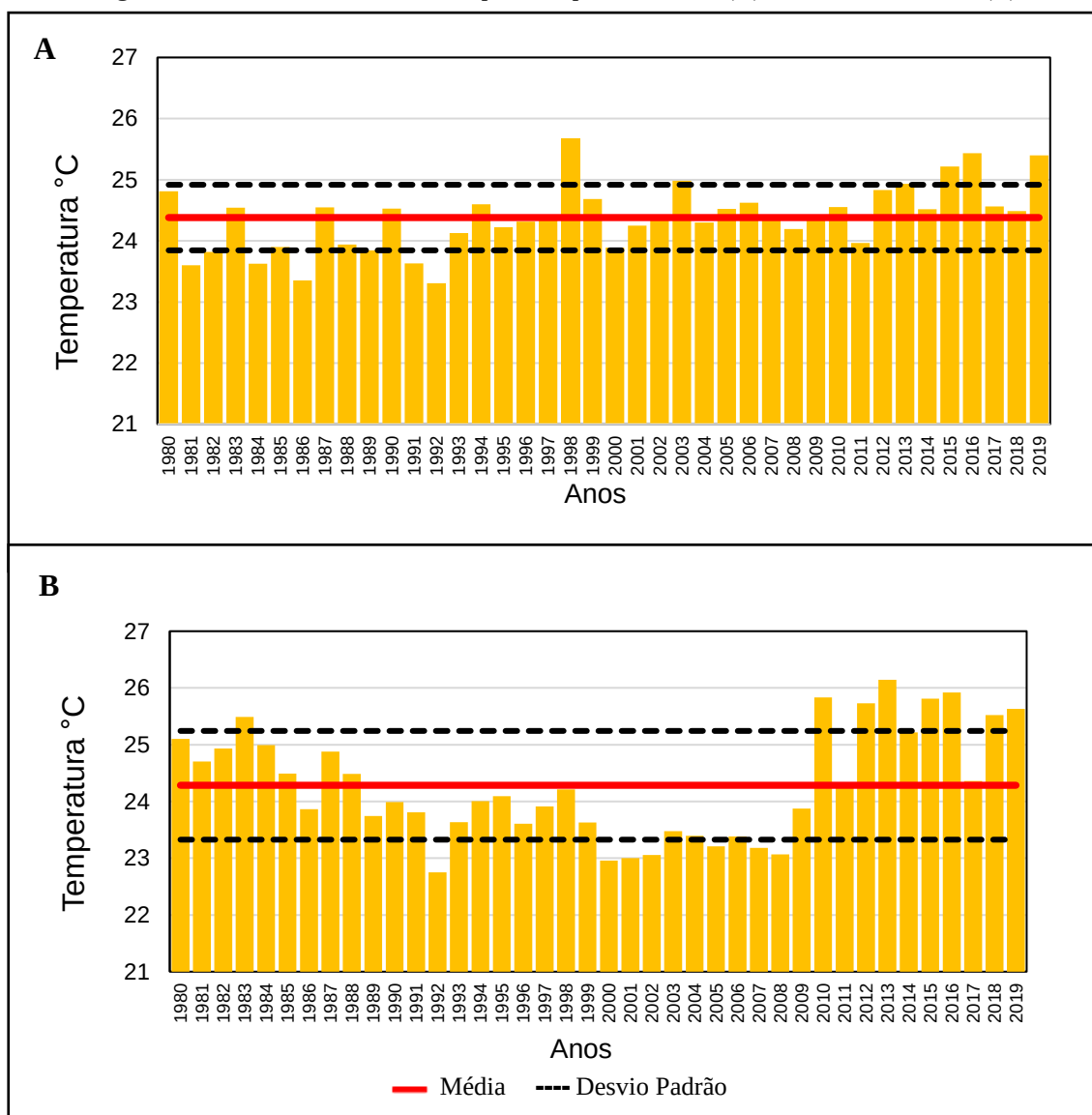
antrópicas, já que atividades como: o uso inadequado do solo, desmatamento e queimadas têm o efeito de impactar/alterar o ambiente.

Com relação aos anos atípicos com temperatura mais frias (abaixo do desvio padrão negativo), ficaram restritos ao início do período em estudo, 6 anos com temperaturas médias anuais variando de 23,31 a 23,82 °C.

Saboya *et al.* (2021) explicam que, a variabilidade da temperatura mínima do ar do município de Monteiro, decorre do sistema sinótico atuante na época do período chuvoso e do período seco, como também dos impactos no meio ambiente, e, estas variabilidades, podem estar relacionadas com os fatores provocadores e/ou inibidores dos índices pluviométricos inter-regionais.

Já para o município de São João do Cariri, verificou-se um evento extremo de temperatura acima do desvio padrão no ano de 1983, com temperatura de 25,24 °C e todos os outros anos discrepantes encontram-se na última década (2010-2020). A seca ocorrida em 1983 corresponde ao último ano de seca de 5 anos que atingiu a região Nordeste, essa seca foi considerada a mais prolongada e abrangente da História do Nordeste no século XX (FARIAS, 2018). No entanto vale lembrar que a seca ocorrida na década de 2010 foi ainda mais drástica do que a primeira de 1983. Para Marengo (2016), a seca que se intensificou em 2012 e se ampliou em 2015 é considerada a mais grave das últimas décadas.

Chama-se atenção para a década de 2010, em que todos os anos, a temperatura foi acima da média para o período e vem após uma década de temperaturas praticamente abaixo da média (Figura 8 - B), anos como 1992, 2000, 2001 e 2003, 2005, 2007 e 2008 que apresentaram os menores valores de temperatura média anual.

Figura 8- Variabilidade anual da temperatura para Monteiro (A) e São João do Cariri (B).

Nota: As linhas vermelhas correspondem à média e as linhas tracejadas correspondem ao desvio padrão.
 Fonte: Elaboração própria, 2021.

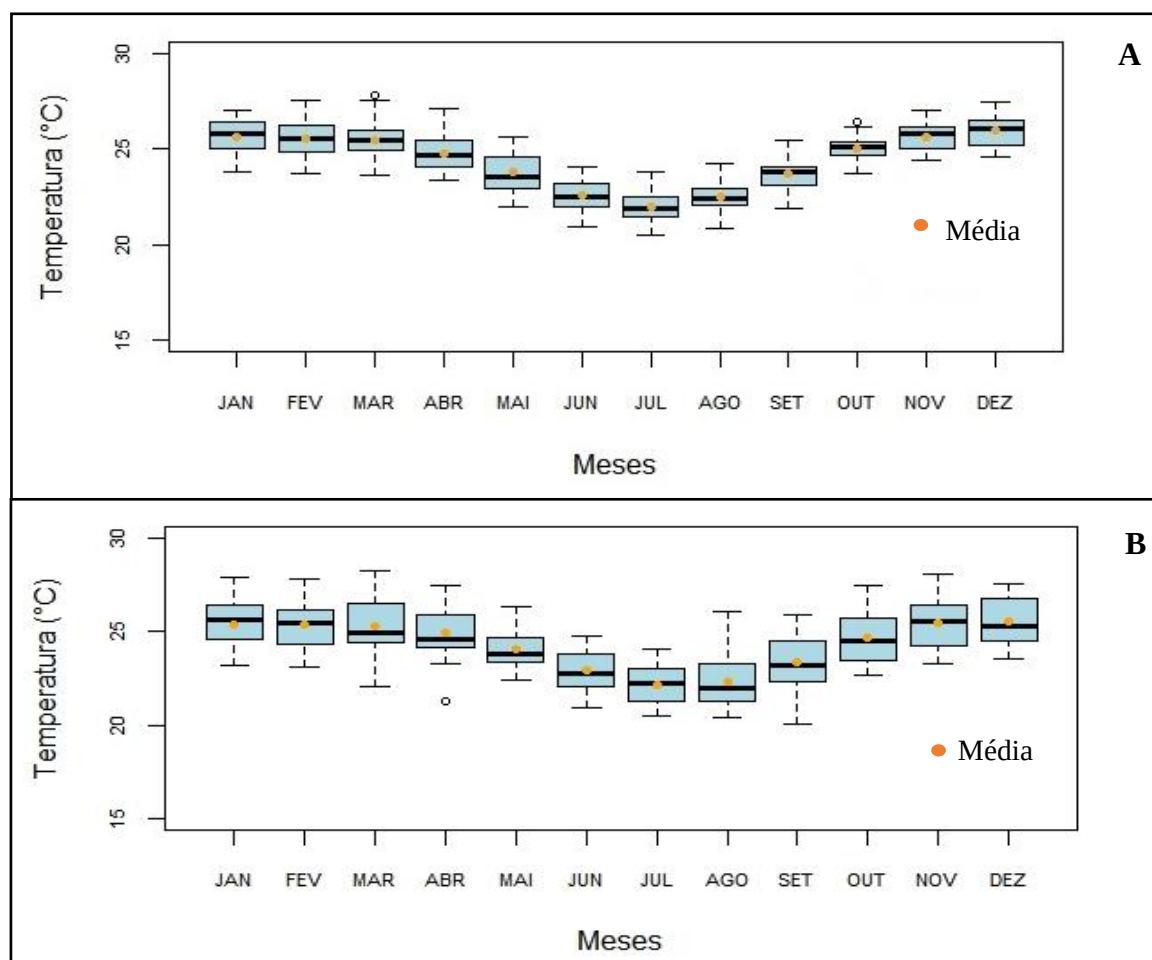
Ao analisar o comportamento da temperatura de cada mês por meio da técnica do Box-Plot, observou-se que os municípios de Monteiro e São João do Cariri apresentam o mesmo comportamento de temperatura, no qual os meses frios variam de junho a agosto e os meses mais quente variam de setembro a maio (Figura 9 - A e B).

Desses meses explicita-se o mês de dezembro, sendo o que obteve o maior total de temperatura para ambos os municípios, possuindo uma média de 25,95 °C para Monteiro, enquanto para São João do Cariri essa média foi 25,59 °C. Já o mês contendo o menor total de temperatura para os dois municípios foi o de julho, no qual para Monteiro esse mês obteve uma média 21,96 °C, e em contrapartida São João do Cariri obteve uma média 22,11 °C (Figura 9 - A e B).

Esses valores estão inclusos dentro do intervalo desejável para o cultivo das principais culturas da região, já que essas culturas apresentam um bom desenvolvimento fisiológico em temperaturas entre 18 a 34 °C, temperaturas abaixo ou acima desta faixa podem prejudicar o desenvolvimento das plantas (MEDEIROS *et al.*, 2015; MATOS; SILVA; MEDEIROS, 2014).

O mesmo comportamento da temperatura foi visto no trabalho de Araújo *et al.* (2005), os autores ao analisarem a temperatura de São João do Cariri constataram que os maiores valores ocorreram nos meses que apresentam menor pluviosidade, sendo o maior valor médio identificado no mês de dezembro e o menor sendo constatado no mês de julho.

Figura 9- Variabilidade mensal da temperatura para Monteiro (A) e São João do Cariri (B) entre o período 1980 a 2019.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Dos 480 meses analisados para ambos os municípios, somente 2 meses do município de Monteiro apresentaram valores atípicos (outliers), esses corresponderam a 99,58% do período úmido e seco. Já o município de São João do Cariri apresentou apenas

1 mês (abril) com valor atípico (outliers), correspondendo a 99,79% do período seco (Tabela 5).

Tabela 5- Eventos extremos de temperatura para Monteiro e São João do Cariri-PB.

MONTEIRO	
Mês	Temperatura
Março	27,83 (1998)
Outubro	26,40 (2018)
SÃO JOÃO DO CARIRI	
Mês	Temperatura
Abril	21,25 (1989)

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Quanto aos meses que obtiveram os maiores totais de temperatura (Tabela 6) destaca-se outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril para os dois municípios, sendo o total o maior total médio desses meses para Monteiro acima de 24,78 °C e em São João do Cariri acima de 24,66 °C. No que se refere aos menores totais de temperatura, esses também foram semelhantes para as duas localidades, estando presentes nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro, possuindo respectivamente os valores médios abaixo de 23,77 °C e 24,06 °C.

Na Tabela 6, também visualiza-se que os valores mínimos de temperatura ao longo dos meses, variaram de 20,49 °C a 24, 59 °C e os valores máximos de 23,80 °C a 27,83 °C para Monteiro, ao passo que, para São João do Cariri esses comportamentos diferem variando de 20,08 °C a 23,52 °C nos valores mínimos e nos valores máximos de 24,09 °C a 28,26 °C. Com relação aos totais anuais mínimo e máximo da temperatura, estes corresponderam para Monteiro e São João do Cariri respectivamente a 23,31 °C/25,67 °C e 22,75 °C/26,14 °C.

Tabela 6- Estatística descritiva da temperatura média anual e mensal para Monteiro e São João do Cariri-PB.

Mensal/ Anual	MONTEIRO			SÃO JOÃO DO CARIRI		
	Média	MÍN	MÁX	Média	MÍN	MÁX
Janeiro	25,67	23,78	27,00	25,42	23,22	27,89
Fevereiro	25,55	23,73	27,60	25,34	23,13	27,80
Março	25,42	23,60	27,83	25,26	22,06	28,26
Abril	24,78	23,40	27,10	24,93	21,25	27,47
Maio	23,77	21,97	25,60	24,06	22,41	26,34
Junho	22,55	20,93	24,10	22,89	20,88	24,79
Julho	21,96	20,49	23,80	22,11	20,49	24,09
Agosto	22,50	20,81	24,20	22,33	20,37	26,04

(continuação)

Setembro	23,74	21,92	25,50	23,41	20,08	25,88
Outubro	25,04	23,70	26,40	24,66	22,63	27,44
Novembro	25,66	24,38	27,00	25,46	23,30	28,09
Dezembro	25,95	24,59	27,50	25,59	23,52	27,57
Anual	24,38	23,31	25,67	24,29	22,75	26,14

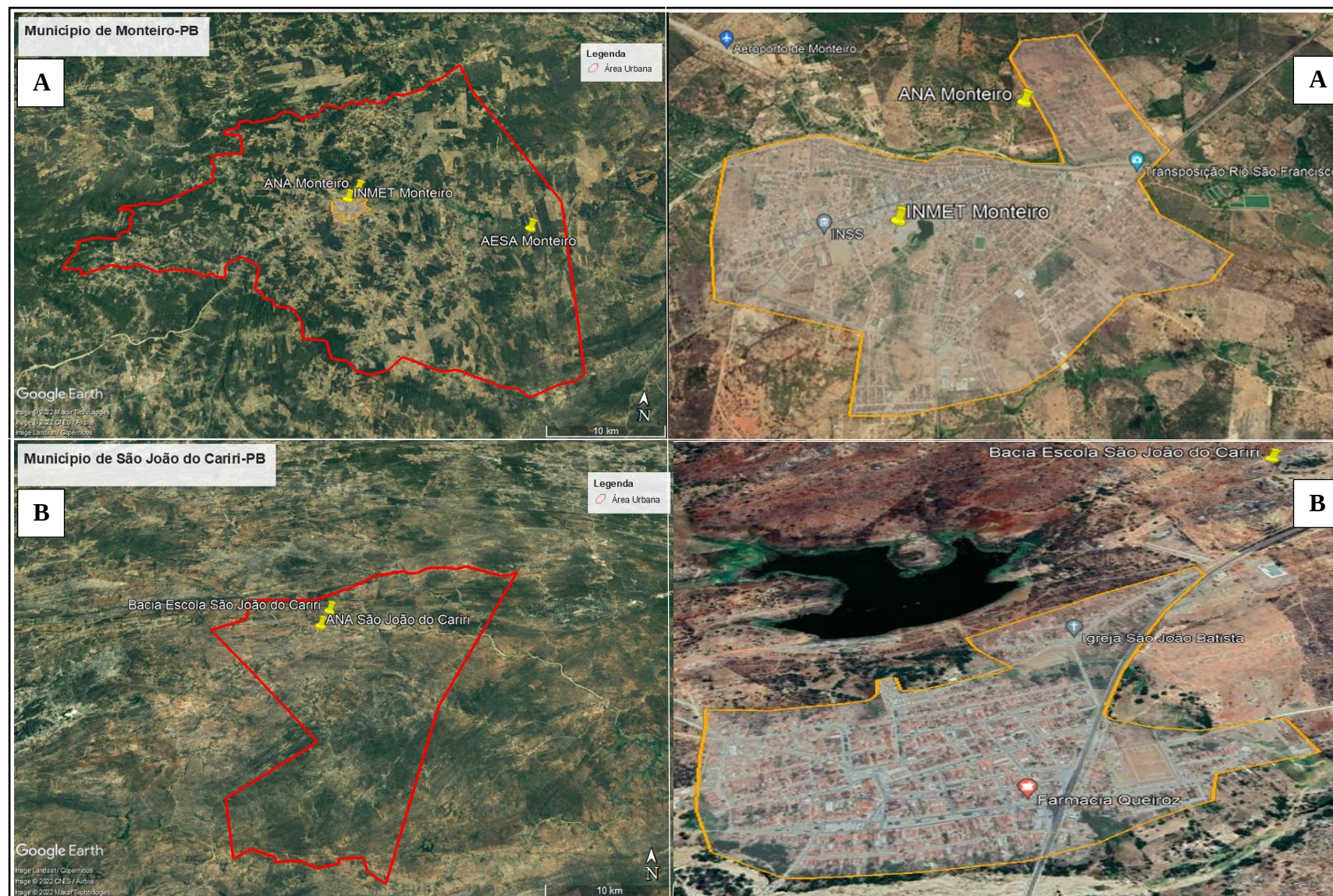
Nota: MÍN= Mínima; MÁX= Máxima. Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tomando como base a média do comportamento de temperatura durante os meses mais frios e os mais quentes, identificou-se que estes obtiveram totais diferentes para cada uma das localidades estudadas. O município de Monteiro em relação a São João do Cariri ao longo dos meses, apresentou temperatura mais elevadas, essa condição pode estar atrelada ao aumento da urbanização, em consequência de que a estação meteorológica do INMET, onde foi coletado os dados da temperatura para Monteiro, se encontra inserida dentro da cidade. Já no município de São João do Cariri a estação meteorológica da Bacia Escola fica distante do centro urbano (Figura 10 - A e B).

Todavia vale ressaltar que, o município de São João do Cariri foi o que apresentou maior variabilidade, um dos motivos que pode estar atrelado a essa condição é a amplitude térmica, em razão de que lugares mais secos possuem uma amplitude mais elevada.

Masiero e Souza (2013) expõem que, a amplitude térmica em climas secos costuma ser elevada em função dos baixos índices de umidade, e quanto maior a quantidade de água na atmosfera, menor será a variação térmica.

Figura 10- Localização das estações meteorológicas dos municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B)



Fonte: Google Earth, 2022.

