Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

VARIABILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE IBIMIRIM, ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL

Environmental variability in the municipality of Ibimirim, Pernambuco state, Brazil

Variabilidad ambiental en el municipio de Ibimirim, estado de Pernambuco, Brasil

Djailson Silva da Costa Júnior
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais / Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil
djailson_junior@hotmail.com

Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais / Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil
rinaldo.ferreira@ufrpe.br

José Antonio Aleixo da Silva
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais / Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil
jaaleixo@uol.com.br

Givanildo de Gois
Programa de Pós-Graduação em Geografia / Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, RO, Brasil
givanildogois@gmail.com

Mayara Maria de Lima Pessoa
Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), São João Evangelista, MG, Brasil
maypessoa@gmail.com

Vanessa Sousa da Silva
Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal / Universidade Federal de Viçosa (UFV),Viçosa, MG, Brasil
vanessa.sousas@hotmail.com

Resumo: Objetivou-se verificar falhas nos dados e preenchê-los; análise descritiva; quantificar a ocorrência de períodos de seca com índices SPI e PDSI; identificar os períodos chuvosos com Balanço Hídrico Climatológico. Os dados climáticos de 1990-2019, de Ibimirim-PE, foram oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia e Agência Pernambucana de Águas e Climas. Apontou-se falhas (~ 40%) para chuva e temperatura, a variabilidade, nos meses de agosto 16,67% e setembro 26,67%, valores nos meses seguintes de 3,33%; 10,00% e 6,67%. A ocorrência de chuvas > 40 mm, em janeiro, abril, maio e dezembro, fevereiro (107,23 ± 64,78 mm) e março (111,33 ± 92,59 mm), com os maiores volumes, os valores mínimos iguais a zero e máximos > 20 mm em janeiro, abril, e agosto-dezembro. Houve distribuição igualitária na temperatura, mais baixas entre junho-agosto. O SPI, identificou nos anos de 1991-1997; 1999-2003; 2006-2007; 2011; 2013; 2016; 2018 e 2019 próximos a normal; 1990; 2014; 2015; 2017 El Niño; 1998 La Niña; todos os anos moderadamente secos e 2012 extremamente seco La Niña. O PDSI extremamente úmidos 1998; 1999 e 2012 La Niña; 2014; 2015 e 2017 El Niño; e 2018 La Niña; moderadamente úmidos 2013 Neutro e 2019 El Niño, chuva média acumulada anual, < 520,66 mm outrora > 520,66 mm; ligeiramente úmidos 1990 El Niño e 2003 Neutro e úmido incipiente, 1991 e 1993 El Niño. Não houve excedente hídrico no solo, os valores de evapotranspiração potencial média anual de 1563,44 mm ano^{-1}, superior a precipitação anual, classificado assim como clima (DdA'a').

Palavras-chave: Chuva. Temperatura. Déficit de água. Períodos secos e chuvosos.

Abstract: The objective was to verify flaws in the data and fill them in; descriptive analysis; quantify the occurrence of dry periods with SPI and PDSI indices; identify the rainy periods with Climatological Water Balance. The climate data for 1990-2019, from Ibimirim-PE, were obtained from the National Institute of Meteorology and the Pernambuco Water and Climate Agency. Failures (~ 40%) were pointed out for rain and temperature, the variability, in the months of August 16.67% and September 26.67%, values in the following months of 3.33%; 10.00% and 6.67%. The occurrence of rainfall > 40 mm, in January, April, May and December, February (107.23 ± 64.78 mm) and March (111.33 ± 92.59 mm), with the highest volumes, the minimum values equal to zero and maximums > 20 mm in January, April, and August-December. There was an equal distribution in temperature, lower between June-August. The SPI, identified in the years 1991-1997; 1999-2003; 2006-2007; 2011; 2013; 2016; 2018 and 2019 close to normal; nineteen ninety; 2014; 2015; 2017 El Niño; 1998 La Niña; all moderately dry years and 2012 extremely dry La Niña. The Extremely Wet PDSI 1998; 1999 and 2012 La Niña; 2014; 2015 and 2017 El Niño; and 2018 La Niña; moderately wet 2013 Neutral and 2019 El Niño, average annual accumulated rainfall, < 520.66 mm formerly > 520.66 mm; slightly wet 1990 El Niño and 2003 Neutral and incipient wet, 1991 and 1993 El Niño. There was no water surplus in the soil, the annual average potential evapotranspiration values of 1563.44 mm $year^{-1}$, higher than the annual precipitation, classified as well as climate (DdA'a').

Keywords: Rain. Temperature. Water deficit. Dry and rainy periods.