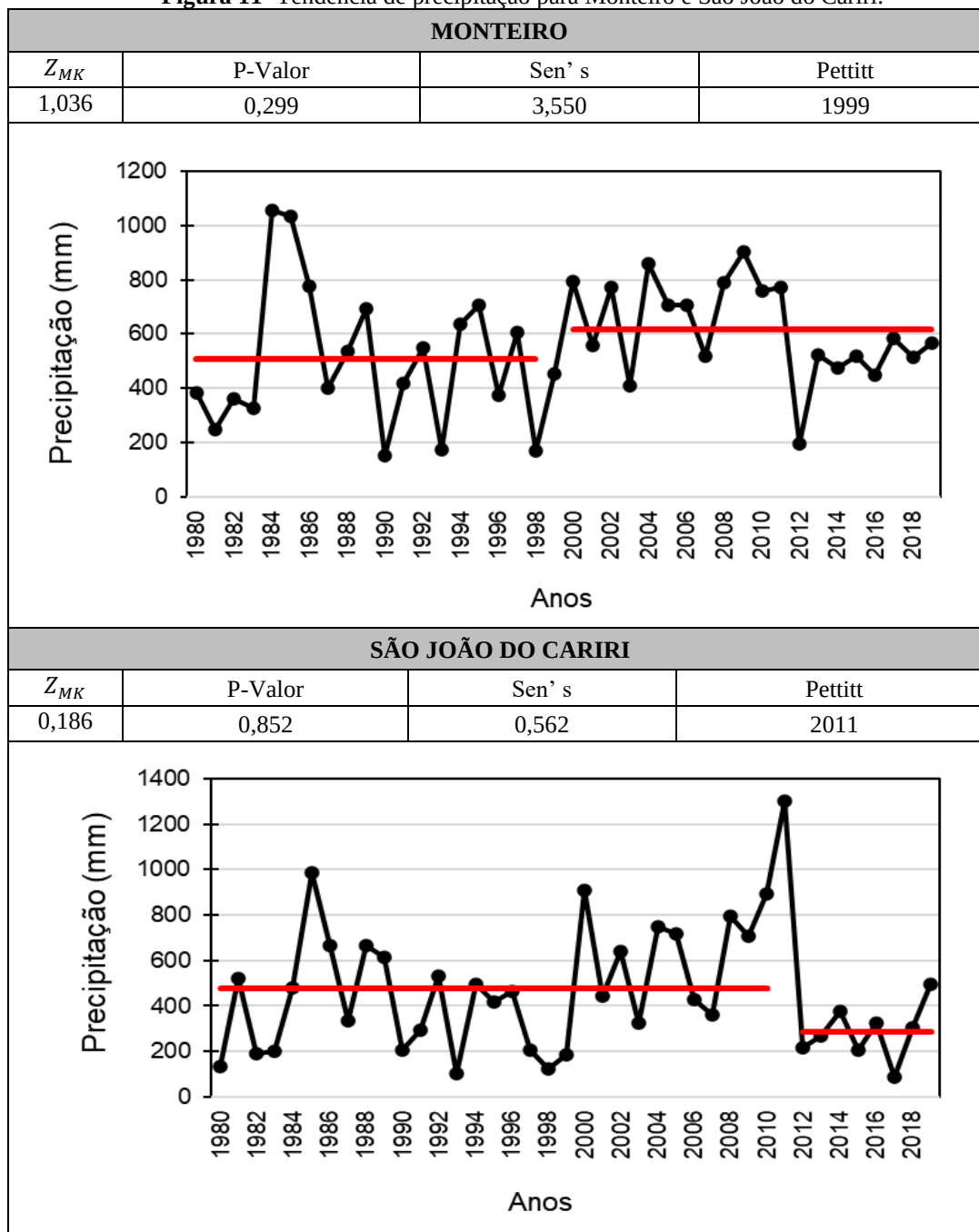
5.2 ANÁLISE DE TENDÊNCIA ANUAL DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA PARA OS MUNICÍPIOS DE MONTEIRO E SÃO JOÃO DO CARIRI

Neste tópico serão apresentados os resultados das análises estatísticas de tendências dos dados de precipitação e temperatura. Para essas análises dos dados foram considerados séries anuais correspondendo a 40 anos (1980-2019).

A aplicação dos testes de Mann Kendall, de Sen's e Pettitt para os dados de precipitação (Figura 11) indicaram para os municípios de Monteiro e São João do Cariri, uma tendência crescente e não significativa, devido o Z_{MK} se mostrar positivo e o p-valor calculado ser superior ao nível de significância α de 5% (0,05). Com base no método da curvatura de Sen's, entende-se que o município de Monteiro possui uma magnitude positiva de 3,6, enquanto que em São João do Cariri corresponde a uma magnitude positiva de 0,6 (Figura 11).

O teste de Pettitt, por sua vez, revelou para os municípios uma mudança brusca na precipitação, no qual para Monteiro essa mudança ocorreu no ano de 1999, enquanto para São João do Cariri aconteceu depois de 12 anos desta, no ano de 2011. Esta mudança no comportamento médio da precipitação dividiu a série em dois períodos para os municípios, no qual em Monteiro o primeiro período foi entre 1980-1998, possuindo uma média de 503,04 mm e passando a ter no segundo período (2000-2019) uma média 618,56 mm. A diferença entre esta divisão na série de precipitação correspondeu a um aumento de 22,96 mm. Durante o período de 1980-1998, o município de Monteiro passou por três eventos extremos de secas, sendo um destes concentrado nos anos de 1980 a 1983; 1990 a 1993 e outro no ano de 1998 (Figura 11).

Já para São João do Cariri, o primeiro período antes dessa mudança se sucedeu no período de 1980-2010, correspondendo a um valor médio de 503,32 mm, depois da mudança, o comportamento médio da precipitação para o segundo período de 2012-2019, passou para 285,12 mm. A diferença entre esta divisão na série de precipitação correspondeu a uma diminuição de 43,35%.

Figura 11- Tendência de precipitação para Monteiro e São João do Cariri.

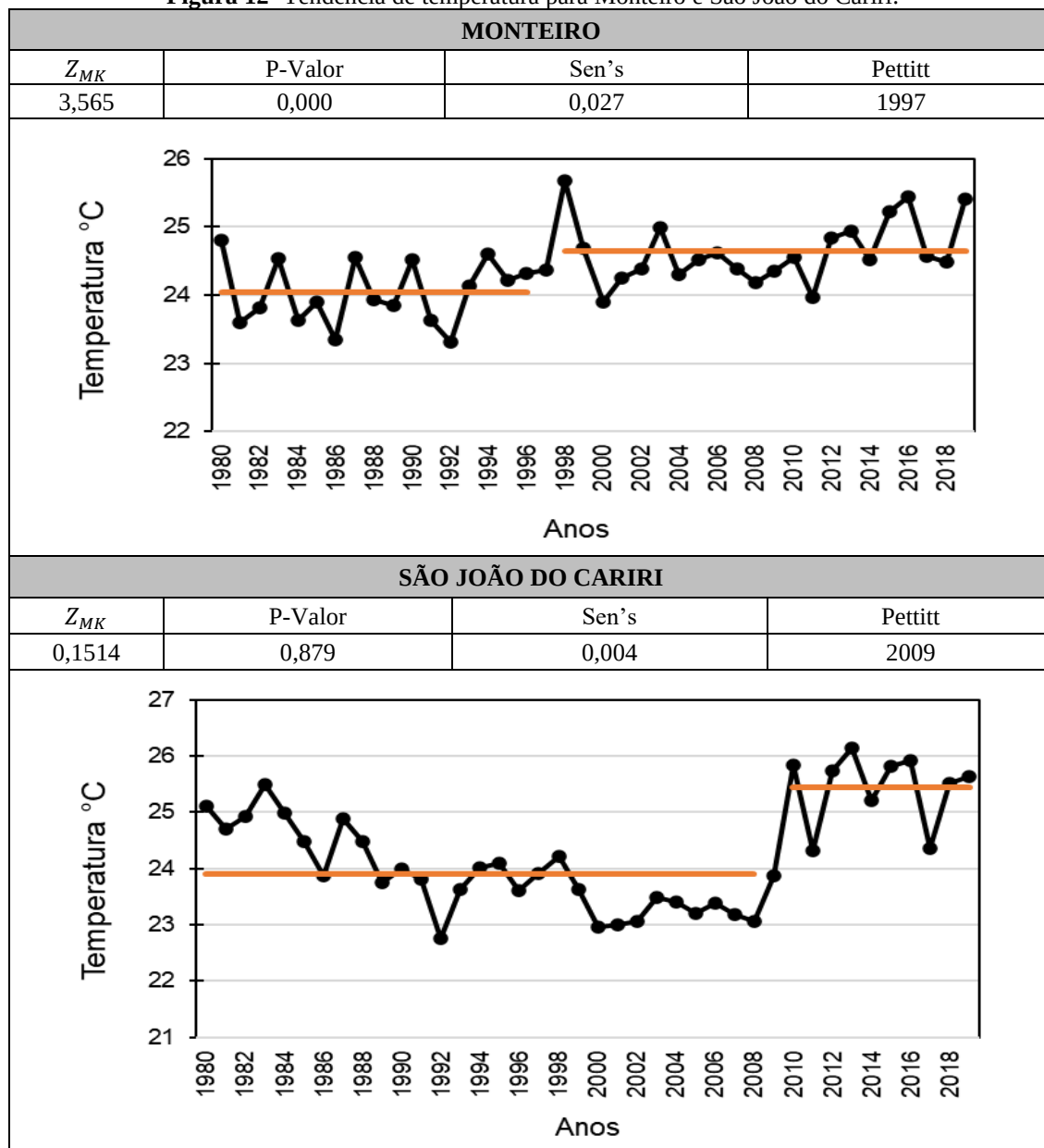
Fonte: Elaboração própria, 2021.

A diferença da ruptura das décadas por meio do teste de Pettitt também foi apontada por Sena e Lucena (2013), o estudo das autoras comprovou uma redução de 10% nos índices de precipitação da Região do Cariri no primeiro período da série (1979-2000), após esse período a partir do ano de 2001 até 2010 ocorreu para a região um aumento de aproximadamente 23%. Durante o primeiro período, na região, foi verificado pelas autoras, o predomínio do evento El Niño configurando e oceano Atlântico as condições são o gradiente meridional da Temperatura da superfície do mar (GRADM)

positivo ou condições neutras, essas condições sobre os dois oceanos não permitiu a formação de chuvas na região.

A Figura 12, apresenta o comportamento da temperatura por meio dos testes de Mann Kendall, de Sen's e Pettitt, esses testes evidenciaram para Monteiro e São João do Cariri a presença de tendência crescente, entretanto só o primeiro município obteve tendência significativa. Por meio da curvatura de Sen's, visualizou-se para Monteiro uma magnitude positiva de 0,027, em contrapartida essa para São João do Cariri correspondeu a 0,004.

Figura 12- Tendência de temperatura para Monteiro e São João do Cariri.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Da mesma maneira que foi o teste de Pettitt para a precipitação, a temperatura também apresentou mudança brusca para os dois municípios. No entanto, essas ocorreram em anos diferentes tanto em comparação a variável precipitação, como na variável temperatura entre as localidades. A mudança brusca de Monteiro aconteceu no ano de 1997, enquanto que para São João do Cariri essa mudança ocorreu no ano de 2009, antes disso o município de Monteiro no período de 1980-1996, detinha uma média de 24,06 °C, passando a ter no segundo período (1998-2019) uma média de 24,64 °C, essa diferença entre a divisão na série de temperatura correspondeu a um aumento de 2,41%, ao passo disso em São João do Cariri, o primeiro período de 1980-2008 detinha uma média de 23,90 °C, passando a possuir no segundo período (2010-2019) uma média de 25,45 °C. A diferença entre essa divisão na série de temperatura correspondeu a um aumento de 6,49%.

Através dos testes de Mann Kendall, Sen's e Pettitt, pode-se constatar que, ao longo dos anos analisados, houve um aumento de precipitação e temperatura para o município de Monteiro. Todavia, destes só a temperatura obteve significância, aumentando ao ano cerca de 0,027 °C. Quanto às mudanças bruscas deste município, essa aconteceu duas vezes, sendo a primeira no ano de 1997 (correspondendo a temperatura), e a segunda no ano de 1999 (correspondendo a precipitação), essas mudanças equivalem respectivamente, ao aumento de 2,41% e 22,96%.

Já o município de São João do Cariri durante o período trabalhado, houve um aumento na precipitação apresentando grande variabilidade durante o período 1980-2011, mas após este período ocorreu uma diminuição nas taxas de precipitação e aumento na temperatura, não tendo significância, essa condição é bastante expressiva nos recursos vegetais do município. Pereira (2008), corrobora relatando que durante o período de 1987 a 1996, ocorreu em São João do Cariri uma drástica redução nas classes de cobertura mais conservadas, vegetação densa e semidensa, as quais representavam 11,4 e 33% da área total do município em 1987, reduzindo-se para 6,2 e 26% respectivamente, em 1996; situação oposta à que ocorreu com as áreas correspondentes à classe, vegetação rala que média 30% e passou a representar 42%, enquanto a classe solo exposto se expandiu de 16,9% para 19,7%, permanecendo numa tendência crescente durante este período.

Semelhante a Monteiro, o município de São João do Cariri revelou mudanças na série, sendo a primeira desta ocorrida em 2009 para a temperatura, e a segunda ocorrida em 2011 para a precipitação. Essas alterações corresponderam ao aumento de 6,49% de temperatura e a diminuição de 43,35% da precipitação.

Os resultados das tendências da temperatura em São João do Cariri, durante a década de 2000, apresentaram uma sequência de anos bem abaixo da média, um dos motivos que pode ter contribuído para essa condição foi a abundância de chuva que ocorreu durante este período. Ainda de acordo com Pereira (2008), durante a década de 2000, o município de São João do Cariri pôde constatar uma recuperação das áreas cobertas com vegetação densa, esse fator aponta uma melhora no total de áreas verde do município, demonstrando assim que a abundância de chuvas pode, a despeito de todas as pressões sobre os recursos vegetacionais, recompor-se num curto espaço de tempo.

5.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIA MENSAL DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO MUNICÍPIOS DE MONTEIRO E SÃO JOÃO DO CARIRI

Os resultados anuais dos testes de tendências não apresentaram uma significância estatística (com exceção da temperatura para Monteiro), apesar disto foi observada um aumento na precipitação e na temperatura, então devido à esta situação para investigar se essas condições de significância só ocorrem em escala mensal, foi aplicado o teste de tendência⁴ para as variáveis de precipitação e temperatura durante todos os meses.

Para realização do procedimento foi aplicado o teste de Mann Kendall e Pettitt para as duas localidades estudadas (Tabela 7), a obtenção destes indicaram para precipitação uma tendência não significativa. No entanto, pode-se observar que ao longo dos meses tem uma variância, onde para Monteiro indicou que os meses janeiro, fevereiro, maio, junho, julho e dezembro possuem uma tendência crescente, já os outros seis meses março, abril, agosto, setembro, outubro e novembro uma tendência decrescente. Dessa mesma forma, foi observado com os dados de precipitação de São João de Cariri, sendo os meses janeiro, abril, maio, junho, julho, outubro e dezembro com uma tendência crescente, enquanto os outros (fevereiro, março, agosto, setembro e novembro) apresentaram tendência decrescente.

Os resultados obtidos corroboram com o estudo de Silva *et al.* (2019), no qual os autores ao analisarem o comportamento pluviométrico do município de Monteiro por meio do teste de Mann Kendall, identificaram que nenhum mês durante a escala temporal de 1963 e 2018, apresentou tendência significativa. Essa ausência de tendência

⁴ As figuras dos testes de tendência mensal realizados para os municípios de Monteiro e São João do Cariri encontram-se nos Apêndices do A ao D.

significativa presente nas séries de precipitações, para os autores, pode ser ocasionada devido à grande variabilidade (SENA; LUCENA, 2013).

O teste de Pettitt, por sua vez, apresentou para os dois municípios, forte presença de rupturas nos anos 1983, 1993, 1998 e 2011. Este último, foi favorecido pela ruptura dos baixos índices de temperatura, devido à grande ocorrência de chuva (ALVES, AZEVEDO; FARIAS, 2015; SILVA *et al.*, 2018).

Tabela 7 – Tendências mensais de precipitação, para os municípios de Monteiro e São João do Cariri.

Meses	MONTEIRO			SÃO JOÃO DO CARIRI		
	$Z_{MK}/$ Significância estatística	P-Valor	Pettitt	$Z_{MK}/$ Significância estatística	P-Valor	Pettitt
Janeiro	1,095 (NS)	0,273	2008	0,758 (NS)	0,448	1999
Fevereiro	0,116 (NS)	0,907	1999	-0,128 (NS)	0,898	2001
Março	-0,081 (NS)	0,935	1983	-0,652 (NS)	0,514	2011
Abril	-0,116 (NS)	0,907	1989	0,815 (NS)	0,414	2004
Maio	1,153 (NS)	0,368	1993	0,442 (NS)	0,657	2011
Junho	0,815 (NS)	0,414	1998	0,069 (NS)	0,944	2013
Julho	0,058 (NS)	0,953	1983	0,664 (NS)	0,506	1983
Agosto	-1,227 (NS)	0,219	1998	-0,303 (NS)	0,761	2011
Setembro	-1,628 (NS)	0,103	1993	-0,366 (NS)	0,713	2004
Outubro	-1,485 (NS)	0,479	1993	0,695 (NS)	0,486	1996
Novembro	-1,287 (NS)	0,197	1995	-0,620 (NS)	0,535	1997
Dezembro	0,634 (NS)	0,525	1997	0,534 (NS)	0,593	1998

Nota: NS: Nenhuma significância estatística. Fonte: Elaboração própria, 2021.

Quanto aos três primeiros anos (1983, 1993 e 1998), obtidos por meio do teste de Pettitt, esses foram considerados na literatura (MACEDO *et al.*, 2010; BURITI; BARBOSA, 2018) como anos de seca severa, apresentando altos índices de temperatura e baixos índices de precipitação.

Os primeiros meses (janeiro a junho) de 1983 foram marcados por pouca ocorrência de chuvas, e, as precipitações que caíram foram de forma esporádica apenas em algumas localidades do Estado da Paraíba, essa situação agravou ainda mais a crítica situação camponesa da Região do Cariri Paraibano (FARIAS, 2018).

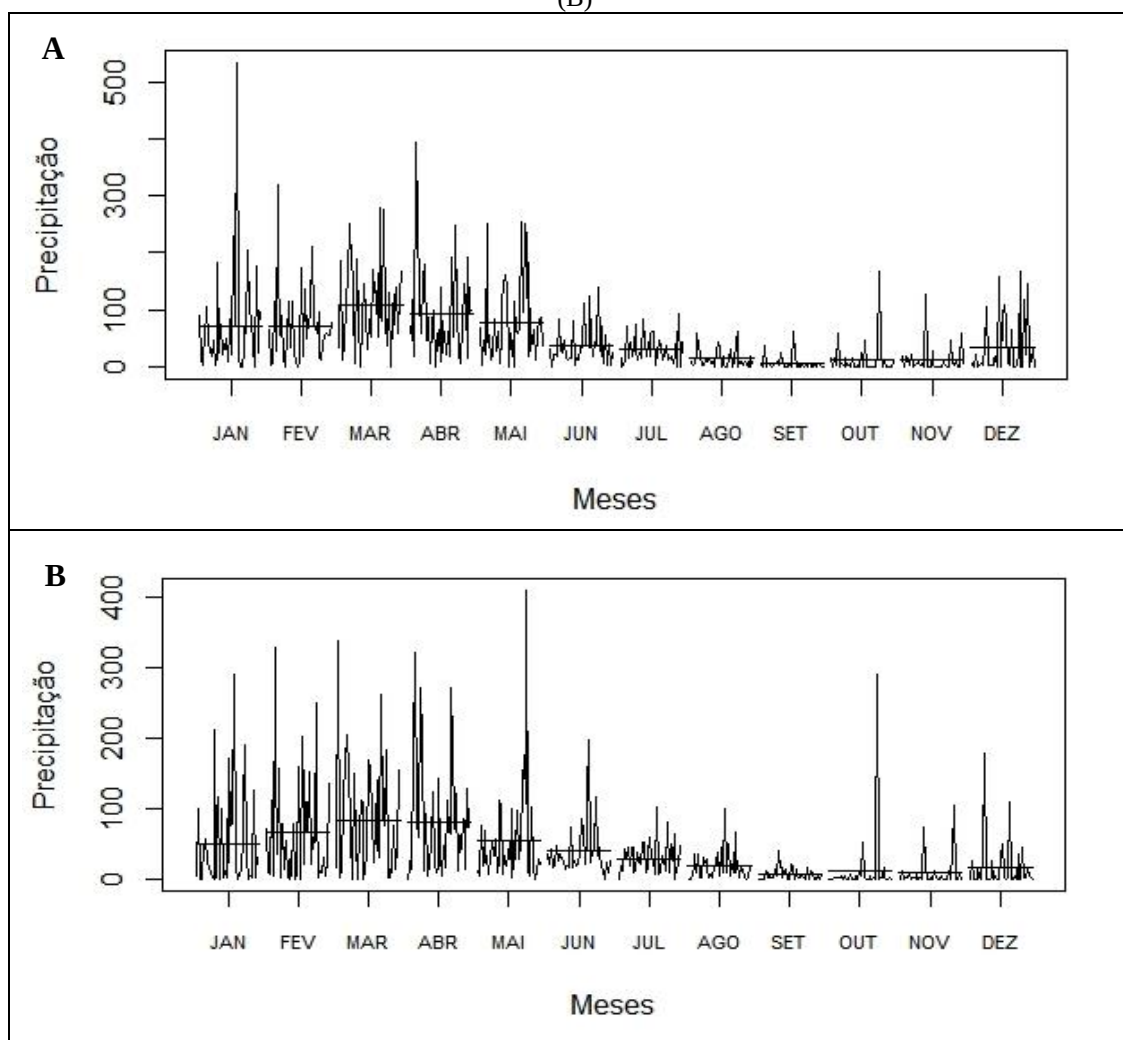
Segundo Buriti e Barbosa (2018), o ano de 1993 foi marcado pelo evento de seca severa, apesar desta situação, pela primeira vez não foram registradas mortes de pessoas por causa do fenômeno da seca na Região Semiárida, entretanto cerca de 2 milhões de pessoas continuaram sendo afetadas.