Resumen: El objetivo era verificar fallas en los datos y completarlos; análisis descriptivo; cuantificar la ocurrencia de periodos secos con índices SPI y PDSI; Identificar los períodos lluviosos con el Balance Hídrico Climatológico. Los datos climáticos de 1990-2019, de Ibimirim-PE, provienen del Instituto Nacional de Meteorología y de la Agencia de Agua y Clima de Pernambuco. Se señalaron fallas (~40%) para lluvia y temperatura, variabilidad en los meses de agosto 16,67% y septiembre 26,67%, valores en los meses siguientes de 3,33%; 10,00% y 6,67%. La ocurrencia de precipitaciones > 40 mm, en enero, abril, mayo y diciembre, febrero (107,23 ± 64,78 mm) y marzo (111,33 ± 92,59 mm), con los mayores volúmenes, los valores mínimos iguales a cero y máximos > 20 mm en enero, abril y agosto-diciembre. Hubo una distribución igual de la temperatura, más baja entre junio y agosto. El SPI, identificado en los años 1991-1997; 1999-2003; 2006-2007; 2011; 2013; 2016; 2018 y 2019 cerca de la normalidad; 1990; 2014; 2015; El Niño 2017; 1998 La Niña; todos los años moderadamente secos y 2012 La Niña extremadamente seco. El PDSI Extremadamente Húmedo 1998; 1999 y 2012 La Niña; 2014; El Niño 2015 y 2017; y 2018 La Niña; moderadamente húmedo 2013 Neutro y El Niño 2019, precipitación media anual acumulada, < 520,66 mm antes > 520,66 mm; Ligeramente húmedo El Niño de 1990 y 2003 Neutro e incipiente húmedo, El Niño de

1991 y 1993. No hubo excedente de agua en el suelo, los valores de evapotranspiración potencial promedio anual de 1563.44 mm año^{-1}, superiores a la precipitación anual, clasificados así como el clima (DdA'a').
Palabras clave: Lluvia. Temperatura. Déficit hídrico. Periodos secos y lluviosos.

Submetido em: 21/01/2022
Aceito para publicação em: 19/10/2022
Publicado em: 28/10/2022

1. INTRODUÇÃO

Na América do Sul (AS) existem três áreas semiáridas: a região Guajira, na Venezuela e Colômbia; a diagonal seca do Cone Sul, com vastas áreas degradadas pela aridez, ao longo da Argentina, Chile e Equador e, por fim, a Região Nordeste do Brasil (NEB).

Vale destacar que, o NEB é a região mais susceptível às alterações do clima, devido a existência de secas severas, aridez, desertificação e mudanças na paisagem (MARENGO et al., 2011), principalmente perante os efeitos da temperatura do Pacífico e Atlântico, o que ocasiona em cenários de dias com baixas taxas pluviométricas e elevadas temperaturas do ar seguidas de eventos de secas mais frequentes, ou cíclicas (MARENGO et al., 2018).

A área fitogeográfica das Caatingas no NEB, destaca-se por apresentar temperaturas médias anuais elevadas e constantes, estende-se por cerca de 800.000 km^2 (IBGE, 2012) e inclui os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, região norte e central da Bahia e uma faixa estendendo se em Minas Gerais seguindo o rio São Francisco, juntamente com um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha. A ilha de Fernando de Noronha também deve ser incluída (ANDRADE-LIMA 1981).

Embora as secas não se restrinjam ao NEB, como elencado por diversos pesquisadores (LYRA; OLIVEIRA JÚNIOR; ZERI, 2014; GOIS et al., 2020). Os estados do NEB sofrem frequentemente com secas prolongadas, devido a variabilidade espaço-temporal da chuva local e/ou regional, e às oscilações dos sistemas meteorológicos de pequena e grande escalas, aos modos de mudança do clima e às condições fisiográficas da região, onde os efeitos da altitude, do relevo, servem de base para a umidade, influenciar no clima local da América do Sul. E por fim a maritimidade e continentalidade representam a proximidade ou não de grandes massas de água, influenciando a umidade relativa do ar e amplitude térmica (MOLION; BERNARDO, 2002; REBOITA et al., 2010; MARENGO et al., 2015; LYRA et al., 2017; MARENGO et al., 2018; COSTA et al., 2020).

Perante os cenários existentes de secas nas regiões semiáridas em geral, embora sejam áreas adaptadas à semiaridez, projetam-se impactos negativos para as diversas atividades desenvolvidas, tais como: agrícola, geração de energia elétrica, abastecimento de água potável das cidades, a geração de emprego e renda (turismos) (NAE, 2005; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2012), assim como na vegetação nativa ou exótica, devido ao aumento do déficit hídrico no solo faz com que

afete sua biodiversidade e todo funcionamento de seus ecossistemas (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017; THOMAZINI et al., 2015).