Já o ano de 1998, este foi classificado nos estudos de Silva *et al.* (2018) como extremamente seco, os autores observaram que, durante este ano apenas os meses de

janeiro e fevereiro não seguiram a variabilidade climática dentro da estação chuvosa, apresentando valores de chuva abaixo do esperado, já na estação seca, o mês de agosto se diferenciou da variabilidade climática pelo fato ter apresentado seu Índice de Anomalia de Chuva positivo (IAC), ou seja, foi um mês chuvoso dentro da estação seca.

Na Figura 13 - A e B, verifica-se a variabilidade mensal da precipitação para Monteiro e São João do Cariri, por meio desta, comprova-se novamente o que já foi constatado no Box-Plot, no qual mostra que os maiores valores de precipitação variam de janeiro a maio. Também é possível observar que cada mês através do agrupamento dos 40 anos, possui variabilidade.

Figura 13- Comportamento mensal da precipitação dos municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B)



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Diferente do teste de tendência mensal de precipitação, o teste de temperatura apresentou alguns meses com tendência significativa para o município de Monteiro, isso

também foi apontado no teste de tendência anual. Mas, ao comparar esse teste de tendência mensal de temperatura em relação a São João do Cariri, verificou-se que esse segundo município não apresentou meses com significância (Tabela 8).

Com relação a presença da tendência na série de temperatura para ambas as localidades, foi observado que a temperatura de Monteiro apresenta tendência crescente em todos os meses, sendo significativa nas estações de outono, inverno e primavera, ou seja, nos meses de abril, maio, junho, julho, setembro, outubro e novembro. Quando se parte para averiguar a tendência São João do Cariri essa diferente de Monteiro, apresenta meses contendo tendência crescente (fevereiro, março, abril, maio, junho, novembro e dezembro) e decrescente (janeiro, julho, agosto, setembro e outubro) (Tabela 8).

Ainda de acordo com a Tabela 8, destaca-se por meio do teste mensal de Pettitt que os anos de 1996 e 1997, apresentaram mais mudanças bruscas para Monteiro, esses dois anos antecedem o período de seca do ano de 1998. Pautado no resultado do teste de tendência anual obtido neste trabalho para a variável de temperatura, entende-se que os meses que contribuíram para o rompimento da série no ano de 1997 foram os meses que apresentaram uma significância na série.

Tabela 8– Tendências mensais de temperatura, para os municípios de Monteiro e São João do Cariri.

Meses	MONTEIRO			SÃO JOÃO DO CARIRI		
	Z_{MK} / Significância estatística	P-Valor	Pettitt	Z_{MK} / Significância estatística	P-Valor	Pettitt
Janeiro	0,536 (NS)	0,591	2002	-0,151 (NS)	0,879	2010
Fevereiro	1,037 (NS)	0,299	1987	0,617 (NS)	0,536	2009
Março	1,503 (NS)	0,132	2008	1,503 (NS)	0,132	2008
Abril	3,254 (S+)	0,001	1997	1,351 (NS)	0,176	2009
Maio	3,240 (S+)	0,001	1997	1,666 (NS)	0,095	2008
Junho	3,696 (S+)	0,000	2009	0 (NS)	1	2009
Julho	3,731 (S+)	0,000	1997	-0,279 (NS)	0,779	2011
Agosto	1,760 (NS)	0,078	2010	-0,221 (NS)	0,824	2009
Setembro	2,333 (S+)	0,019	1996	-0,594 (NS)	0,552	2011
Outubro	2,204 (S+)	0,027	1993	-0,536 (NS)	0,591	2009
Novembro	2,390 (S+)	0,016	1996	0,174 (NS)	0,861	2008
Dezembro	1,808 (NS)	0,070	1992	1,025 (NS)	0,305	2008

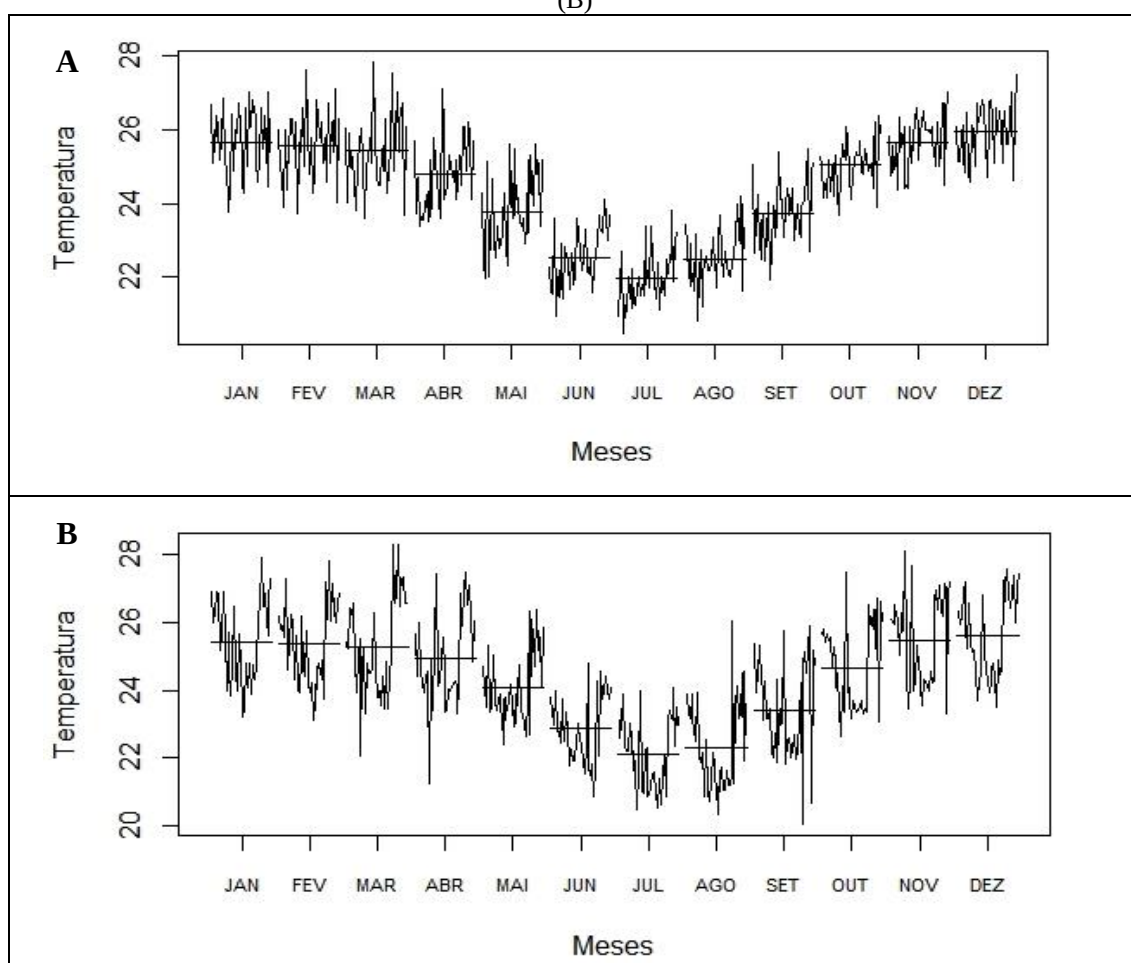
Nota: S+: Tendência significativa crescente. NS: Nenhuma significância estatística. Fonte: Elaboração própria, 2021.

Para o município de São João do Cariri, os anos que possuíram maiores destaques contendo mês com ruptura foram 2008 e 2009, esses anos, por sua vez, foram considerados na literatura como muito úmido (SILVA *et al.*, 2018), o que contribuiu para a diminuição do índice de temperatura. Dos meses analisados, os que apresentaram

rupturas para o ano de 2008 foram os meses de março, maio, novembro e dezembro. Já no ano de 2009 os meses que revelaram ruptura foram fevereiro, abril, junho, agosto e outubro (Tabela 8).

Partindo-se para a análise mensal da temperatura (Figura 14 - A e B), verifica-se que este da mesma forma que o de precipitação, apresenta uma variabilidade mensal e temporal da temperatura para os dois municípios. A observação temporal dos dados evidenciou que os meses que concentram as altas temperaturas variam de setembro a maio, conforme já tinha sido apontado no Box-Plot.

Figura 14– Comportamento mensal de temperatura dos municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B)



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Esse resultado corrobora com o estudo de Silva *et al.* (2019), no qual ao aplicarem o teste de tendência para temperatura de Monteiro (no intervalo de 1963 a 2018) os autores, encontraram uma tendência de aumento para temperatura máxima nos meses de janeiro, março, abril, maio, junho, setembro e dezembro. Da mesma forma também foi apontada por Araújo *et al.* (2005), para o município de São João do Cariri.

Diante dos resultados obtidos pelo teste de tendência mensal para os municípios, identificou-se que para a variável da precipitação, os meses analisados durante os 40 anos não contribuíram para a significância do teste de tendência anual, porque estes também apresentaram os mesmos resultados. Quanto ao teste de tendência mensal para a temperatura dos dois municípios, percebeu-se que para Monteiro os meses de maio, abril e julho do ano de 1997 contribuíram para que houvesse a ruptura anual, dado que estes apresentaram significância, essa mesma condição não foi obtida para São João do Cariri, pois os meses analisados não apresentaram significância.

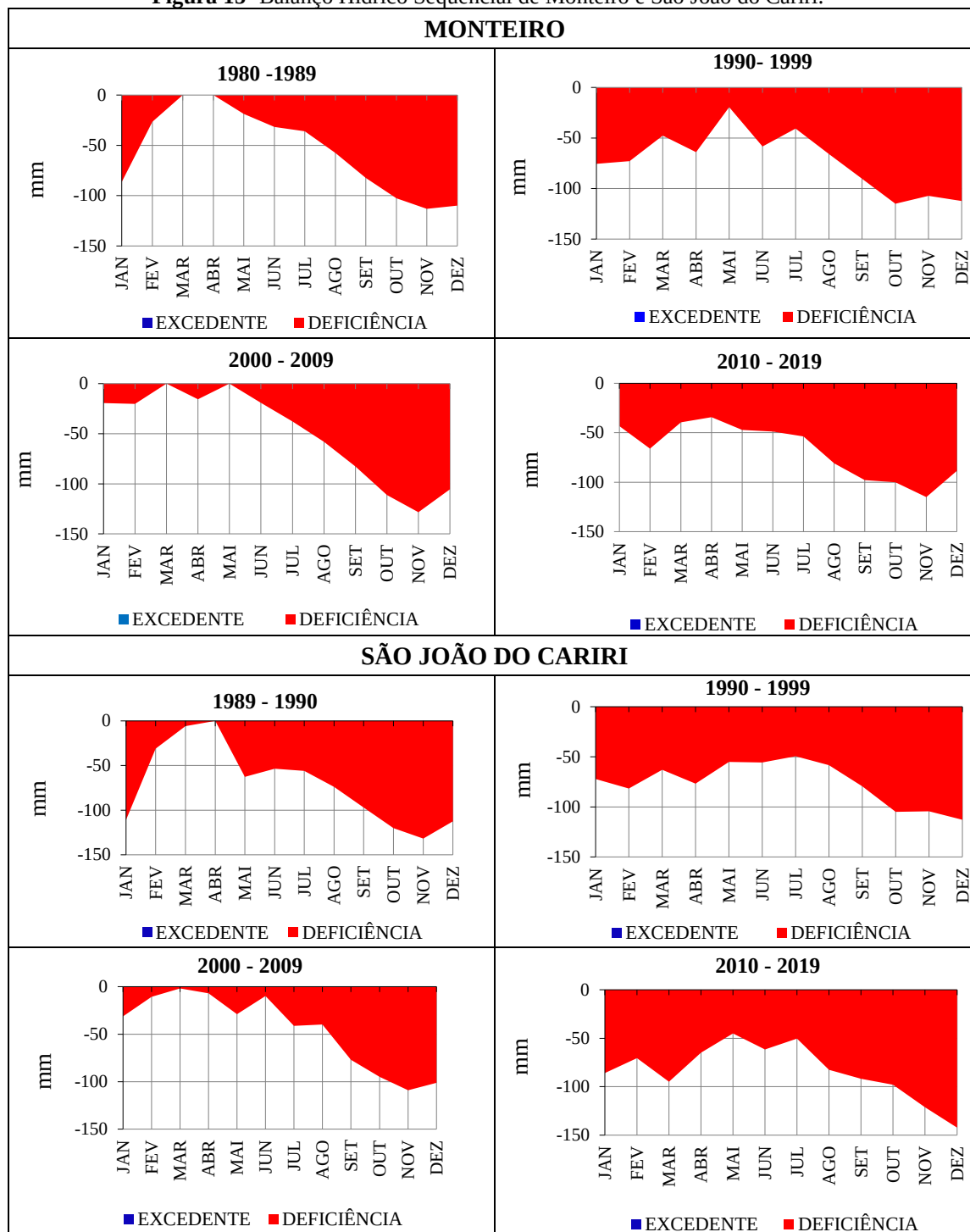
5.4 BALANÇO HÍDRICO

Neste tópico foram analisados os comportamentos do Balanço Hídrico Sequencial para as décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010, realizado pelo Método de Thornthwaite e Mather.

O resultado do Balanço Hídrico Sequencial para os municípios de Monteiro e São João do Cariri mostrou ao longo das quatro décadas analisadas (Figura 15), a presença de deficiência hídrica variando, respectivamente, de 0,0 a -128,4 mm e 0,0 a -131,9 mm. Das décadas consideradas, nota-se que a que obteve maior deficiência para ambas as localidades foram as décadas de 1990 e 2010, e a que ficou com a menor deficiência foi a década de 2000. Essa deficiência hídrica segundo Limeira (2008) e Saboya *et al.* (2021), é ocasionada pela irregularidade da distribuição (tanto espacial, como temporal) das chuvas, o que tem contribuído para que as lavouras não atinjam a floração, fenômeno conhecido como “seca verde”.

As décadas de 1990 e 2010, devido a maior deficiência, apresentaram comportamentos de seca, porém entre estas a última em termos meteorológicos foi considerada a mais extrema (MARENGO; TORRES; ALVES, 2016). Apesar disto, a população residente do Cariri Paraibano sentiu mais os impactos da primeira seca (1990) do que da segunda, durante este período foi observado o movimento migratório da população rural para áreas urbanas e uma significativa parcela dos rebanhos morreram.

Neves (2018) informa que, em 1993 a seca foi tão severa que dizimou 70% do rebanho de bovinos da Paraíba. Além disso, um total de 1.857.655 trabalhadores rurais perderam suas lavouras, essas perdas de safras foram totais em todo os estados nordestinos. Na época, uma dezena de obras de combate às secas foram iniciadas e abandonadas pelo governo federal antes do prazo da conclusão.

Figura 15- Balanço Hídrico Sequencial de Monteiro e São João do Cariri.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Um dos motivos pelos quais as pessoas não foram tão afetadas pela seca da década de 2010, está relacionado ao desenvolvimento de programas sociais. Conforme Nys, Engle e Magalhães (2016), com o apoio de Banco Mundial, o Brasil desenvolveu um sistema de transferência de renda para as famílias pobres, este programa era chamado Bolsa Família, que contemplava 14 milhões de famílias de todo Brasil, dentre este valor estão incluídas as famílias pobres do Nordeste tradicionalmente afetadas pelas secas. Por

isso, apesar da gravidade da seca de 2015 na região, não houve necessidade de frentes de emergência.

Com relação aos meses analisados, o que obteve maior pico de deficiência para Monteiro foi o mês de novembro, com exceção da década de 1990, no qual obteve o maior pico em outubro. Já para São João do Cariri tem-se que os que revelaram maior deficiência foram os meses de novembro e dezembro.

As informações obtidas da deficiência hídrica de São João do Cariri, assemelha-se com os resultados obtidos por Medeiros *et al.* (2016), haja visto que em sua pesquisa os autores apontam que o município de São João do Cariri durante as décadas de 1990 e 2000 apresentaram deficiência hídrica em todos os meses, demonstrando que as chuvas ocorridas não ultrapassaram a CAD estabelecida no Balanço Hídrico. Essa deficiência hídrica ao longo prazo na região, juntamente com o aumento da temperatura, secas e estiagens mais frequentes, pode exacerbar a degradação ambiental (MARENGO; TORRES; ALVES, 2016).

Quanto aos meses sem deficiência, destaca-se em Monteiro, os meses de março e abril da década de 1980 e o mês de março e maio da década de 2000, desses meses mencionados somente o mês de abril apresentou o mesmo comportamento para São João do Cariri. O comportamento dos meses sem deficiência hídrica da década de 2000 para o município de Monteiro, corrobora com o estudo de Holanda *et al.* (2021), no qual os autores também identificaram uma menor deficiência hídrica nos meses de março e maio.

Dentre as quatro décadas analisadas para os dois municípios, verificou-se que nenhuma delas apresentou excedente hídrico, esse mesmo resultado foi apontado nos trabalhos de Holanda *et al.* (2021), Medeiros *et al.* (2016) e Medeiros *et al.* (2021). Uma das possíveis explicações para este acontecimento são as taxas de precipitação inferiores à evapotranspiração presente na região (ARAÚJO *et al.*, 2018). Entretanto, ao se fazer análise do Balanço Hídrico ano a ano⁵ foi possível constatar que alguns meses dos anos, aqui estudados, apresentaram essa informação como destacado na Tabela 9.

Dos anos analisados que apresentaram mais meses com excedentes, destaca-se a década de 2000-2009, no qual para Monteiro durante este período, ocorreu 10 meses com excedentes, enquanto para São João do Cariri ocorreu em onze meses (Tabela 9). Um dos motivos que pode ter contribuído para a ocorrência desses excedentes foi o aumento nas taxas pluviométricas para ambas as localidades, durante este período a média

⁵ As figuras dos Balanços Hídricos mensais realizados para os municípios de Monteiro e São João do Cariri encontram-se nos Apêndices do E ao L.

pluviométrica de Monteiro correspondeu a 701,41 mm e 607,95 mm para São João do Cariri, sendo essas as maiores das quatro décadas.

De todos os Balanços Hídricos, dos anos e meses analisados contendo excedentes hídricos, o que mais se destacou foi o mês de março. Quanto aos meses que não apresentaram excedentes, destaca-se a década 1990-1999 para ambos os municípios.

Tabela 9- Excedentes hídricos dos municípios de Monteiro e São João do Cariri.

MONTEIRO		SÃO JOÃO DO CARIRI	
Anos	Meses	Anos	Meses
1984	Abril e Março	1981	Março
1985	Fevereiro; Março e Abril	1985	Fevereiro, Março e Abril
1986	Março e Abril	1986	Março
-	-	1988	Abril
-	-	1989	Abril
		2000	Fevereiro, Março e Abril
2002	Janeiro, Fevereiro e Março	2002	Fevereiro
2004	Janeiro	2004	Janeiro e Fevereiro
2005	Março	-	-
2006	Maio	2006	Junho
2008	Março e Maio	2008	Março; Abril e Maio
2009	Abril e Maio	2009	Maio
-	-	2010	Outubro
2011	Maio	2011	Fevereiro, Março e Maio

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Uma das possíveis explicações para a década de 1990 não conter meses com excedente hídrico, é a grande quantidade de anos afetados pela seca. Pois para Marengo, Torres e Alves (2016), entre os anos de 1990 a 1995 ocorreu uma das maiores secas registrada ao longo da história na Região Nordeste. Dentre os anos 1997–1998, perdeu-se 57% da produção agrícola total, e o prejuízo econômico foi estimado em 5% do PIB de toda a região; a seca em 1998 atingiu dez estados da região, afetando gravemente a produção agrícola da região e ameaçando o abastecimento local de alimentos.

5.5 TENDÊNCIAS DOS ÍNDICES HÍDRICO, DE ARIDEZ E UMIDADE DOS MUNICÍPIOS DE MONTEIRO E SÃO JOÃO DO CARIRI

A aplicação do teste de tendência para os índices hídrico, de aridez e umidade, obtido no Balanço Hídrico, indicaram para os municípios de Monteiro e São João do Cariri, por meio do teste de Mann Kendall (Figura 16), uma tendência não significativa uma vez que, o p-valor obtidos foram diferentes a 0,05. Contudo, destes índices alguns apresentaram uma tendência crescente, sendo eles os índices de umidade dos dois

municípios, quanto aos índices hídricos e de aridez, esses mostraram uma tendência decrescente para ambos os municípios, logo o z_{MK} foi negativo (Figura 15).

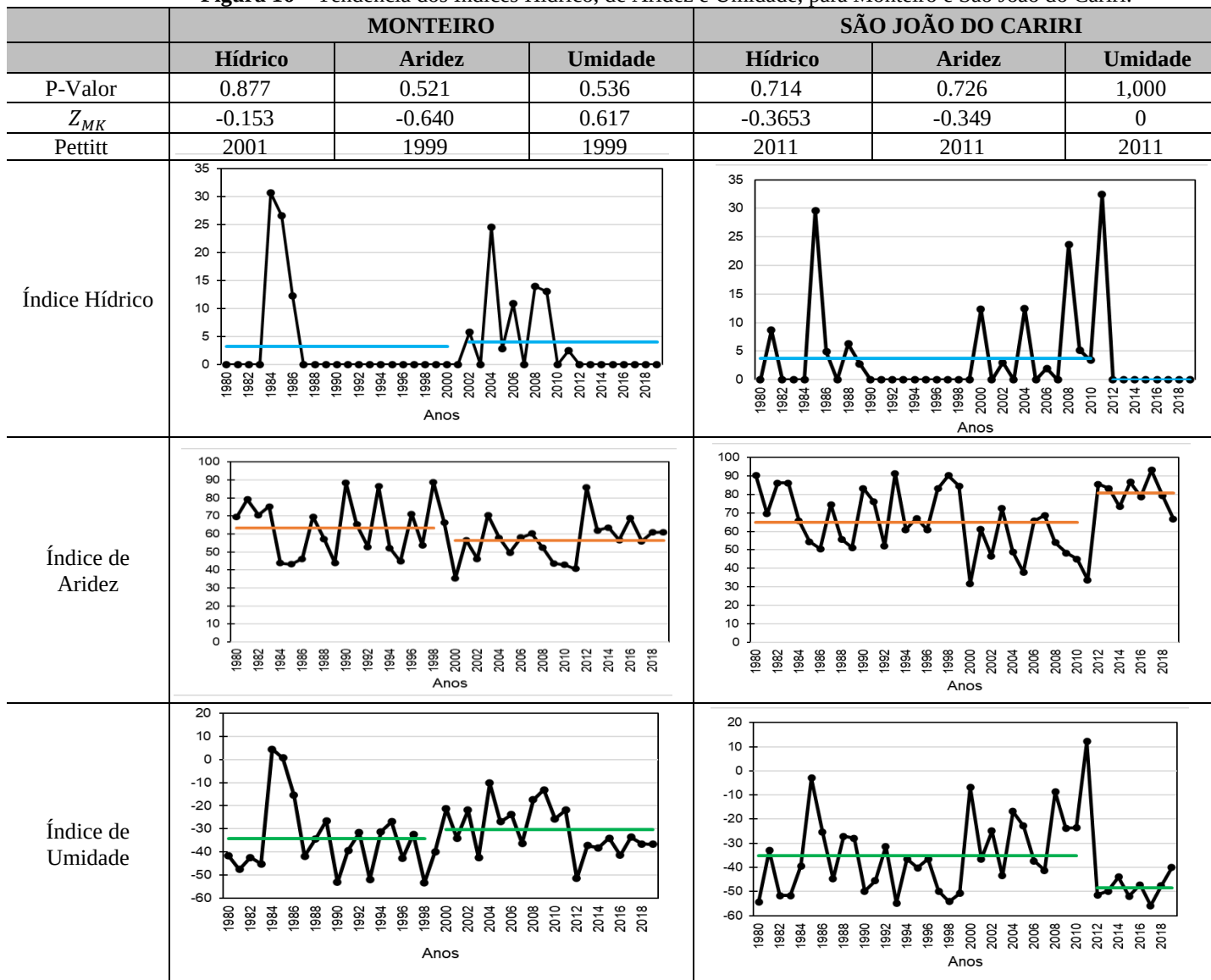
O aumento do índice hídrico de Monteiro e São João do Cariri, por meio do teste de tendência, foi expressivo durante os anos de 1984 a 1985 e de 2002 a 2009, esses anos como visto na análise do comportamento pluviométrico deste trabalho, e, também na literatura, foram considerados bastante chuvosos. Contudo, explicita-se aqui que um dos motivos pelo qual a tendência hídrica de São João do Cariri não obteve uma tendência crescente na série, pode estar relacionada ao período de seca ocorrido na década de 2010.

Quanto ao índice de aridez, esse se mostrou bastante expressivo para os dois municípios nas décadas de 1990 e 2010, durante este período conforme foi visto no Balanço Hídrico, foram anos que obtiveram uma maior deficiência hídrica. Já para década de 2009 foi identificada uma redução. Esse mesmo comportamento do índice de aridez, corrobora com o trabalho de Medeiros, Medeiros e Patriota (2016), no qual os autores identificaram em São João do Cariri um aumento gradativo no índice de aridez das décadas de 1980-1989 e 1990-1999, enquanto que na década de 2000-2009 ocorreu uma redução do referido parâmetro.

Essa situação, ainda de acordo com os autores Medeiros, Medeiros e Patriota (2016), demonstra um indicativo de mudanças climáticas para a região, que se encontra em progressivo processo de desertificação, e que isto possivelmente pode ser um reflexo climático estando direto ou indiretamente ligado a esse processo de degradação ambiental.

Com relação ao índice de umidade, estes apresentaram uma melhor condição nas décadas de 1980 e 2000, durante estas décadas foram observados que os anos que possuíram um maior índice de 1984/1985 e 2000 a 2011 para o município de Monteiro. Em relação a São João do Cariri, esses anos foram 1985/2000 a 2011. Da mesma forma do índice hídrico, o que contribuiu para o aumento deste índice durante esses anos foi o aumento da pluviometria.

No que diz respeito ao teste de Pettitt (Figura 16), este apresentou para Monteiro uma mudança acentuada nos índices hídrico, de aridez e umidade respectivamente, nos anos de 2001, 1999 e 1999. Já para São João do Cariri os três índices ocorreram em 2011.

Figura 16 – Tendência dos Índices Hídrico, de Aridez e Umidade, para Monteiro e São João do Cariri.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

A mudança no índice hídrico para Monteiro, mostrada por meio do teste de Pettitt, corresponde a mesma encontrada no teste de tendência de precipitação realizada no trabalho de Sena e Lucena (2013), no qual as autoras identificaram na escala temporária de 1979 a 2010 uma mudança brusca na média no período de 2001 para a Região do Cariri, essa mudança dividiu a série em dois períodos distintos, antes de 2001 a média pluviométrica era em 511,5 mm, após apresentou uma média de 731 mm.

No que se refere a ruptura no índice de aridez e umidade de Monteiro em 1999, este representou a transição do período seco da década de 1990 para o período úmido da década de 2000, o ano antecedente dessa ruptura foi o que apresentou o menor índice para o município com o valor de -53,19. No ano de 1998, a Região do Cariri Paraibano foi bastante castigada pela seca, segundo relatório divulgado pelo Laboratório de Meteorologia Recursos Hídrico e Sensoriamento Remoto (LMRS-PB).

Quanto a ruptura dos índices hídrico, aridez e umidade de São João do Cariri, estes tiveram seu ponto de ruptura presentes no ano de 2011, no qual esse, de acordo com a literatura, foi considerado um ano extremamente chuvoso devido à forte atuação da La Niña (SENA; MORAES NETO; LUCENA, 2019). Devido a isso, foi observado que o maior índice hídrico e de umidade de São João do Cariri ocorreram em 2011, quanto ao índice de aridez, foi visto que o menor índice correspondeu ao ano de 2000, mas a quebra da série só se destacou em 2011, devido ao grande aumento no índice de aridez da década de 2010.

Segundo Alves *et al.* (2012), as características do índice de aridez, associadas às formas do uso do solo que vem se processando no decorrer das décadas da Região do Cariri, tem provocado a existência de focos de degradação que se propagam por toda área, sendo mais evidente o processo de desertificação na parte que corresponde ao Cariri Oriental, onde as zonas climáticas específicas e ambientais são mais acentuadas tornando a área mais vulnerável como no município de São João do Cariri.

Parafraseando Tavares e Ramos (2016), tem-se que o município de São João do Cariri se caracteriza por apresentar uma vasta área susceptível à desertificação, pois os núcleos de desertificação identificados testemunham a presença deste fenômeno no município.

Por meio dos testes de tendência dos índices hídrico de umidade e de aridez, pode-se entender que o município de Monteiro obteve mais anos com melhores condições hídricas, se comparado a São João do Cariri, a ocorrência de tal fato, foram influenciadas pelas condições pluviométricas presentes no município. Quanto ao teste de aridez, esse

revelou valores mais altos para o município de São João do Cariri. Todavia, se este índice de aridez continuar aumentando para as duas localidades, irá favorecer a maior aridez do clima (FUNDAÇÃO SINTAF, 2016). Em relação a tendência dos índices de umidade para ambos os municípios, esse explicitou que ao longo da maioria dos anos um pequeno excedente hídrico ocorreu nos anos de 1984/1985 para Monteiro e 2011 para São João do Cariri, os demais anos destas localidades apresentaram umidade abaixo de zero.

5.6 TIPO DE CLIMA ANUAL POR MEIO DA CLASSIFICAÇÃO DE THORNTHWAITE E MATHER

A classificação do clima pelo método de Thornthwaite e Mather, para o município de Monteiro e São João do Cariri no período de 1980-2019 (Tabela 10), resultou, para Monteiro, em cinco Tipos de Clima Anual e para São João do Cariri oito tipos de clima, dos quais, destaca-se para ambos os municípios o clima DdA'a' que significa Clima Semiárido, sem excesso de água, megatérmico, e com ETP no verão abaixo de 48%.

Este tipo de clima anual representou 24 anos da série de Monteiro e 26 anos da série de São João do Cariri período de análise, ainda se evidencia que neste último município ainda ocorreu outro tipo de clima seco que foi o DdB'4a' (Semiárido, sem excesso de água mesotérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%), este ocorreu em apenas um ano, correspondendo a 3% ano de toda a série.

A classificação do clima DdA'a' para São João do Cariri, também foi apontada no estudo de Medeiros *et al.* (2015), os autores mostraram que a região possui clima Semiárido, megatérmico, com pequeno ou nenhum excesso de água e com 29,41% da evapotranspiração potencial e anual concentrada no primeiro trimestre mais quente do ano. Esse tipo de clima limita algumas práticas de cultivos tradicionais do município, ainda de acordo com os autores, São João do Cariri possui aptidão restrita para o cultivo de abacaxi, caju, feijão e milho, já a banana e a cana-de-açúcar são inaptas ao cultivo, apenas o algodão apresenta melhor condição. Outros pesquisadores que também constatarem esse tipo de clima para a Região do Cariri como todo foram Araújo *et al.* (2018), onde ao estudarem os tipos de climas presentes no estado da Paraíba para o período de 1971 a 2017, identificaram o clima DdA'a'.

Com relação aos quatro tipos de climas restantes de Monteiro, estes têm características de clima sub-úmido e corresponde a 42% dos anos, destes climas o que

obteve maior destaque foi C1dA'a', que significa Sub-úmido seco, sem excesso de água, megatérmico e com ETp no verão menor que 48%.

Quanto ao clima sub-úmido de São João do Cariri, esse correspondeu a 32% dos anos, contendo seis tipos de climas, no quais quatro manifestaram-se em apenas uma única vez durante os 40 anos analisados. Dos climas sub-úmidos para São João do Cariri o que mais se destacou foi o mesmo de Monteiro o C1dA'a' (Tabela 10).

Tabela 10- Tipos de Clima Anual para Monteiro e São João do Cariri (1980-2019).

Tipo Climático	Interpretação	Anos de ocorrência	
		Monteiro	São João do Cariri
C2s2A'a'	Sub-úmido, grande deficiência no verão, megatérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%	1984; 1985	2011
C1wA'a'	Sub-úmido seco, moderada deficiência no inverno, megatérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%	1986; 2006; 2008; 2009	2004
C1wB'4a'	Sub-úmido seco, moderada deficiência no inverno, mesotérmico, concentração de ETp no verão menor que 48%	–	2000
C1w2A'a'	Sub-úmido seco, grande deficiência no inverno, megatérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%	2004	1985; 2008
C1dB'4a'	Sub-úmido seco, sem excesso de água, mesotérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%	–	1992; 2002; 2009
C1dA'a'	Sub-úmido seco, sem excesso de água, megatérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%	1989; 1992; 1994; 1995; 1997; 2000; 2002; 2005; 2010; 2011	1986; 1988; 1989; 2005; 2010
DdB'4a'	Semi-árido, sem excesso de água, mesotérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%	–	2001
DdA'a'	Semi-árido, sem excesso de água, megatérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%	1980; 1981; 1982; 1983; 1987; 1988; 1990; 1991; 1993; 1996; 1998; 1999; 2001; 2003; 2007; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018; 2019	1980; 1981; 1982; 1983; 1984; 1987; 1990; 1991; 1993; 1994; 1995; 1996; 1997; 1998; 1999; 2003; 2006; 2007; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018; 2019

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Quanto à classificação climática de Thornthwaite e Mather, apresentada na Figura 17 - A e B, aponta que o município de Monteiro possui 8% a mais de clima sub-úmido do que o município de São João do Cariri. No que diz respeito ao clima seco, o município de São João do Cariri possui 7% a mais do que Monteiro (Figura 17 - A e B).

Por meio da classificação, foi possível ver que apesar dos dois municípios terem características de clima semiárido, nem todos os anos possuem essa característica.

Os anos que apresentaram na classificação clima Sub-úmido, se concentraram para ambos os municípios durante alguns anos das décadas de 1980 e 2000, essas décadas foram apontadas por meio do comportamento pluviométrico e do teste de tendência para a variável da precipitação deste trabalho como anos chuvosos.

Quanto a classificação de climas Semiáridos, estes expuseram para Monteiro e São João do Cariri uma sequência de 8 anos (2012 a 2018) seguidos contendo o mesmo comportamento. Ainda assim, vale lembrar que para São João do Cariri além deste período de 8 anos, também ocorreu outra sequência de 7 anos de clima Semiárido que variou de 1993 a 1998 (Figura 17 - B).

A ocorrência destes anos seguidos de clima Semiárido com forte presença de eventos extremos de seca, desestabilizou o comportamento vegetal e afetou o desempenho das atividades agropecuárias desenvolvida na região, pois sem excedentes hídricos, o solo não conseguiu armazenar umidade suficiente para fornecer as plantas se desenvolverem (sejam as culturas, sejam as espécies nativas), dificultando assim a recuperação do ambiente.

Concordando com isso Sena (2017) relatou que, durante o período de 1997 a 1998 os principais efeitos da seca foram sentidos principalmente, nas baixas produtividade dos cultivos e rebanhos do município de São João do Cariri, além disto, no ano de 1999 observou-se o aumento de manchas de solos expostos e de vegetação rala.

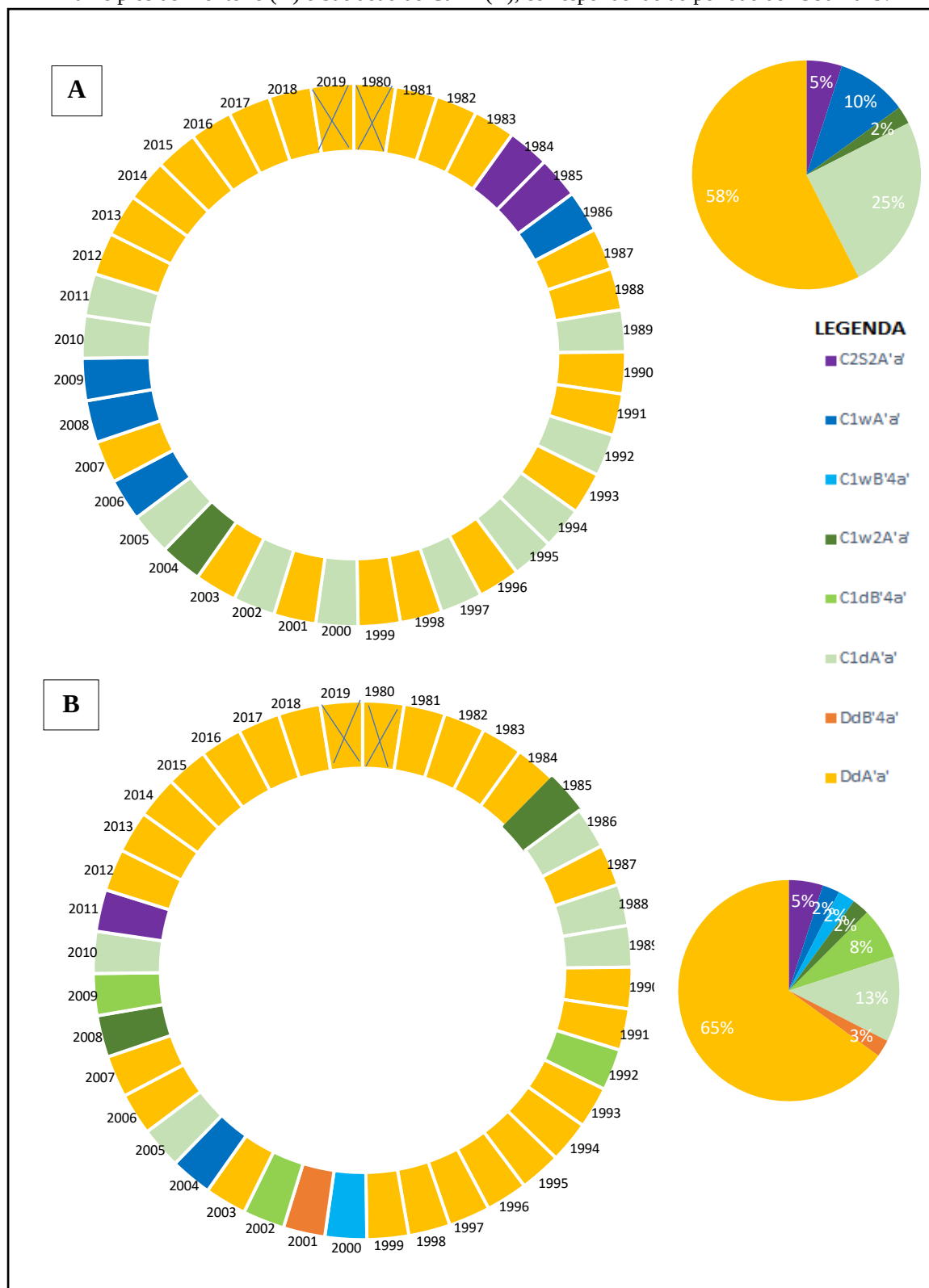
Conforme Santana e Santos (2020), durante o período de 2012 a 2017 verificou-se grande queda da produção de cultivos produzidos por práticas agrícolas familiares. O valor da produção agrícola nos municípios apontou variações negativas superiores a 90% no início da seca em 2012.