A água torna-se fonte essencial para o desenvolvimento da vida e sua disponibilidade leva a uma extraordinária diversificação, tanto biológica como cultural. Grande parte de oito dos nove estados da região Nordeste do Brasil e o norte de Minas Gerais é afetado constantemente pela falta de chuvas, caracterizando o clima semiárido da região. A Caatinga possui vegetação exclusiva da NEB recobre boa parte da região semiárida do Brasil e as plantas, animais e humanos que ali habitam convivem com uma oferta de água esporádica, irregular e imprevisível (BACCI; PATACA, 2008; PEIXOTO; LUZ; BRITO, 2016, THOMAZINI et al., 2015)

As limitações climáticas impostas pelo semiárido constitui uma característica importante que determina a natureza da Caatinga. O clima semiárido possui uma precipitação média anual em torno de 800 mm por ano e em períodos mais chuvosos pode chegar a 1000 mm por ano e nos mais secos, apenas 200 mm por ano. As temperaturas médias anuais variam de 25°C a 30°C em toda região (PEIXOTO; LUZ; BRITO, 2016; GARBIN et al., 2017).

Não diferente desta realidade, os relatórios sobre mudanças climáticas globais indicam aumentos da temperatura e redução de precipitação nas regiões tropical e subtropical (IPCC, 2001; IPCC, 2007). Tal realidade climática inclui o NEB como área de ocorrência de desastre natural, devido aos seus eventos climatológicos, no qual a seca corresponde a 71,3% deles e que impactam na região (FREITAS, 2018), justamente o que agrava a situação, como tem sido observado em várias pesquisas, cujos cenários são, de secas de longa duração no decorrer dos anos, inclusive nos meses com histórico de maiores registros de chuva com distribuições irregulares (MEDEIROS, FRANCISCO, BANDEIRA, 2012; FRANCISCO, MEDEIROS, SANTOS, 2015; LOPES et al., 2016; MANIÇOBA et al., 2017).

Nas últimas décadas, diversos eventos climáticos de secas têm acarretado alterações nos ciclos hidrológicos como consequência do processo de urbanização, como a diminuição da evapotranspiração, devido ao desmatamento, o aumento da chuva, pois as atividades humanas nas áreas urbanas produzem maior número de núcleos de condensação; ainda, a impermeabilização e compactação do solo ocasionam a diminuição da infiltração da água e o aumento do escoamento superficial, consequentemente, provocam maior erosão do solo e aumento do processo de assoreamento, também geram mudanças no nível do lençol freático, podendo ocorrer redução ou esgotamento deste (ROSA, 2017). Outras alterações

são a ocorrência do aumento no número de enchentes e a poluição das águas superficiais e subterrâneas (SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2014).

E assim influencia no grau de umidade do solo, e consequentemente, na disponibilidade de reservas subterrâneas de água (IPCC, 2001; IPCC, 2007). Os cenários de mudanças climáticas e do uso do alternativo do solo, com supressões vegetais tem sido responsáveis pelas alterações hídricas no solo, que muitas das vezes podem limitar o desenvolvimento da vegetação, em destaque nas regiões áridas e semiáridas (YU et al., 2018). Barros et al. (2012) destacaram que além da chuva, outros fatores meteorológicos como: temperatura, umidade do ar, radiação solar e a evapotranspiração potencial afetam o clima.

O conhecimento dos mais variados fatores ambientais são premissas básicas para avaliar os recursos hídricos disponíveis em uma região, pois não se pode afirmar se uma região é considerada seca ou úmida apenas com base nas informações disponíveis de acumulados de chuva, sendo, portanto, necessário o conhecimento das condições hídricas do solo, por meio do Balanço Hídrico Climático (BHC) (GOIS et al., 2019).

O BHC é uma ferramenta essencial na tomada de decisões por parte dos gestores de políticas de combate as secas, onde atingem diversas regiões do mundo (GARRIDO, 1999; MEDEIROS et al., 2013; REZAEI; MOHAMMADI, 2017; CASSETARI; QUEIROZ, 2020). Desta forma, diversos pesquisadores abordam o BHC, diante das informações relevantes quanto aos quantitativos, geradas pelos elementos climáticos como chuva e temperatura do ar, tais decisões por exemplo são aplicadas por agrossilvicultores em regiões áridas e semiáridas (OLIVEIRA et al., 2010; JILLO et al., 2017; ALBUQUERQUE et al., 2020).

Porém, na tentativa de quantificar e caracterizar a seca, várias metodologias vêm sendo adotadas por diversos pesquisadores, entre as quais se destacam os índices de seca, que se fundamentam nas variáveis climatológicas e métodos estatísticos visando determinar a intensidade, a duração e a frequência de ocorrência deste fenômeno (BARRA, 2000). Existe uma imensa quantidade de índices de seca, que vem sendo utilizados amplamente em diversos países, e principalmente nos Estados do NEB. Dentre os índices mais utilizados na caracterização da seca agrícola destacam-se: O PDSI (PALMER, 1965), SPI (McKEE et al. 1993 e 1995), IPN (WILLEKE et al. 1994) e o MD (GIBBS; MAHER, 1967). Todos esses índices têm sido empregados nas últimas décadas, por vários pesquisadores com o objetivo de auxiliar os agricultores e tomadores de decisão, no que se refere à avaliação temporal e espacial da seca (ALLEY, 1984; KUMAR; PANU,

1997; DAI; TRENBERTH; KARL, 1998; NKEMDIRIM; WEBER, 1999), em sistemas de monitoramento de secas (LOHANI; LOGANATHAN, 1997; LOHANI; LOGANATHAN; MOSTAGHIMI, 1998), e previsão de produtividade das culturas (SAKAMOTO, 1978; KUMAR; PANU, 1997).

Algumas pesquisas têm evidenciado a presença de seca severa na região semiárida brasileira, com histórico de elevadas taxas de evapotranspiração, alto déficit hídrico ao decorrer dos anos (MEDEIROS; FRANCISCO; BANDEIRA, 2012; LOPES et al., 2016; MEDEIROS, 2018). No qual apresenta alta variabilidade interanual e intrasazonal da chuva, com a influência térmica dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropical controlando os períodos de anos de seca e enchentes (MOURA; SHUKLA, 1981; ROPELEWSKI; JONES, 1987; ROPELEWSKI; HALPERT, 1987).

Desta forma, vários estudos sobre clima e sua variabilidade interanual e intrasazonal das chuvas no Nordeste do Brasil têm sido retratadas há muitos séculos (CHRISTOFOLETTI, 1979; ALVES, 1953; COELHO, 1985; FROTA, 1985; FOURNIER, 1989; GUERRA, 1981; RIBEIRO, 2001). A estrutura política, por trás do elemento climático, com seus desmandos e interesses particulares é um elemento histórico que acompanha o cotidiano do nordestino e os temas voltados à questão da água são pontos polêmicos. São fenômenos que vêm se agravando com a tensão ambiental global e que caracterizam os modos de ocupação da região, limitando ou desenvolvendo uma estrutura beneficiada pelas políticas de combate à seca (ALVARGONZALEZ, 1984; HASTENRATH; GREISCHAR, 1993; NOBRE; SHUKLA, 1996; ANGELOTTI; FERNANDES JÚNIOR; SÁ, 2011; MARENGO et al., 2011).

Sabe-se que, o período chuvoso, na sua porção mais semiárida, é curto se concentrando nos primeiros seis meses do ano, com um período mais seco nos últimos seis meses, refletindo no acúmulo de água a superfície, que escoa para os reservatórios hídricos da região (ALVES et al., 2009; QUEIROZ, 2020).

Segundo Marengo et al., (2011) entre os principais fatores que determinam a variabilidade do clima na região semiárida, se acham a posição geográfica, o relevo, as características da superfície e os sistemas de tempo atuantes na região. As circulações do verão austral nos trópicos são fortemente influenciadas pelas ondas estacionárias, particularmente sobre a América do Sul, onde se desenvolve uma circulação quase-estacionária, em altos níveis, chamada Alta da Bolívia (AB). Associado à circulação há um cavado que, eventualmente, se fecha, e é denominado vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN) do Nordeste do Brasil. Esta circulação está relacionada às fontes de calor sobre o continente sul-americano e a outras de origem remota (FIGUEROA; SATYAMURTY; DIA, 1995; FIGUEROA; KAYANO; NOBRE, 1997; GANDU; DIAS, 1998). Referidas circulações exercem

grande influência sobre o clima do Brasil. As variações interanuais da posição e intensidade da AB estão relacionadas à precipitação na região (FIGUEROA; KAYANO; NOBRE, 1997). O cavado do Nordeste está associado aos VCAN (RAO; BONATTI, 1987), cuja penetração no continente está associada à precipitação no Nordeste do Brasil (KOUSKY; GAN, 1981). O mais importante sistema causador de chuvas na região é a zona de convergência intertropical (ZCIT), que representa o eixo do cavado equatorial e suas variações em posição e intensidade que estão diretamente relacionadas às alterações nas posições e intensidades das altas subtropicais do Atlântico Norte e Sul. A ZCIT apresenta, no Atlântico, a convergência dos ventos alísios do Norte e Sul, com movimentos ascendentes, baixas pressões, nebulosidades e chuvas abundantes e segue, preferencialmente, as regiões em que a temperatura da superfície do mar TSM é mais elevada.

Portanto, entender os fatores que desencadeiam o fenômeno seca na região semiárida da estação de Poço da Cruz, Ibimirim-PE, é fundamental para ações de mitigação via Governo e Sociedade baseado em futuras políticas públicas. Assim, o estudo tem por objetivo fazer i) uma análise de consistência dos dados pluviométricos faltosos da estação de Ibimirim-PE; ii) Preencher as falhas de dados da série temporal do período de 1990 a 2019, através da aplicação de técnica de imputação de dados; iii) realizar uma análise estatística exploratória dos dados pluviométricos e de temperatura médias anuais e mensais na região; iv) quantificar a ocorrência de períodos de seca através dos índices SPI-12 e PDSI, na área de estudo; v) identificar os períodos secos e chuvosos via técnica de quantis nos intervalos de 25%, 50%, 75%, 95%, 99% e 100%; e por fim vi) quantificar o déficit hídrico do solo, por meio do Balanço Hídrico Climatológico (BHC).