Com a classificação dos tipos de clima realizada para os dois municípios, pode-se entender que o clima presente para ambas as localidades está ficando mais seco, e consequentemente, mais quente e com indícios de um período chuvoso mais curto temporalmente. Essas condições também foram apontadas nos estudos de Medeiros *et al.* (2016), conforme os autores essas condições refletem na degradação do ambiente.

Os episódios de seca aumentam a vulnerabilidade e excedem a capacidade de absorver perdas e se recuperar dos impactos, como as perdas na produção agrícola, abastecimento de água suspenso, perdas de biodiversidade, modificação no bioma Caatinga (reduzindo significativamente a capacidade de resiliência do ambiente), e

consequentemente, acelerando o processo de desertificação (DIAS *et al.*, 2021; MARENGO, 2008).

Figura 17 – Tipo de Clima Anual por meio da Classificação Climática de Thornthwaite e Mather, para os municípios de Monteiro (A) e São João do Cariri (B), correspondendo ao período de 1980-2019.



Nota: C2s2A'a'= Sub-úmido, grande deficiência no verão, megatérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%; C1wA'a'= Sub-úmido seco, moderada deficiência no inverno, megatérmico, Concentração

de ETp no verão menor que 48%; C1wB'4a'= Sub-úmido seco, moderada deficiência no inverno, mesotérmico, concentração de ETp no verão menor que 48%; C1w2A'a'= Sub-úmido seco, grande deficiência no inverno, megatérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%; C1dB'4a'= Sub-úmido seco, sem excesso de água, mesotérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%; C1dA'a'= Sub-úmido seco, sem excesso de água, megatérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%; DdB'4a'= Semi-árido, sem excesso de água, mesotérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%; DdA'a'= Semi-árido, sem excesso de água, megatérmico, Concentração de ETp no verão menor que 48%.
Fonte: Elaboração própria, 2021.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado o comportamento da variabilidade climática para os municípios de Monteiro e São João do Cariri, localizados na região semiárida do Estado da Paraíba, durante um período de 40 (1980-2019), por meio deste, pode-se entender e ratificar a grande variabilidade anual e mensal das variáveis de precipitação e temperatura.

Embora as duas localidades estejam próximas geograficamente, distante apenas 55,8 km (em linha reta), elas apresentaram características diferenciadas, onde em Monteiro foi observado uma melhor condição hídrica, se comparado a São João do Cariri, apesar disto, esses municípios evidenciaram os mesmos períodos chuvosos e secos e, em geral, um comportamento muito semelhante.

Analisando as tendências em escala anual para os dados de precipitação e temperatura dos dois municípios, verificou-se apenas tendência significativa para a série dos dados de temperatura do município de Monteiro.

Quanto ao teste de tendência em escala mensal, entendeu-se que a variável de precipitação durante os meses analisados não contribuiu para a significância do teste de tendência anual, dado que esses também não apresentaram significância estatística. Para o teste de tendência mensal de temperatura dos dois municípios, percebeu-se para Monteiro que os meses de maio, abril e julho do ano de 1997 contribuíram para que houvesse a ruptura anual, posto que estes apresentaram significância, essa mesma condição não foi encontrada para São João do Cariri, pois os meses analisados não apresentaram significância estatística.

Mediante o Balanço Hídrico realizado para os dois municípios, evidenciou-se que as décadas que obtiveram maior deficiência foram as décadas de 1990 e 2010, e a que ficou com a menor deficiência foi a década de 2000. Através do Balanço Hídrico realizado por décadas, não foi comprovado a existência de excedentes hídricos, esses foram possivelmente ocultados pelo acoplamento dos dados. Contudo, ao calcular o Balanço Hídrico ano a ano, pôde-se verificar que existiu excedente hídrico em alguns meses aos longos das décadas, destacando-se o mês de março, com maiores excedentes.

Com a aplicação dos testes de tendências para as variáveis dos Índices Hídricos, de Aridez e de Umidade obtidos por intermédio do Balanço Hídrico, comprovou-se, para os municípios de Monteiro e São João do Cariri, uma tendência não significativa. Ainda

assim, o índice de umidade identificou uma tendência crescente nos dois municípios, diferentemente dos índices hídricos e de aridez, que mostraram uma tendência decrescente para as duas localidades.

A partir da Classificação Climática realizada ano a ano para Monteiro e São João do Cariri, conclui-se que, apesar desses municípios terem características de clima Semiárido, nem todos os anos possuem essa característica, logo porque esses dois municípios também explicitaram climas Sub-úmidos.

Conforme os resultados alcançados neste estudo, compreende-se que o município de São João do Cariri por ter condições pluviométricas inferiores, e maior variabilidade na temperatura, do que o município de Monteiro, é mais vulnerável aos impactos da alteração climática, sendo as atividades da agricultura e pecuária como as mais prejudicadas por essa condição, e, além disso, a influência da pressão antrópica neste ambiente contribui significativamente para a maior aridez do clima. Com isso, será praticamente impossível desenvolver práticas agrícolas e pecuaristas na região sem o uso de irrigação, e o acesso à água será mais dificultado. O município de Monteiro apesar de possuir condições pluviométricas melhores, com o advento das alterações climáticas, a população residente também sentirá os impactos do clima.

De posse do conhecimento climático dos municípios de Monteiro e São João do Cariri, sugere-se que os estudos da variabilidade climática sejam ampliados para todos os municípios da Região do Cariri, uma vez que, se entende que o comportamento climático presente se dá de maneira diferenciada, pois com a ampliação deste tipo de pesquisa será mais fácil compreender as reais necessidades de cada município frente aos impactos clima.

A obtenção das análises da variabilidade climática realizada neste trabalho, subsidia a construção de um conhecimento mais aprofundado sobre as características climáticas da Região do Cariri, servindo de base/referência para a elaboração de políticas públicas que busquem a proposição de estratégias adaptativas de convivência com os extremos climáticos da região. Para que assim a população residente, tanto da zona urbana como rural, não seja tão impactada pelos eventos extremos, ou melhor, sejam mais resilientes.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida**. Estudos Avançados, 13 (36), 1999.
- ADHB-Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. **Monteiro-PB**, 2013.
- ADHB-Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. **São João do Cariri-PB**, 2013.
- ALCÂNTARA, L. R. P.; COSTA, I. R. A.; BARROS, V. H. O.; SANTOS NETO, S. M.; COUTINHO, A. P.; ANTONINO, A. C. D. Análise de tendência para dados pluviométricos no município de Toritama-PE. In: **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 04 n. 02, 2019, p. 130-139.
- ALENCAR, M. L. S.; BARBOSA, M. P.; SOUSA, R. F. Efeitos do El Niño De 1997/1998 na produção agropecuária na Bacia do Rio Sucuru - Cariri Paraibano. In: **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 8, n. 24. 2007, p. 15 – 21.
- ALLEN, K.; DUPUY, J. M.; GEI, M. G.; HULSHOF, C.; MEDVIGY, D.; PIZANO, C.; SALGADO-NEGRET, B. SMITH, C. M.; TRIERWEILER, A.; BLOEM, S. J. V. Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes? In: **Environmental Research Letters**. 2017. p. 16. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa5968/pdf>. Acesso em: 23 jul. 2020.
- ALTHOFF, T. D.; MENEZES, R. S. C.; PINTO, A. S.; PAREYN, F. G. C.; CARVALHO, A. L.; MARTINS, J. C. R.; CARVALHO, E. X.; SILVA, A. S. A.; DUTRA, E. D.; SAMPAIO, E. V. S. B. Adaptation of the Century Model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 254, p. 26-34, 2018.
- 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. In: **An Acad Bras Cienc**, 2019.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. **Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica**. In: Caminhos de Geografia Uberlândia v. 9, n. 26. 2008, p. 143-155.
- ALVES, J. J. A.; SILVA, M. C.; SILVA, V. S.; CARVALHO, V. C. Indicadores climáticos das áreas de desertificação nos Cariris Velhos da Paraíba. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, 2012, p.585 – 597.
- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; FARIAS, A. A. Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas Microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.1], v.08, n. 06, 2015, p. 1601-1614.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. 2005. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, 36, 143-151.

ANDRADE-LIMA, D. A. **Domínios da Caatinga**. Instituto de Ecologia Humana. Fundação Ford, Recife, 1981.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; GUEDES, R. L.; OYAMA, M. D.; ALVES, M. A. S. A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 337-344, 2004.

AQUINO, C. M. S.; DIAS, A. A. **Balanço Hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955-57) da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil**. In: ACTA Geográfica, Boa Vista, v.14, n.35, 2020. p. 27-47. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/6154/3083>. Acesso em: 16 de mar. 2021.

ARAÚJO, E. A.; MORAES NETO, J. M. M.; SOUSA, F. A. S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando índice de Anomalia de Chuva (IAC). In: **Ambi-Água**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 93-110, 2009.

ARAÚJO, K. D. DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P. Uso de espécies da Caatinga na alimentação de rebanhos no município de São João do Cariri-PB. **Ra'ega**, v.20, 2010, p.157-171.

ARAÚJO, K. D.; ANDRADE, A. P.; RAPOSO, R. W. C.; ROSA, P. R. O.; PAZERA JR., E. Análise das Condições Meteorológicas de São João do Cariri no Semiárido Paraibano. In: **GEOGRAFIA Revista do Departamento de Geociências**, v. 14, n. 1, 2005.

ARAÚJO, S. R. D.; DANTAS NETO, J.; SILVA, P. F.; ARAÚJO, B. A.; SABOYA, M. F.; MATOS, R. M. Balanço Hídrico e classificação climática para as mesorregiões da Paraíba. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, n.6, 2018, p. 1985-1997.

ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M. S.; KOCH, H.; SOBRAL, M. C. M. Influência dos oceanos pacífico e atlântico tropicais sobre os índices climáticos da precipitação na Bacia do submédio São Francisco. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 14 – Vol. 23, 2018.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

BACK, A. J. **Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas**. In: Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 36, n. 5, 2001, p. 717-726.

BANDEIRA, T. V.; CRUZ, M. L. B. **Estudo da cobertura vegetal do município de Guaiúba/CE com base na utilização dos índices de vegetação SAVI e NDVI**. In: Geosul, Florianópolis, v. 36, n. 78, 2021, p. 410-433.

BARBIERI, M. D.; FERREIRA, L. C.; BARBI, F. **Governando as mudanças climáticas. Ideias, as estratégias políticas de Brasil e China.** In: IDÉIAS, v.9 N.2, 2018. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ideias/article/view/8655192>. Acesso em: 25 de abr. 2021.

BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N, M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2011.

BERGER, R; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; CANDEIAS, L. B.; RUBILAR, R. **Índices de vegetação para a estimativa do índice de área foliar em plantios clonais de Eucalyptus saligna Smith.** In: Ciência Florestal, Santa Maria, v. 29, n. 2, 2019, p. 885-899.

BLAIN, G. C. **Considerações estatísticas relativas a seis séries mensais de temperatura do ar da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.**In: Revista Brasileira de Meteorologia. v. 26, n. 2, 2011, p. 279-296. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n2/12.pdf>. Acesso em: 10 de maio. 2021.

BRASIL; MIN. 2017. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**, 2 ed. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de políticas de desenvolvimento regional, Brasília, DF.

BRISSE, H.; GRANDJOUAN, R.; RUFFRAY, P. **Les types de climats annuels, un mode d ' expression des gradients climatiques intégrant les variables interannuelles.** La Météorologie, VIe série, 31, 1982, p. 39-81.

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. In: **Atmospheric Research**, 2020.

BRITO, P. V. S.; SANTOS, T. O.; MORAIS, Y. C. B. **Análise da sazonalidade da vegetação de caatinga do município de Petrolina (Pernambuco) a partir de imagens do satélite Landsat 8 – OLI.** In: Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto, v.1, n.1. 2020.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Um Século de secas: Por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro?.** In: Chiado Editora, 1 Ed. 2018.

CALBETE, N. O.; GAN, M; SATYAMURTY, P. **Vórtices ciclônicos da alta troposfera que atuam sobre a região Nordeste do Brasil.** Climanálise Especial; Edição Comemorativa de 10 anos. MCT/ INPE/ CPTEC. Cap. 21, 1996.

CAMARGO, A. P. C.; CAMARGO, M. B. T. **Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial.** In: Bragantia, Campinas, 2000, p.125-137.

CASSETTARI, G, A.; QUEIROZ, T. M. Balanço Hídrico e Classificação Climática na Bacia do Rio Jauquara, Região de transição entre o Cerrado e Amazônia brasileira. In: **Revista Brasileira de Climatologia.** Ano 16 –Vol. 26. 2020. Disponível

em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/59513/40297>. Acesso em: 14 de mar. 2021.

CATANHO, P. A. G.; SILVA, E. M.; GOMES, D. T.; ALVES, J. M. B. Alterações Climáticas, Incremento dos Desastres e Necessidades Preventivas. In: **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 3, 2020, p 517-528.

CAVALCANTI, E. P. **Ciclo hidrológico e reciclagem do vapor d'água**. In: UACA/CTRN/UFCG, 2021. Disponível em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/vapordagua/ciclo.html>. Acesso em: 27 de fev. 2021.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. **Estima_T Estimativa da Temperatura do Ar**. In: Departamento de Ciência Atmosférica, 2006.

CHAVES, R. R.; CAVALCANTI, I. F. A. **Atmospheric circulation features associated with rainfall variability over Southern Northeast Brazil**. Mon Weather Ver, 2001.

CIRILO, J. A.; CABRAL, J.; FERREIRA, J. P. L.; MANUEL, J. P.; LEITÃO, T. E.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; GOES, V. C. **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semiáridas**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2007, p. 508.

CORDEIRO, J. M. P.; OLIVEIRA, A. G. Levantamento fitogeográfico em trecho de caatinga hipoxerófila – Sítio Canafístula, Sertãozinho – Paraíba, Brasil. In: **Revista OKARA: Geografia em debate**, v.4, n.1-2, p. 54-65, 2010.

CÓRDULA, E.; QUEIROZ, L. P.; ALVES, M. Diversidade e Distribuição de Leguminosae em uma Área Prioritária para a Conservação da Caatinga em Pernambuco - Brasil. In: **Revista Caatinga**. 2010. v. 23, p. 33-40.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. de S.; LIRA, D. R. Megageomorfologia e morfoestrutura do planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 31 (1/2), 2010, p. 35-52.

COSTA, J. N.; ARAÚJO, S. M. S. Aspectos geoambientais e degradação na área da transposição e alto curso do Rio Paraíba, Monteiro – PB. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2016, Campina Grande. **Anais: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, 2016.

CPRM– Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimentos por água subterrânea Estado da Paraíba. Diagnostico do município de São João do Cariri**. (Org) BELTRÃO, B. A; MORAIS, F.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; MENDES, V. A. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005, p.19.

CPRM. – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimentos por água subterrânea Estado da Paraíba. Diagnostico do município de Monteiro**. (Org.) BELTRÃO, B. A; MORAIS, F.; MASCARENHAS, J. C.; MIRANDA, J. L. F.; SOUZA JUNIOR, L. C.; MENDES, V. A. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005, p.37.

DA SILVA, D. F. **Variabilidade Espacial e Temporal de Componentes dos Balanços de Água e de Energia sobre a Bacia do Rio São Francisco com Ênfase para a Região**

da **ZCAS**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, UFCG, Campina Grande – PB, 2005, p.131.

DANKELMAN, I., ALAM, K., AHMED, W.B., GUEYE, Y.D., FATEMA, N., MENSAH-KUTIN, R., 2008. **Gender, Climate Change and Human Security: Lessons from Bangladesh, Ghana, and Senegal**. WEDO with ABANTU for Development in Ghana, ActionAid Bangladesh and ENDA Senegal, 2008.

DANTAS, R.T.; NÓBREGA, R.S.; CORREIA, A. M; RAO, T. V. R. **Estimativas das temperaturas máximas e mínimas do ar em Campina Grande - PB**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia; Rio de Janeiro, 11. Rio de Janeiro. Anais, SBMET, 2000, p. 534-537.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, **RESOLUÇÃO Nº 115, DE 23 DE NOVEMBRO DE 2017**. 2017.

DIAS, E. M. S.; PESSOASA, Z. S.; TEIXEIRA, R. L. P.; SILVA, L. C. S. **Mudanças climáticas e agropecuária: vulnerabilidades da região semiárida**. In: Revista do Desenvolvimento Regional - Faccat - Taquara/RS - v. 18, n. 3, 2021.

DRUMOND, M. A.; RISBAKI, J.; OLIVEIRA, V. R.; TAVARES, J. A. **Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) como alternativa para diversificação de renda no Semiárido brasileiro**. In: O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1131712/1/Livro-Eucalipto.Sistema-de-integracaoILPF.cap30.2021.pdf>. Acesso em: 20 de maio. 2021.

DUBREAIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT' ANNA NETO, J. L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. In: **International Journal of Climatology**. 2018; 39, p. 1446 –1456.

DUQUE, G. “Conviver com a seca”: contribuição da Articulação do Semi-Árido/ASA para o desenvolvimento sustentável. In: **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 17, 2008. p. 133 -140.

DUTTAN, S.; REHMAN, S.; SAHANA, M.; SAJJAD, H. **Assessing Forest Health using Geographical Information System Based Analytical Hierarchy Process: Evidences from Southern West Bengal, India**. In: SHIT, P. K.; POURGHASEMI, H. R.; DAS, P.; BHUNIA, G. S. B. (EDS). Environmental Science and Engineering. 2021.

EMBRAPA; **Clima**. Disponível em: www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm. Acesso em: 04 fev. 2021.