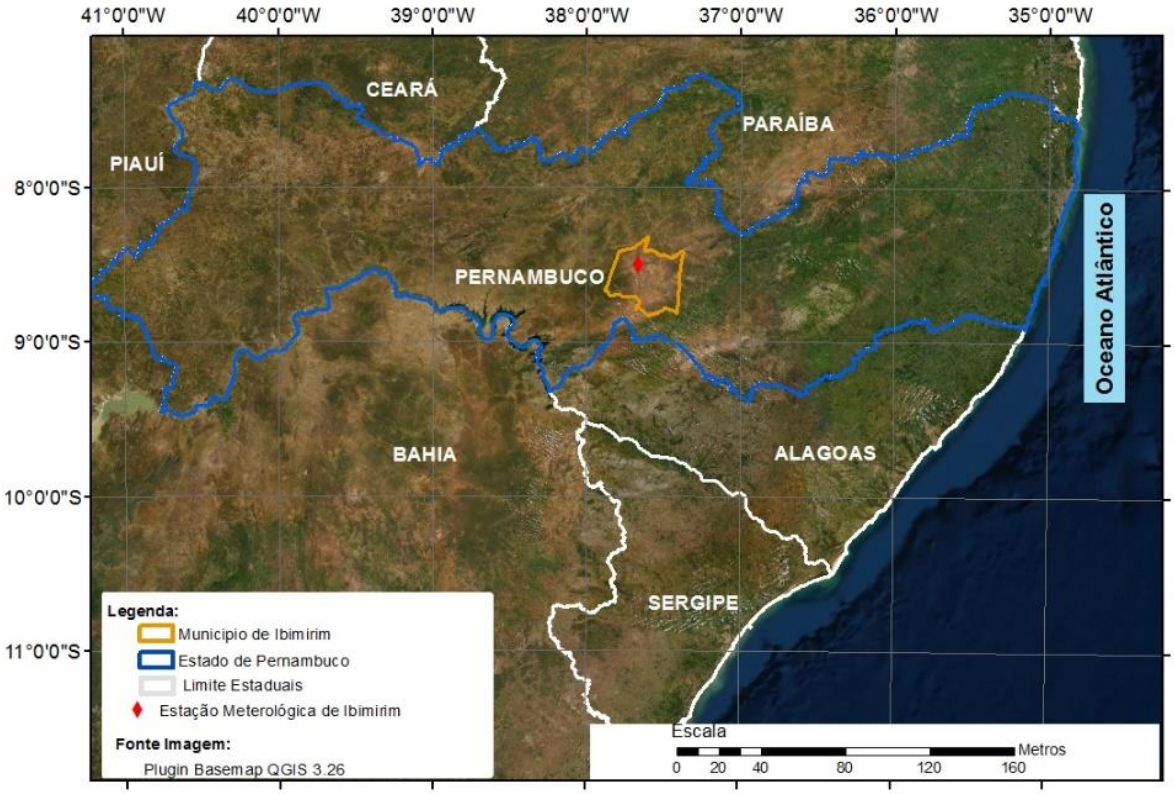
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e caracterização

O município de Ibimirim está localizado no estado de Pernambuco (PE), na região NEB, entre as latitudes 8° 32’ 26” Sul (S) e longitudes 37° 41' 25" Oeste (O) e uma altitude de 401 m, possui uma área de 2033,59 km². Limita-se ao Norte (N) com Sertânia e Custódia, ao Sul (S) com Inajá e Manari; ao Leste (L) com Tupanatinga e a Oeste (O) com Floresta (Pernambuco) (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima de Ibimirim é semiáridos (BSh) com características intermediárias entre climas desérticos (BW) e climas úmidos, com potencial agrícola e ecológica, com chuva média de 43,39 mm e anual de 1301,64 mm, os maiores registros de chuvas

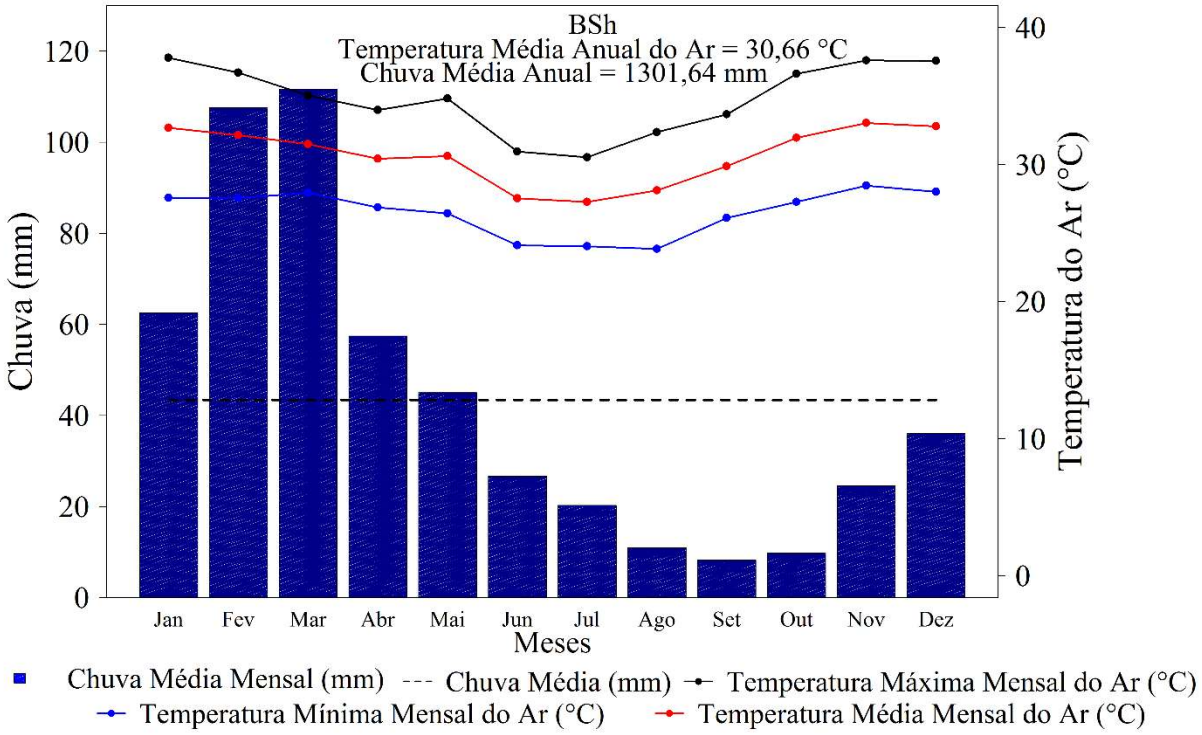
ocorrem nos meses de janeiro a julho, com médias de 51,59 mm, e uma significativa redução das chuvas entre agosto a dezembro, nos quais as médias são inferiores a 17,90 mm. A temperatura média anual é em torno de 30,66 °C, a estação de verão é muito quente, com temperaturas máximas entre 30,52 °C a 37,80 °C, e mínimas entre 23,85°C e 28,47 °C. O inverno é ameno, com máximas entre 26 °C e 33 °C, e mínimas entre 11 °C e 16 °C, primavera bastante quente, com máximas que chega aos 40 °C (Figura 2).

Figura 1 – Localização do estado de Pernambuco e da estação meteorológica, Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 2 – Climograma e classificação climática de Köppen's (1948), Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil, de acordo com dados obtidos no INMET e APAC.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

2.2 Série temporal climática e preenchimento de falhas

As séries temporais climáticas (chuva e temperatura do ar) foram disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), que possuem uma estação meteorológica automática (EMA) em Ibimirim, estado de Pernambuco, com dados do período de janeiro de 1990 a dezembro de 2019. A referida EMA está situada a uma altitude de 448 m e nas coordenadas de 8° 32’ 26” Sul (S) e longitudes 37° 41' 25" Oeste (Figura 1).

Foram contabilizados os percentuais de falhas nos dados de chuva e temperatura do ar, via função “mstats”, e o posterior preenchimento as respectivas falhas pelo pacote (MICE) “mtsdi”, via software “R” versão 3.4.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

2.3 Escolha do método de imputação

A escolha do melhor método de imputação de dados, neste estudo se baseia na técnica sugerida por Harrel (2001), em que os percentuais (%) de dados faltantes da variável

sobre análise seguem os seguintes critérios: i) Percentual ≤ 0,05: aplica-se a imputação única ou analisa somente os dados completos; ii) Percentual entre 0,05 e 0,15: imputação única pode ser usada aqui provavelmente sem problemas, entretanto o uso da imputação múltipla é indicado; iii) Percentual ≥ 0,15: A imputação múltipla é indicada na maior parte dos casos.

A metodologia de Harrel (2001) aplicado o processo de imputação múltipla, via pacote "MICE", em que a imputação leva em consideração as estruturas de dependência entre as variáveis e a dependência temporal de cada variável (JUNGER, 2008; BUUREN; OUDSHOORN, 2011; OLIVEIRA et al., 2020).