FARIAS, C. W. L. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; LINS, F. C. A.; MONTENEGRO, A. A. A. Correção de tendência das projeções climáticas futuras simuladas pelo modelo regional Eta-Hadgem2-Es para a Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú, Nordeste do Brasil. In: **Journal of Environmental Analysis and Progress**, V. 05 N. 03, 2020.

FARIAS, R. B. S. **A grande “seca” de 1979-1983: estado, oligarquias, frentes de emergência e resistência camponesa em São João do Cariri-PB**. Trabalho de

Conclusão do Curso em Educação do Campo. Universidade Federal de Campina Grande, Campus Sumé, 2018, p. 1 - 88.

FERRARI, A. L.; VECCHIA, F. A. S.; COLABONE, R. O. Tendência e variabilidade anuais da temperatura e da pluviosidade em Pirassununga-SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, n. September, p. 494–501, 2012.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e Atlântico no clima da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, No 1. 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215/16909>. Acesso em: 12 jul. 2020.

FERREIRA, D. H. L.; PENEREIRO, J. C.; FONTOLAN, M. R. Análises estatísticas de tendências das séries hidro-climáticas e de ações antrópicas ao longo das sub-bacias do rio Tietê. In: **HOLOS**, Ano 31, Vol. 2, 2015.

FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P.; GALVÍNCIO, J. D.; SANTOS, A. M.; SOUZA, W. M. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. In: **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13 – Vol. 21, 2017.

FERREIRA, W. P. M.; SOUZA, C. F. **Caracterização climática das séries temporais de temperatura e precipitação pluvial em Sete Lagoas**, MG. 2011.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba**. In: EDUEFG, 1ª Edição. Campina Grande, 2017. p. 78.

FUNDAÇÃO SINTAF. **Os impactos das mudanças climáticas no Nordeste brasileiro**. Org: ARAÚJO, A. R.; BELCHIOR, G. P. N.; VIEGAS, T. E. S. 1. ed. – Fortaleza, CE, Instituto o direito por um planeta verde, 2016, p. 382.

FUSAMI, A. A.; NWEZE, O. C.; HASSAN, R. **Comparando o efeito do resultado do desmatamento por NDVI e SAVI**. In: International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 10, Issue 6, 2020.

GALVANI E.; LUCHIARI A. **Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido**. Aracajú VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2004, p. 20 - 29.

GALVÍNCIO, J. D. Mudanças climáticas e impactos ambientais. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. p. 1-23. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/894335>. Acesso em: 28 de abr. 2021.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador**. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C.A.F. (Org.). Clima urbano. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2013.

GRIMM A. M. **How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil?** Clim Dyn 22, 2004, p. 123 -138.

HIRSCH, R. M.; SLACK, J. R.; SMITH, R. A. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. **Water Resources Research**. v. 18, n. 1, 1982, p. 107-121.

HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V.; PEREIRA, M. L. F.; BRAGA, S. E.; ROLIM NETO, F. C.; ARAÚJO, W. R. **Geoespacialização dos índices climáticos: Aridez, umidade e hídrico na bacia hidrográfica do rio Ipojuca**. In: RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar. v.2, n.4, 2021.

HOLANDA, R. M.; RAIMUNDO, M. M.; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V. ARAÚJO, W. R.; PEREIRA, M. L. F. **Balanço Hídrico climatológico e decadal do município de Monteiro, Sertão Paraibano, Brasil**. In: RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, v.2, n.5, 2021.

HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). In: **Elsevier Science Publishing**, 1988.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Monteiro-PB**, 2021.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **São João do Cariri-PB**, 2021.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. **Índice de Vegetação**. 2021. Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/indiceVegetacao>. Acesso em: 20 de mai. 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Princípios de Meteorologia e Meio Ambiente**. (Org.) TEXEIRA, L.; TAVARES, A, P.; ARAÚJO, M. CPTEC/INPE, 2018. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml>. Acesso em: 13 jul. 2020.

IPCC. Alterações Climáticas 2013: **Parte da Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas**. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Lisboa-Portugal, 2013. p. 210.

IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: **The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU and B. ZHOU (eds.)]. Cambridge University Press. In Press, 2021.

JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, M. V.; SILVA, A. R.; SANTOS, A.; PANDORFI, H.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; LIMA, J. L. M. P.; SOUZA, L. S. B.; JÚNIOR, G. N. A.; LOPES, P. M. O.; MOURA, G. B. A.; SILVA, T. G. F. Spatiotemporal climatic analysis in Pernambuco State, Northeast Brazil. In: **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, 2021.

JORDAN, C. F. **Derivation of leaf area index from quality of light on the Forest floor.** *Ecology*, 50, 1969, p. 663-666.

KENDALL, M. G. **Rank correlation Methods.** 4.ed. Londres: Charles Griffin, 1975.

KONWAR, M.; DAS, S. K.; DESHPANDE, S. M.; CHAKRAVARTY, K.; GOSWAMI, B. N. **Microphysics of clouds and rain over the Western Ghat.** *J. Geophys. Res. Atmos.* 119, 2014, p. 6140 – 6159.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. **Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical south atlantic.** *Tellus*, v. 33, 1981, p. 538–551.

LARCEDA, F. F.; SILVA JÚNIOR, H. S.; ASSAD, E. D.; ASSIS, J. M. O.; MOURA, M. S. B. Extremos e variabilidade climática no Nordeste brasileiro e em Pernambuco. In:

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia.** In: Oficina de Textos, São Paulo. 2011.

LIMA, F. S.; ALMEIDA, N. V. Dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil. In: **Revista Brasileira de Geografia Física.** v.10, n.03, 2017, p. 699 -72.

LIMA, M. T. V.; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; NASCIMENTO, M. T. B. Koppen-Geiger and Thornthwaite climatic classification for the metropolitan region of the Cariri, Ceará. In: **Revista Geama,** Recife, 2017. p. 136 -143.

LIMEIRA, R. C. **Variabilidade e tendência das chuvas no estado da Paraíba.** Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande, 2008, p. 1-114.

LIU, W. T. H. **Índice de Vegetação.** In: SILVA, C. G.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; TUNDISI, J. G.; SÁNCHEZ, L. E.; HELENE, P.; SANTOS, R. F.; FLORENZANO, T. G. (Edt.), *Aplicações do Sensoriamento Remoto.* 2007.

LUCENA, D. B. **Impacto dos oceanos Pacífico e Atlântico sobre o clima do Nordeste brasileiro.** Tese. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, 2008, p.1 - 225.

LUCENA, D. B.; OLIVEIRA, J. V. P.; ANDRADE, A. R.; LIMA, P. R. C. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação nas Sub-Bacias do Rio Taperoá e do Alto Curso do Rio Paraíba. In: **Revista de Geografia (Recife).** V. 36, No. 3, 2019.

LUCENA, R. L.; FERRER, E.; GUILHERMINO, M. M. Mitigando os riscos da seca através de ações de recuperação e preservação do bioma caatinga no semiárido brasileiro. In: **Brazilian Journal of Development,** Curitiba, v.7, n.4, 2021, p. 36546 - 36557.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUZA, F. A. S.; DANTAS, F. R. C. Analysis of the standardized precipitation index for the Paraíba state, Brazil. **Ambi-Água,** Taubaté, v. 5, n. 1, 2010, p. 204 -214.

MANDÚ, T. B.; GOMES, A. C. S.; COSTA, G. B.; NEVES, T. T. A. T. Avaliação de tendência nas ondas de calor registradas em Manaus/AM, Brasil. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 16, Vol. 27, 2020.

MANN, H.B. Non-parametric tests against trend. **Econometria**, v. 13, 1945, p. 245-259.

MARENGO, J. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil**. Parcerias Estratégicas. Brasília, v.13, n. 27, 2008, p.149-176.

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

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E.; LARCEDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. In: Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande-PB, 2011.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P. M. A.; NOBRE, C. A.; RIBEIRO NETO, G. G.; MARGALHAES, A. R. TORRES, R. R.; SAMPAIO, G.; ALEXANDRE, F.; ALVES, L. M.; CUARTAS, L. A.; DEUSDARÁ, K. R. L.; ÁLVALA, R. C. S. **Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 °C**. Natural Hazards, 2020, p. 2589 -2611.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R. **Risco das Mudanças Climáticas no Brasil Análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia**. In: INPE, 2011.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. In: **Theoretical and Applied Climatology**, 2016.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A.; CAMARGO, H.; RIVEROS, M. P.; PABLÓ, A. D. 2013. **Two Contrasting Severe Seasonal Extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil**. n: Journal Of Climate, 2013.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R. **A seca de 2012-2015 no Nordeste e seus impactos**. In: Revista Parcerias Estratégicas, Edição Especial, v. 20, n. 41, 2015, p. 107-128.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R.; FONTENELE, D. **A seca plurianual de 2010-2017 no Nordeste e seus impactos**. In: Revista Parcerias Estratégicas, Brasília-DF, v. 22, n. 44, 2017, p. 17- 40.

MASIERO, E.; SOUZA, L. C. L. **Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um corpo d'água**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 4, 2013, p. 25-39.

MATOS, R. M.; SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. **Aptidão climática para a cultura**

do feijão caupi do município de Barbalha – CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 8, nº. 6, 2014, p. 422 - 431.

MATTA, M. A. S. **Gestão Hídrica e Ambiental.** In: V Curso De Especialização Em Gestão Hídrica E Ambiental. Universidade Federal do Pará. 2018. Disponível em: https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/349859/mod_resource/content/1/GEOCIE_NCIAS.pdf. Acesso em: 27 de fev. 2021.

MEDEIROS, B. C.; MEDEIROS, R. M.; PATRIOTA, M. R. A. **Climáticas em São João do Cariri – PB, a partir do Balanço Hídrico Climatológico.** Ciência e Natura, Santa Maria, v.38 n.3, 2016, p. 1403 - 1410.

MEDEIROS, F. J.; OLIVEIRA, C. P.; TORRES, R. R. **Climatic aspects and vertical structure circulation associated with the severe drought in Northeast Brazil (2012–2016).** In: Springer, 2020.

MEDEIROS, R. M. **Adaptação da planilha desenvolvida por ROLIM *et al.* no ambiente EXCEL para os cálculos de Balanço Hídricos sequencial.** 2019.

MEDEIROS, R. M.; BORGES, C. K.; FRANCISCO, P. R. M.; GOMES FILHO, M. F. **Variabilidade pluviométrica em São João do Cariri–PB.** In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2014.

MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M. **Classificação climática e Balanço Hídrico pelo método de Köppen e Thornthwaite do município de Barbalha, Ceará, Brasil.** In: Revista Equador (UFPI), Vol. 8, Nº 3, 2019. p.19 – 43.

MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; ARAÚJO, W. R.; SABOYA, L. M. F.; CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M. V.; COUTINHO JUNIOR, J. C. M. **Oscilação da precipitação, umidade relativa e temperatura mínima do ar em Barbalha – CE, Brasil.** RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR, 2021.

MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; SABOYA, L. M. F.; FRANCISCO, P. R. M. **Cálculo do Balanço Hídrico e da Erosividade para o município de Cabaceiras-PB.** In: ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21. 2015. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/Balanco%20hidrico.pdf>. Acesso em: 08 de maio. 2021.

MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; SABOYA, L. M. F.; FRANCISCO, P. R. M. **Classificação climática e zoneamento agroclimático de culturas para São João do Cariri – PB.** In: ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; 2015, p. 2984.

MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V.; ARAÚJO, W. R.; FILHO, M. C.; HOLANDA, R. M.; JUNIOR, J. C. M. C. **Comparativos das variabilidades do Clima e do conforto ambiental nos municípios de Campina Grande e Monteiro, PB.** In: Revista Científica Multidisciplinar, v.2, n.11, 2021.

MEDEIROS, R. M.; DUARTE, J. F. M. **Caju versus sorgo e sua aptidão climática no município de Recife - PE – Brasil**. In: Revista Percurso – NEMO. Maringá, v. 12, n.1, 2020, p. 03 - 18. Disponível em: <file:///C:/Users/socor/Downloads/49767-Texto%20do%20artigo-751375203005-1-10-20200714.pdf>. Acesso em: 14 de mar. 2021.

MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, p. 206.

MORAIS NETO, J. M.; BARBOSA, M. P.; ARAÚJO, A. E. **Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semi-árido paraibano**. In: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.11, n.1, 2007, p. 61-66.

NASCIMENTO, D. T. F.; LUIZ, G. C.; OLIVEIRA, I. J. **Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal (Brasil)**. In: Rev. Geo. UEG – Porangatu, v.5, n.2, 2016. p. 59 -86.

NASCIMENTO, F. R. **Os recursos hídricos e o trópico semiárido no Brasil**. In: GEOgraphia (UFF), v. 14, 2012, p. 82-109.

NASCIMENTO, S. S.; ALVES, J. J. A. **Análise dos processos de desertificação em São João do Cariri-PB através de indicadores climáticos e ambientais. 2009**. Disponível em: http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo8/060.pdf. Acesso em: 16 abr. 2021.

NATIVIDADE, U. A.; GARCIA, S. R.; TORRES, R. R. **Tendência dos Índices de Extremos Climáticos Observados e Projetados no Estado de Minas Gerais**. In: Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n. 4, 2017, p. 600 - 614.

NEVES, D. S. **OS IMPACTOS DA SECA DO NORDESTE: Uma questão histórica e social na região do Sertão Paraibano e no município de Bonito de Santa Fé – PB**. Trabalho de conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande. 2018.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; SOARES, D. B. **Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil**. In: Revista de Geografia Norte Grande, 63, 2016, p. 9 - 26.

NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil**. In: Boletim Goiano de Geografia, v 40, 2020. Disponível em:

NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. **Secas no Brasil: Políticas públicas e gestão proativas**. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2016.

OLIVEIRA, A. S.; PEREIRA, G. A.; RODRIGUES, A. F.; NETO, J. O. M. **Tendências em índices extremos de precipitação e temperatura do ar na cidade de Uberaba, MG**. In: Sustentare, v. 2, n. 1, 2018.

OLIVEIRA, P. T.; SANTOS E SILVA, C. M.; LIMA, K. C. **Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil**. *Theor. Appl. Climatol.* 2017.

OLIVEIRA, V. H. **Natural disasters and economic growth in Northeast Brazil: evidence from municipal economies of the Ceará State**. In: *Environment and Development Economics*, 2019.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: *Agronômica Ceres*, 1981, p. 436.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. **Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA**. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006, p. 112.

PAULA, R. K. **Cenário do Balanço Hídrico no Ceará decorrentes de mudanças climáticas**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada**. In: Curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia na unidade de Caxias do Sul. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UE_RGS.pdf. Acesso em: 09 de mar. 2021.

PBMC-Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo GT1**. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 2013, p.24.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**. *Hydrology and earth system sciences discussions*, v. 4, n. 2, 2007, p. 439 - 473.

PEREIRA, L. H. NASCIMENTO, P. S. S. **Avaliação das normais climatológicas em municípios do Nordeste brasileiro no período de 1961 a 2010**. In: *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, v. 6, n. 1, 2020. p. 13 - 27.

PEREIRA, R. A. **Impactos ambientais decorrentes das condições antroponaturais no município de São João do Cariri-PB**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. 2008.

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the changepoint problem. *Applied Statistics*, London, v. 28, n. 2, 1979, p. 126 - 135.

PLANCHON O.; ROSIER, K. **Climat et variabilité climatique dans le Nord-Ouest de l'Argentine: problèmes posés et analyse durant la deuxième moitié du vingtième siècle**. *Annales de l'Association Internationale de Climatologie*, 2, 2005, p. 55 -76.

POHLERT, T. **Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection**. 2015.

Potential Evapotranspiration and Water Balance. In: Climatology, v.10, n.3. Drexel Institute of Technology, Centerton. 1957.

QUÉNOL, H.; PLANCHON, O. E.; WAHL, L. Méthodes d'identification des cliesteirasviticolas. **Bulletin de la Société Géographique de Liège**, 51, 2008, 127 - 137.

REIS, E. A.; REIS, I. A. **Análise Descritiva de Dados.** Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG, 2002.

RIBEIRO, R. E. P.; ARAGÃO, M. R. S.; CORREIA, M. F. Distúrbio Ondulatório de Leste e Linhas de Instabilidade: Impacto na Precipitação no Estado da Paraíba. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.4. 2013, p. 837 - 856.

RODAL, M. J. N.; MARTINS, F.R.; SAMPAIO, E.V.S.B. **Levantamento quantitativo das plantas lenhosas em trechos de vegetação de caatinga em Pernambuco.** In: Revista Caatinga, Mossoró, v.21, n.3, 2008, p.192 - 205.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo.** In: Bragantia, Campinas, v.66, n.4, 2007, p.711-720.

ROSSATO, L.; ALVALÁ, R. C. S.; MARENGO, J. A.; ZERI, M. CUNHA, A. P. M. A.; PIRES, L. B. M.; BARBOSA, H. A. Impact of Soil Moisture on Crop Yields over Brazilian Semiarid. In: **Frontiers in Environmental Science**, 2017.

ROUSE, J.W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** In: **Third ERTS Symposium, Proceedings**, NASA SP-351, NASA, Washignton, DC, v. 1, 1973, p. 309 - 317.

RUZA, M. S.; CORTE, A. P. D.; PRUNZEL, J. **Mangue no Paraná: análise multitemporal do uso do solo no litoral paranaense para o período de 2000 a 2017.** In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goloá, Santos- SP, 2019.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais.** 2009, p. 101. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2009.

SABOYA, L. M. F.; MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; FRANÇA, M. V.; ARAÚJO, W. R.; NETO, F. C. R. **Monteiro -PB e suas variabilidades meteorológicas.** RECIMA21 -REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR. v. 2, n. 9, 2021.

SALVIANO, M. F.; GROPPPO, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. **Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil.** In: Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 1, 2016, p. 64-73.

SAMPAIO, E. V. S. B. **Adaptação do modelo do século para simular a dinâmica C e N da floresta seca da Caatinga antes e após o desmatamento.** Agric. Ecosyst. Environ. 254, 2018, p. 26-34.

SAMPAIO, E. V. S. B. **Overview of the Brazilian Caatinga**. In: Bullock, S.; Mooney, H.; Medina, E. (Org.). Seasonally dry tropical forests. 1 ed. CAMBRIDGE, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, v. 1, 1995, p. 35-63

SANTANA, A. S.; SANTOS, G. R. **Impactos da seca de 2012-2017 na Região Semiárida do Nordeste: Notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas**. In: boletim regional, urbano e ambiental, 2020.

SANTOS, A. R. **Capítulo 10 Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather, 1955**. In: DOCPLAYER. Universidade Federal do Espírito Santos-UFES. 2021. Disponível em: <https://docplayer.com.br/97930-Capitulo-10-balanco-hidrico-segundo-thornthwaite-e-mather-1955.html>. Acesso em: 12 de abr. 2021.

SANTOS, R. A.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. **Balanço Hídrico e classificação climática de Thornthwaite em Feira de Santana (BA)**. In: XII SBCG. VARIABILIDADE E SUSCEPTIBILIDADE CLIMÁTICA: Implicações Ecosistêmicas e Sociais. Goiânia (GO)/UFG. 2016. p. 1889 -1900.

SANTOS, R. A.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. **Balanço Hídrico e Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite no Município de Feira de Santana (BA)**. Geo UERJ, n. 33, 2018, p. 34159.

SANTOS, S. R. Q.; CUNHA, A. P. M. A.; RIBEIRO NETO, G. G. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no Nordeste do Brasil. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 15, Vol. 25, 2019.

SARAIVA, F. A. M.; PENHA, M.; SILVA, M. J. G.; MARTINS, E. P.; LISBOA, A. M.; SANTOS, C. F. **Classificação climática por Thornthwaite para as cidades de Porto Velho, Costa Marques e Vilhena**. In: Journal of Environmental Analysis and Progress, V. 03 N. 04. 2018, p. 339 - 346.

SCHMIDT, D. M.; LIMA, K. C.; JESUS, E. S. **Variabilidade Climática da Disponibilidade Hídrica na Região Semiárida do Estado do Rio Grande do Norte**. In: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. 2018.

SEN, P. K. **Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau**. Journal of the American Statistical Association. v. 63, 1968, p. 1379 -1389.

SENA, J. P. O. **Análise da precipitação pluviométrica em anos extremos no Cariri paraibano e suas consequências na agricultura e cobertura vegetal**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba. 2017.

SENA, J. P. O.; LUENA, D. B. Identificação de tendência da precipitação na Microrregião do Cariri Paraibano. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.5, 2013, p. 1400 -1416.

SENA, J. P. O.; MELO, J. S.; LUCENA, D. B.; MELO, E. C. S. **Caracterização da precipitação na microrregião do Cariri paraibano por meio da técnica dos quantis.** In: Revista Brasileira de Geografia Física, vol.07, n.05, 2014, p. 871 - 879.

SENA, J. P. O.; MORAES NETO, J. M.; LUCENA, D. B. **Variabilidade da precipitação em Sumé e São João do Cariri e suas consequências na agropecuária.** In: Revista Brasileira de Climatologia. Ano 15 – Vol. 25. 2019.

SÉRGIO, M, A, S.; ARAÚJO, M, O. L.; MOURA, M, O. Ocorrências de desastres naturais na região do Cariri paraibano. In: **REGNE**, Vol. 4, Nº Especial, 2018.

SILVA, D. F; SOUSA, F. A. S; KAYANO, M. T.; GALVÍNCIO, J. D. **Influência da Variabilidade Climática Global e de suas Escalas Temporais sobre a Precipitação no Alto Mundaú (PE).** RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física Recife-PE, Vol.2, n.03, 2010, p. 64-82. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232644/26657>. Acesso em: 12 jul. 2020.

SILVA, F. P.; BRITO, J. I. B.; OLIVEIRA, G. B. **Investigação da variabilidade interanual e interdecenal do clima do estado do Amazonas.** In: Ciência e Natura v.38 n.3, 2016, p. 1426 - 1439.

SILVA, G. A.; SOUZA, B. B.; SILVA, E. M. N.; **Influência do aquecimento global sobre as variáveis climatológicas e índice de conforto térmico no estado da Paraíba, Brasil.** J Anim Behav Biometeorol, v.3, n.4, 2015, p. 116 -119.

SILVA, G. S.; SILVA, W. S.; SILVA, A. L.; ALMEIDA, N. V.; ARAÚJO, L. E. **Análise da Precipitação da Microrregião do Cariri Oriental Paraibano.** In: REGNE, Vol. 4, Nº 1, 2018.

SILVA, J. L. B.; FILHO, R. A. O.; SILVA, M. V.; BATISTA, P. H. D.; LOPES, P. M. O.; MOURA, G. B. A. **Monitoramento espaço-temporal das condições biofísicas à superfície utilizando dados geoespaciais em região do Semiárido Brasileiro.** In: Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. Passo Fundo, v.29, 2021.

SILVA, L. L.; MENESES, H. E. A.; DANTAS, R. T.; COSTA, R, F.; MENESES, H. E. A. **Relações das precipitações da pré-estação com o período chuvoso no estado da Paraíba.** In: Revista de estudos ambientais. V. 14 n. 4, 2012.

SILVA, L. P.; SANTOS, P. R. A.; RIBEIRO, G. M. S.; MEDEIROS, S. E. L.; ABRAHÃO, R. **Análise das tendências climáticas e projeções futuras para Monteiro-PB.** In: Anais do I Congresso internacional de Meio Ambiente e Sociedade e III Congresso Internacional da diversidade do Semiárido. Campina Grande: Realize Editora, 2019.

SILVA, M. J.; GALVÍNCIO, J. D.; COSTA, V. S. O. **Abordagem interdisciplinar sobre a influência da Zona de Convergência Intertropical — ZCIT no Nordeste brasileiro.** In: Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais, Recife, V. 6, N. 1, 2017, p. 107-117.

SILVA, P. D.; MARTINS, J. V. S.; BORGES, P. F. **Balanço Hídrico climatológico como ferramenta ao planejamento agropecuário na região de Sobral- CE.** In: IV Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino - CONAPESC, Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56612>. Acesso em: 08 de maio. 2021.

SILVA, T. G. F.; QUEIROZ, M. G.; ZOLNIER, S.; SOUZA, L. S. B.; SOUZA, C. A. A.; MOURA, M. S. B.; ARAÚJO, G. G. L.; NETO, A. J. S.; SANTOS, T. S.; MELO, A. L. NETO, J. F. C.; SILVA, M. J.; ALVES, H. K. M. N. **Soil properties and microclimate of two predominant landscapes in the Brazilian semiarid region: Comparison between a seasonally dry tropical forest and a deforested area.** Soil & Tillage Research. In: ELSEVIER, 2021.

SILVEIRA, R. N. P. O.; FERNANDES, L. L.; SILVA, M. N. A. **Tendência de precipitações pluviométricas e avaliação da influência dos ENOS no distrito de Abunã, Rondônia.** Revista Brasileira de Gestão Ambiental, 11(1), 2017, p. 14 - 20.

SILVESTRE, M. R. **Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica: diagnóstico e propostas.** Tese. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista – UNESP. 2016.

SOME'E, B. S.; EZANI, A., TABARI, H. **Spatiotemporal trends of aridity index in arid and semi-arid regions of Iran.** Theor. Appl. Climatol. 111, 2013, p.149 - 160.

SOUZA, R. F. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do Semi-árido paraibano.** 2007, p.180. In: Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2007.

SOUZA, B. I. **Cariri Paraibano: Do silêncio do lugar a desertificação.** Tese Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. **Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade?.** In: Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, 2009, p. 462 - 472.

SUMESH, R. K.; RESMI, E. A.; UNNIKRISHNAN, C. K.; JASH, D.; SREEKANTH, T. S.; MOL RESMI, M. C.; RAJEEVAN, K.; NITA, S.; RAMACHANDRAN, K. K. **Microphysical aspects of tropical rainfall during Bright Band events at mid and high-altitude regions over Southern Western Ghats, India.** Atmos. Res. 227, 2019, p. 178 -197.

TAVARES, V. C.; RAMOS, N. L. A desertificação em São João do Cariri (PB): uma análise das vulnerabilidades. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.09, n.05, 2016, p. 1384-1399.

TEIXEIRA-GANDRA, C. F. A.; DAMÉ, R. C. F.; SIMONETE, M. A.; BACELAR, L. C. S.; DISCONZI, P. B.; SANTOS, J. P. **Modelagem estocástica: previsão das temperaturas para a localidade de Pelotas/RS/Brasil.** Revista Agro@mbiente on-line, v. 8, n. 1, 2014, p. 18 - 28.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographic Review**, v.38, 1948, p.55 - 93.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance: publications in climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. p. 104.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and Water Balance**. In: *Climatology*, v.10, n.3. Drexel Institute of Technology, Centerton. 1957.

TRIOLA, M. F. **Introdução a Estatística**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005, p. 682.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva fundamentos e aplicações brasileiras**. In: Nobel, 1980.

TUCCI, C.; CLARKE, R. **Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, [s.l.], v. 2, n. 1, p.135-152, 1997. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=57&SUMARIO=763>. Acesso: 27 de fev. 2021

TUCKER, C. J. **Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 2, 1979, p. 127 - 150.

USGS. **O Ciclo d'água**, The water cycle, Portuguese. 2021. Disponível em: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/o-ciclo-d-gua-water-cycle-portuguese?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects. Acesso em: 16 de abr. 2021.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfométricos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1991. 124P. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/classificacaovegetal.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

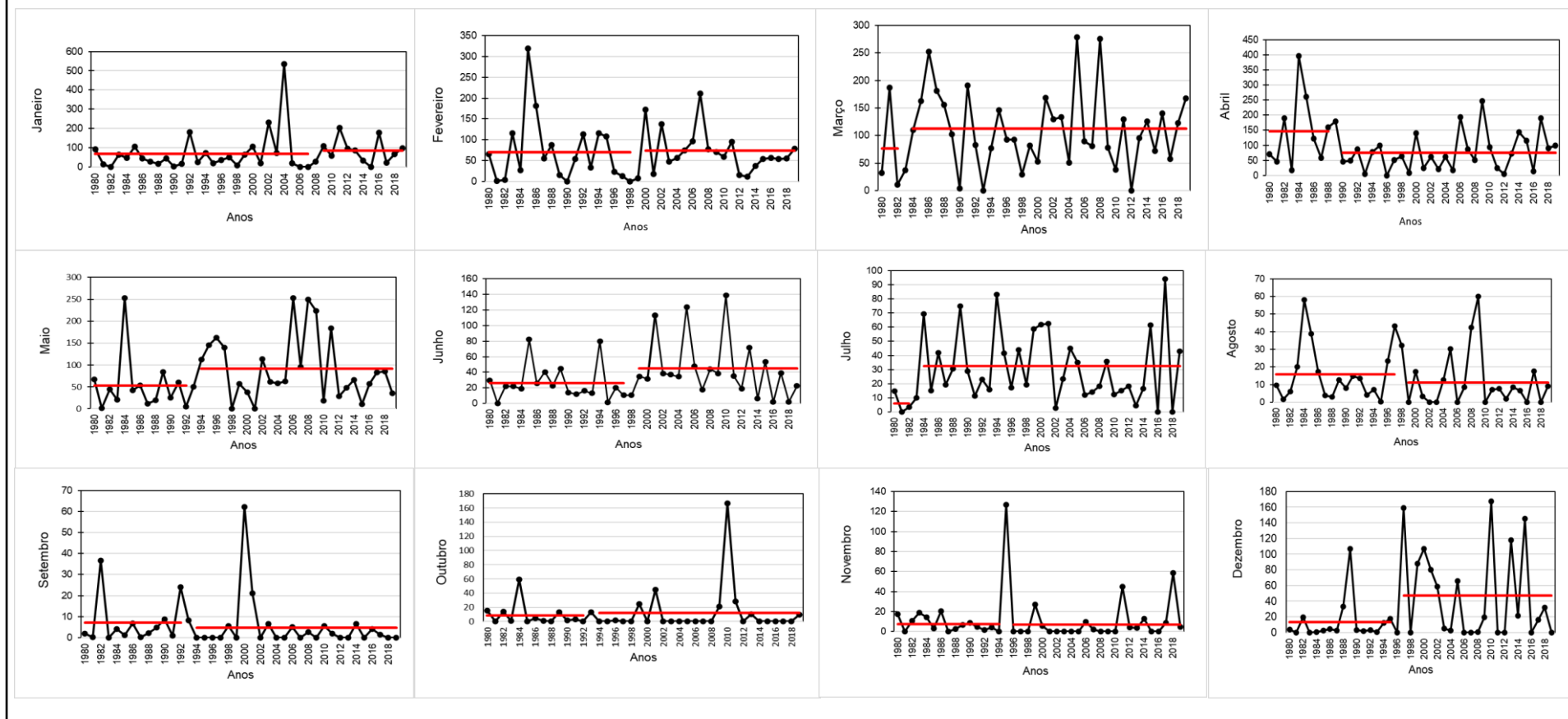
XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. **An update of Xavier, King and Scanlon (2016) daily precipitation gridded data set for the Brazil**. In: *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR*. INPE Santos-SP, Brasil. 2017.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). In: **International Journal of Climatology**, 2016.

A seguir estão expostas as informações dos testes de tendência equivalentes aos dados mensais de precipitação/temperatura e o Balanço Hídrico Sequencial dos municípios de Monteiro e São João do Cariri.