Porém, vale destacar que um dos grandes problemas nas mais diversas áreas do conhecimento, é a ocorrência de dados faltantes (missing data), especialmente na área de Meteorologia e Climatologia (NUNES; KLÜCK; FACHEL, 2010; KOWARIK; TEMPL, 2016; GRUND; LÜDTKE; ROBITZSCH, 2016), mas as diversas áreas do conhecimento como de Saúde e das Ciências Sociais (ZHANG, 2016). Determinar a abordagem física adequada para conjuntos de dados com observações incompletas é uma questão que pode ser bastante delicada, pois a utilização de técnicas ou metodologias inadequadas pode levar a conclusões erradas sobre o fenômeno estudado. O desenvolvimento de métodos estatísticos direcionados a solucionar problemas de dados faltantes tem sido uma área de pesquisa bastante ativa nas últimas décadas, em que inúmeros trabalhos tem sido realizados (GOIS et al., 2019; COSTA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021). Em que a falta de dados é um grande desafio no planejamento e análise dos estudos de climatologia, nos quais, frequentemente, o objetivo é determinar preditores que contribuem para prever a ausência ou presença de um determinado fenômeno em uma região específica.

Para contornar esse problema, desde os anos 80 surgiram técnicas estatísticas que envolvem imputação de dados faltantes. Essas técnicas têm por objetivo "completar" os dados faltantes e possibilitar a análise com todos os indivíduos do estudo (NUNES; KLÜCK; FACHEL, 2010). As primeiras técnicas de imputação desenvolvidas envolviam métodos relativamente simples, tais como, substituição dos dados faltantes pela média, pela mediana, por interpolação ou até por regressão linear. Todas essas técnicas mencionadas permitem "preencher" os dados faltantes por meio do que se chama de imputação única, ou seja, o dado ausente é preenchido uma única vez e então se utiliza o banco de dados

completo para as análises. Entretanto, a incerteza associada à imputação deve ser levada em conta para que os resultados obtidos com os dados completos sejam válidos, pois os valores imputados não são valores reais. Para solucionar essa questão foi desenvolvida a técnica de Imputação Múltipla (IM) (NUNES; KLÜCK; FACHEL, 2010). A literatura sobre imputação múltipla tem se expandido muito desde o início da década de 90.

Entretanto para a área de climatologia temos alguns trabalhos desenvolvidos com a imputação de dados, vale salientar os trabalhos de: GOIS et al., 2019 em um estudo sobre a variabilidade anual e mensal da chuva e da temperatura do ar no município de Resende no estado do Rio de Janeiro, utilizar a técnica de imputação método spline para o preenchimento de dados faltosos, com auxílio do pacote "mstats", os autores afirmam que os resultados obtidos pela imputação foram satisfatórios e que a mesma é uma ferramenta consistente e que responde de forma significativa à variabilidade da chuva.

Costa et al., 2020 realizou um estudo sobre Extremos de chuvas e secas no Nordeste do Brasil, aplicou a técnica de imputação de dados mensais de chuva de 54 estações pluviométricas no estado de Alagoas para o período de 1960 a 2015. A imputação de dados foi baseada na função spline para suavizar a série temporal.

Oliveira Júnior et al., 2021 realizou um estudo climatológico sobre Períodos úmidos e secos no estado de Alagoas (Nordeste do Brasil) via Índice de Precipitação Padronizado, neste estudo foi aplicada a técnica de imputação para o preenchimento dos dados ausentes, para o período de 1960 a 2016, em que foram estabelecido um limite de corte nos dados de 38% da média dos dados faltosos por tanto de 54 estações existentes na área de estudo apenas foram consideradas 20 estações significativas. O desempenho do método de imputação foi avaliado conforme os indicadores estatísticos (coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de correlação (r), Erro Padrão de Estimativa (SEE), e raiz erro quadrado médio (RMSE). Em geral, a imputação os dados mostraram alta precisão em ambas as mesorregiões, com coeficientes R^2 (42%-47%) e r variam de 0,64 a 0,68, com a exceção do Leste Alagoano (R^2 = 37% e r = 0,60). Os valores mais baixos de SEE (<54,85 mm) e RMSE (<54,84 mm) ocorreu na Zona Árida Alagoano, enquanto os maiores valores de SEE (>154,87 mm) e RMSE (>109,48 mm) no Leste Alagoano, respectivamente. Portanto, a imputação mostrou um ajuste satisfatório em relação aos dados observados.

Desta forma com base na metodologia de Harrel (2001) foi aplicado o processo de imputação múltipla, pelo pacote "MICE" Buuren e Oudshoorn (2011). Ressaltar ainda que cada variável possui seu próprio modelo de imputação, e que são fornecidos para dados contínuos (correspondência média preditiva, normal), dados binários (regressão logística, é uma técnica estatística que tem como objetivo produzir, a partir de um conjunto de observações, um modelo que permita a predição de valores tomados por uma variável categórica, frequentemente binária, em função de uma ou mais variáveis independentes contínuas e/ou binárias), dados categóricos não ordenados (regressão logística politômica, estabelecer uma relação de dependência entre uma única variável resposta binária e um conjunto de variáveis independentes quantitativas ou qualitativas) e dados categóricos ordenados (odds proporcionais).