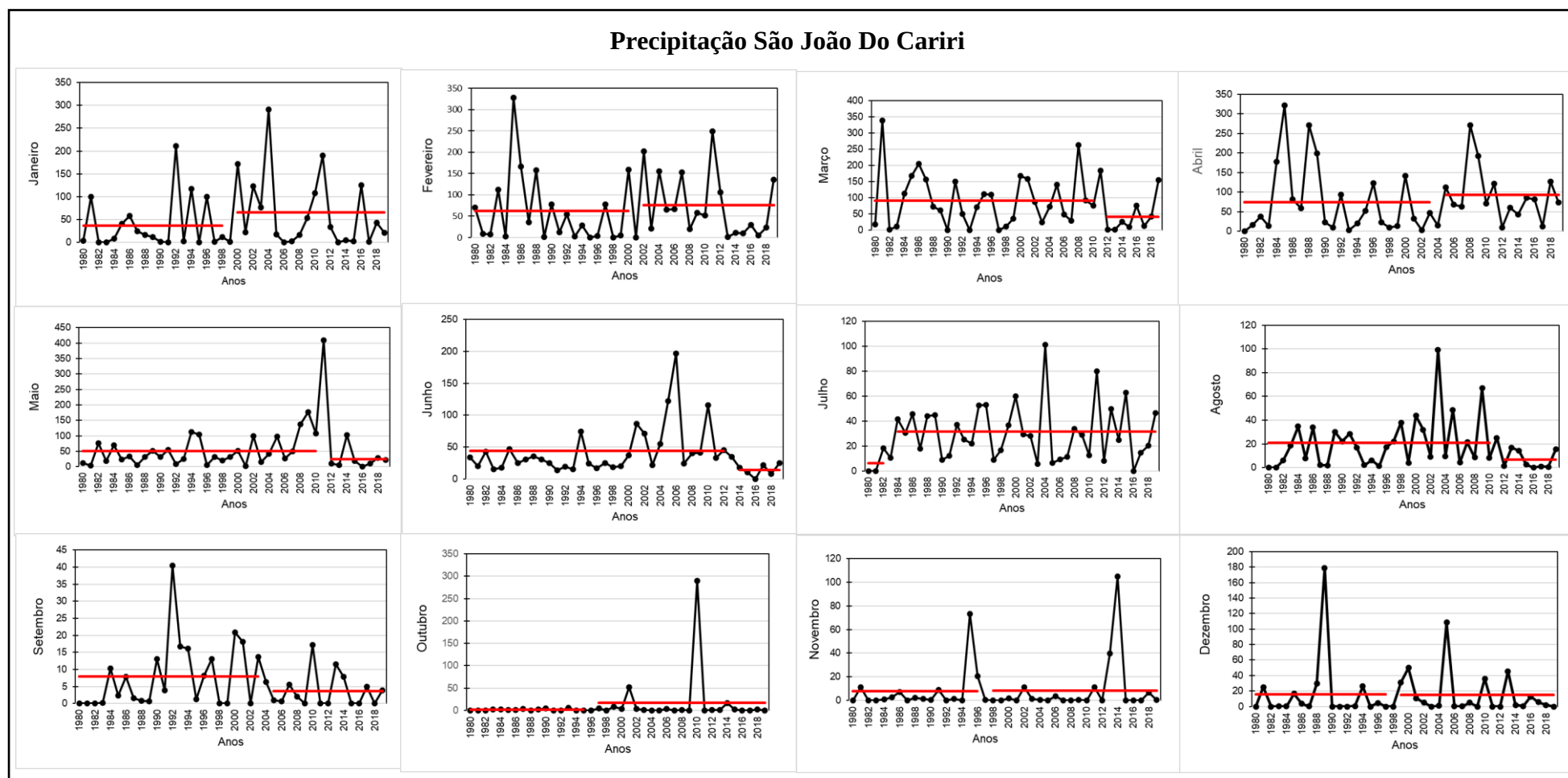
APÊNDICE A

Precipitação Monteiro



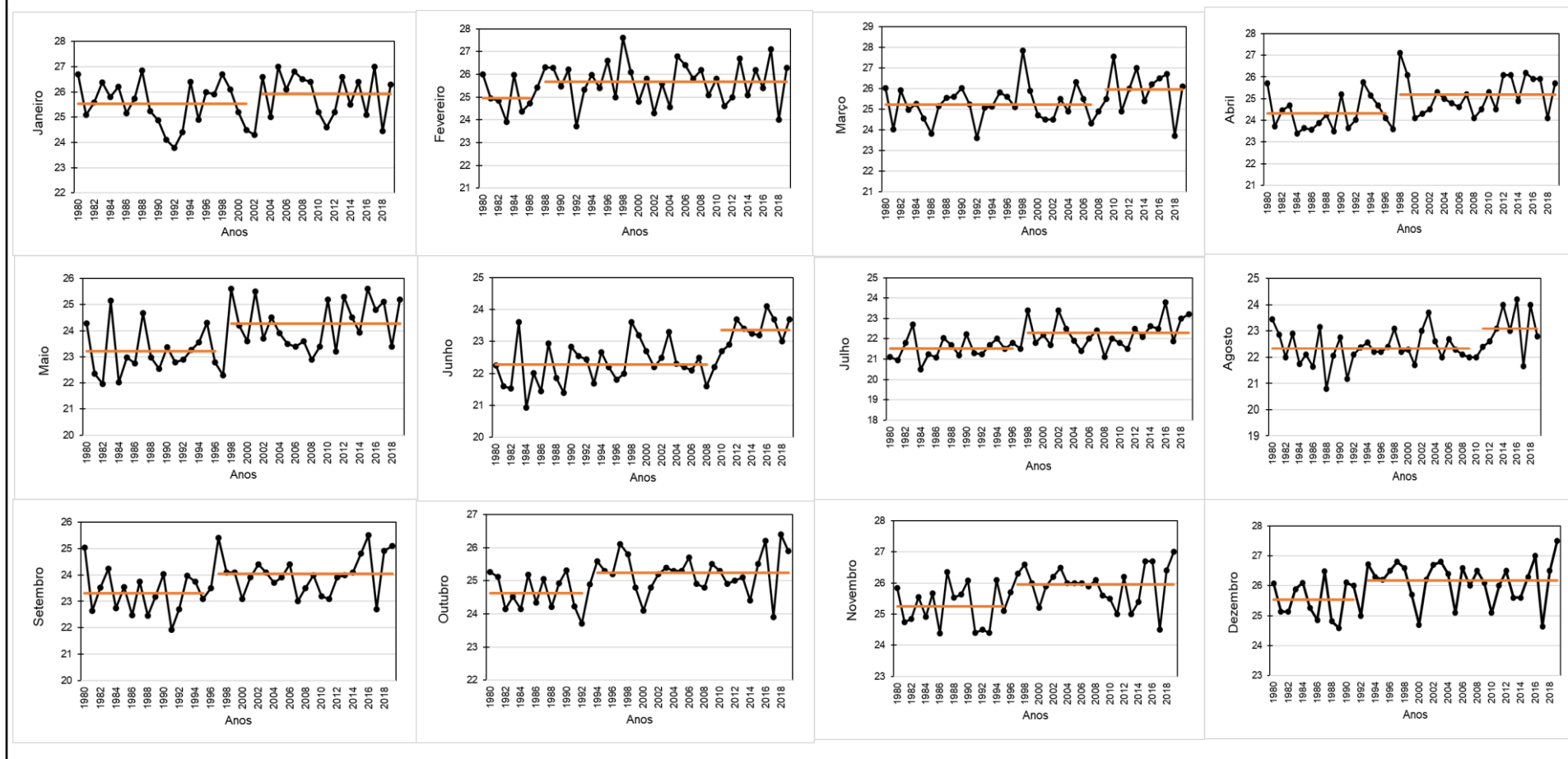
APÊNDICE B

Precipitação São João Do Cariri



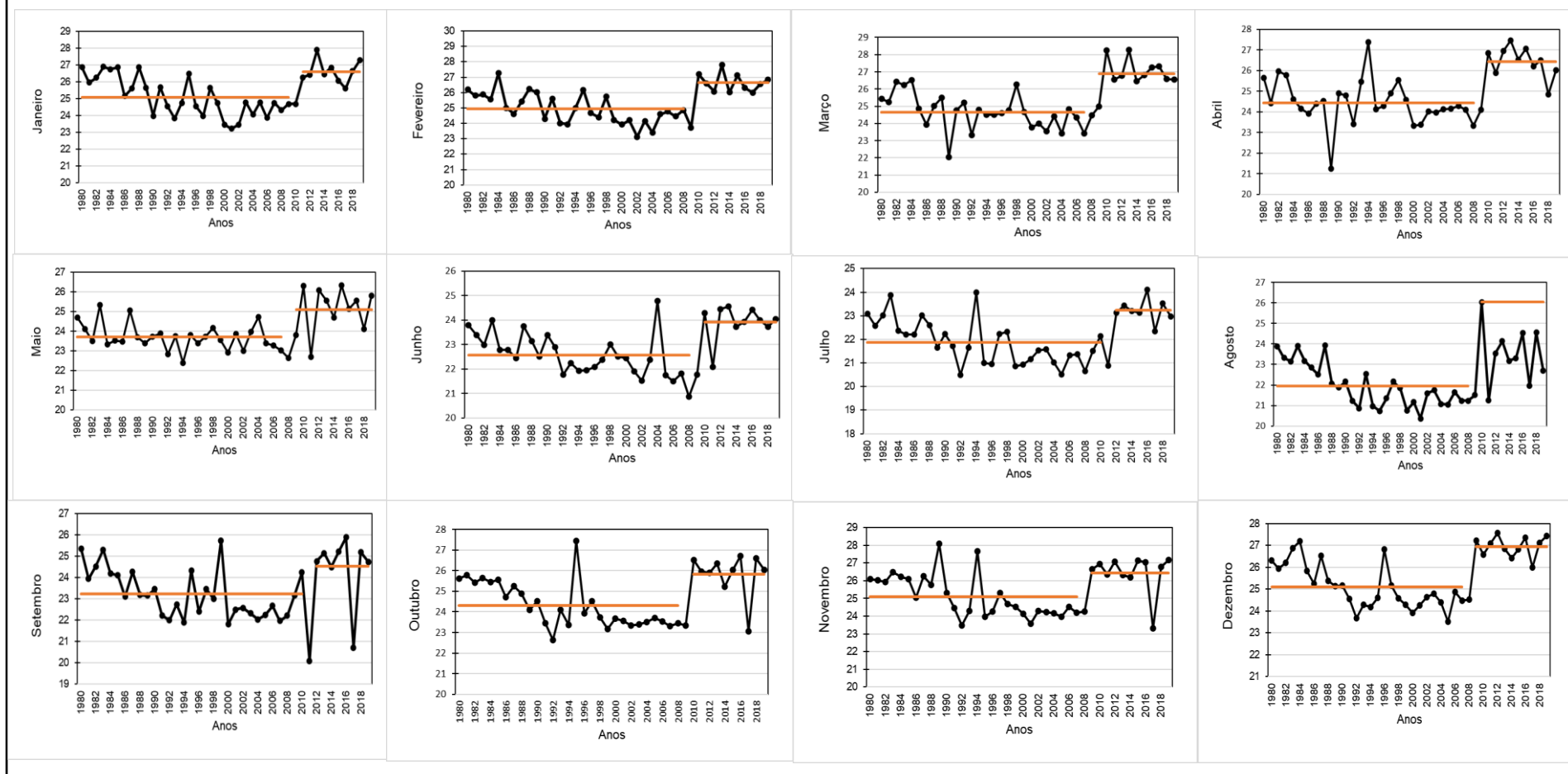
APÊNDICE C

Temperatura Monteiro



APÊNDICE D

Temperatura São João Do Cariri



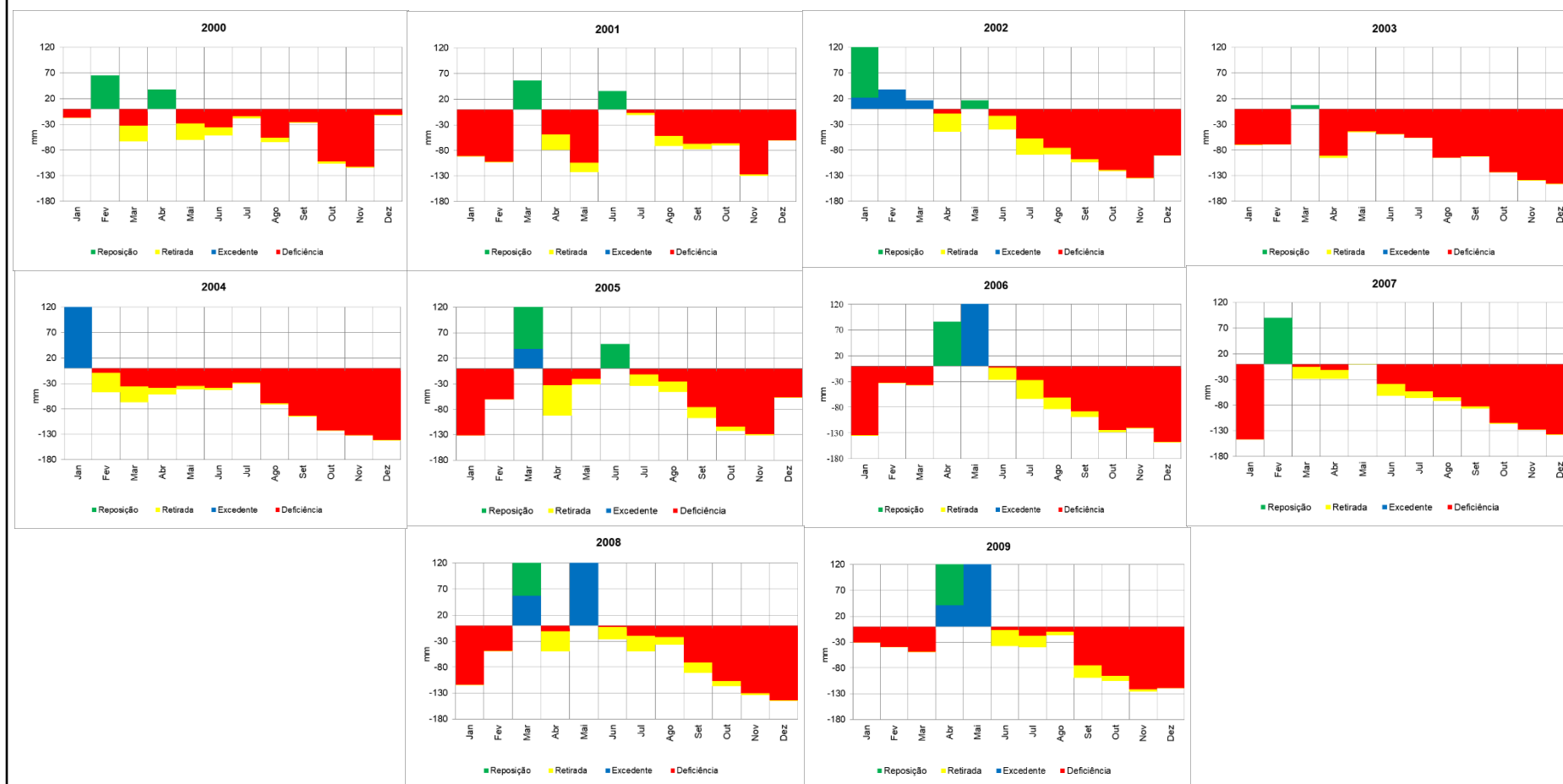
APÊNDICE F

Balanço Hídrico Sequencial da década 1990 do Município de Monteiro



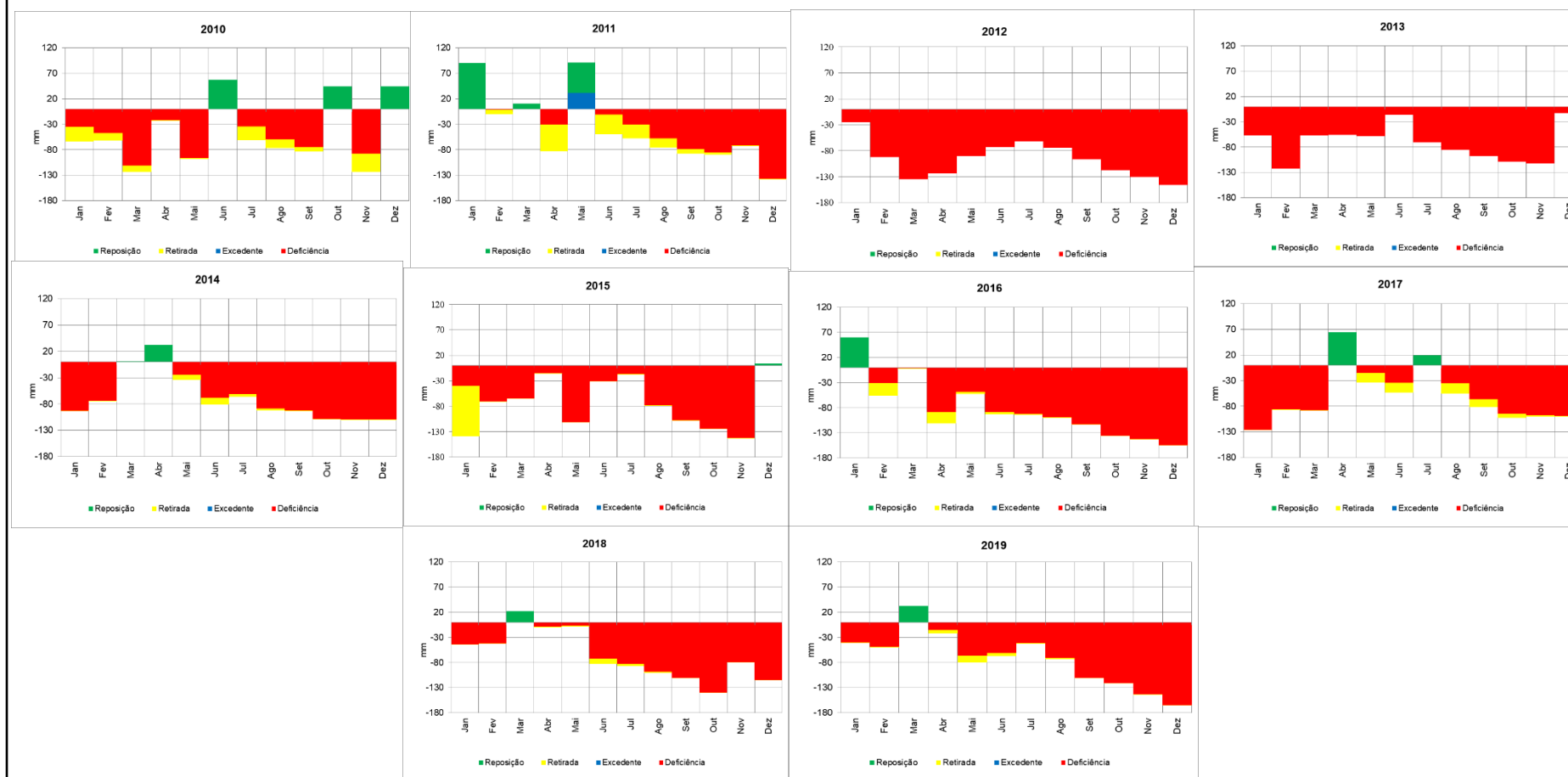
APÊNDICE G

Balanço Hídrico Sequencial da década 2000 do Município de Monteiro



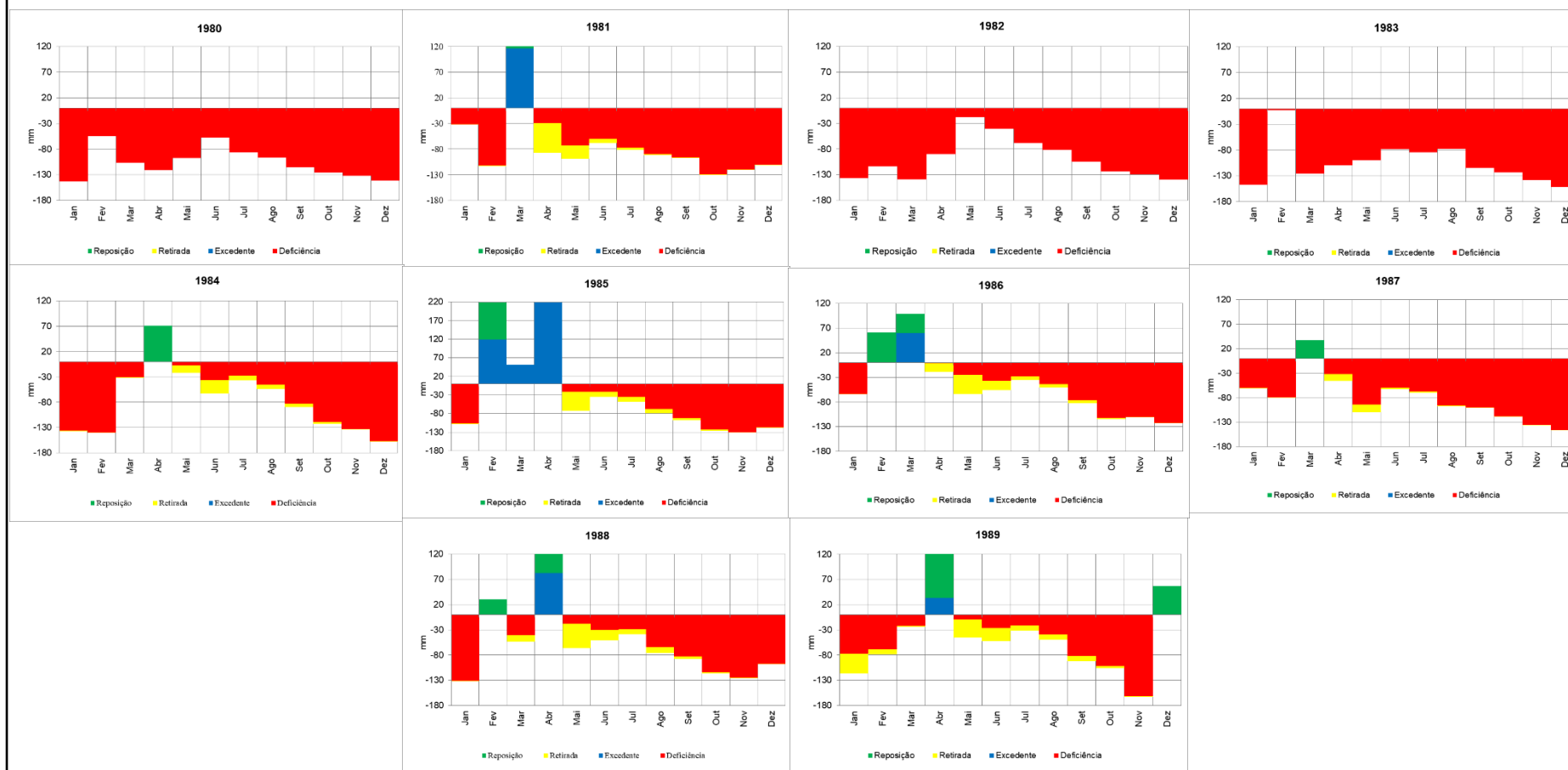
APÊNDICE H

Balanço Hídrico Sequencial da década 2010 do Município de Monteiro



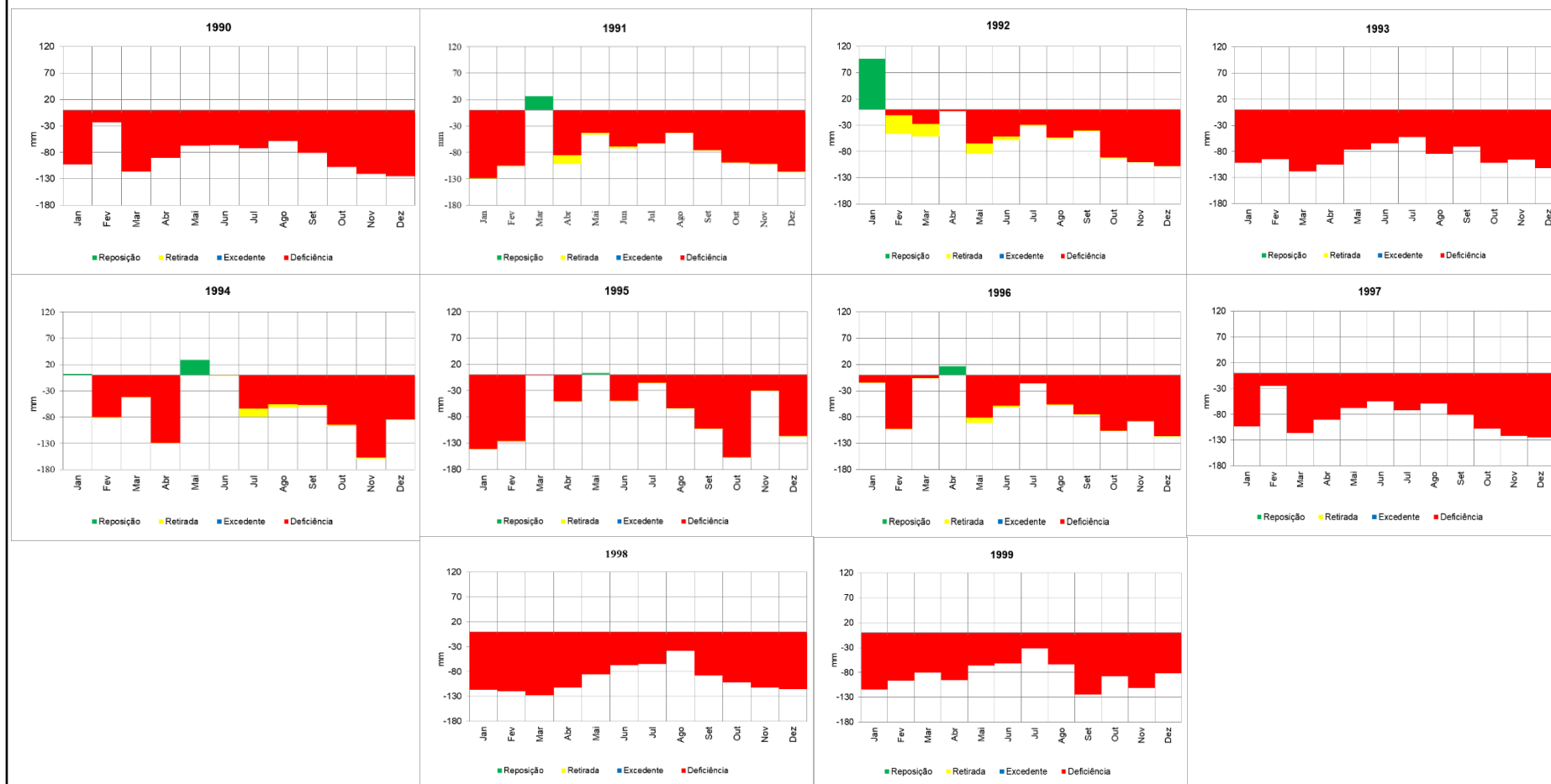
APÊNDICE I

Balanço Hídrico Sequencial da década 1980 do Município de São João do Cariri



APÊNDICE J

Balanço Hídrico Sequencial da década 1990 do Município de São João do Cariri





APÊNDICE L

Balanço Hídrico Sequencial da década 2010 do Município de São João do Cariri