Maiores detalhes podem ser verificados no site: https://cran.r-project.org/web/packages/mice/mice.pdf.

2.4 Consistência dos dados de chuva e temperatura

Os dados climáticos oriundos do período de 1990 a 2019, após o preenchimento das falhas foram avaliados com os seguintes parâmetros (estatística descritiva): Média ($\bar{x}$), Mediana (Md), Valor Mínimo (VMi) e Valor Máximo (VMa), Amplitude Total (At), Limites Inferior (Li) e Superior (Ls), Desvio Padrão (DP), Coeficientes de Variação (CV), Quartil Inferior (Q_1) e Superior (Q_3), Amplitude Interquartílica (AIQ), seguido da análise exploratória dos dados via boxplot nas escalas mensais e anuais, por meio da aplicação do software R versão 3.4.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

2.5 Aplicação da técnica dos quantis aos dados de clima

Depois de realizada as análises estatística e exploratória dos dados, foram aplicadas a técnica dos quantis. Por meio desta técnica foi possível verificar a ocorrência de períodos secos ou chuvosos do banco de dados da pluviometria, de acordo com a metodologia de Xavier; Xavier (1987), de modo a delimitar os percentis em cada quantil com as referidas frequências de ocorrência das chuvas e temperatura anual e mensal.

Os valores de temperatura e chuva total anual da estação meteorológica são consideradas variáveis aleatórias contínuas. O quantil (Q_p), para cada número p entre 0 e 1, é o valor satisfatório para temperatura e chuva, respectivamente, à condição probabilidade ($x \leq Qp = p$). Para cada valor observado x_0, o número ($0 < p_0 < 1$) tal que $f(x_0)$, diz-se de ordem quântica p_0, associada a x_0.

Os intervalos adotados foram: 25%, 50%, 75%, 95%, 99% e 100%, conforme Souza, Azevedo e Araújo (2012), no qual cada percentil representam as probabilidades ou frequências esperadas para os possíveis eventos que podem ocorrer na sequência de dados da série temporal (ANANIAS et al., 2010).

2.6 Cálculo do (Standardized Precipitation Index) SPI-12

O SPI é baseado na metodologia proposta por McKee *et al*. (1993, 1995) e quantifica o déficit ou o excesso de chuva em multe escala temporal.

O 1º procedimento para o cálculo do SPI 12 meses é a determinação da probabilidade de distribuição de frequência da série pluviométrica, a qual é calculada por meio da distribuição Gama incompleta. A função normal inversa (Gaussiana) é aplicada a essa probabilidade.

A distribuição gama é definida pela função de densidade de probabilidade – (FDP) Eq. (1):

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

Em que: $F(x) =$ função de densidade de probabilidade; $\alpha > 0$ é o parâmetro de forma (adimensional); $\beta > 0$ é o parâmetro de escala (adimensional); $x > 0$ é o total de chuva (mm) e $\Gamma(\alpha)$ é a Função gama.

Segundo Mckee et al., (1993), o período de ocorrência de uma seca se inicia quando o SPI se torna negativo e atinge o valor -1 e termina quando volta a apresentar valores positivos.

Os cálculos dos valores do SPI na escala de tempo anual para o município de Ibimirim, PE, foram classificados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos períodos secos e úmidos do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), segundo McKEE et al. (1993, 1995)

SPI	Classes
≥ 2,00	Extremamente Úmido
1,50 a 1,99	Muito Úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente Úmido
0,99 a -0,99	Próximo da Normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente Seco
1,50 a -1,99	Muito Seco
≤ -2,00	Extremamente Seco

Fonte: McKEE et al., (1993).

2.7 Índice ONI

O ONI (Oceanic Niño Index) é índice da variabilidade do ENOS (Terassi et al., 2018). No qual os períodos são definidos como: quentes (vermelhos) e frios (azuis), conforme descritos na tabela dos ENOS. As informações sobre as fases do ENOS podem ser obtidas na base de dados da National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction Center - NOAA/CPC (NOAA, 2019) no site: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>

2.8 Cálculo do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI)

Aplicando-se a metodologia desenvolvida por PALMER (1965), que utiliza a temperatura mensal média e a precipitação pluvial, determinou-se o Índice de Severidade de Seca de Palmer – (PDSI), a estação Ibimirim-PE. O PDSI baseia-se nos princípios do balanço entre o suprimento e a demanda de água no solo. O modelo de solo de duas camadas e que a camada superficial tem 25 mm de água armazenada. Enquanto, que a capacidade de água disponível da camada inferior dependerá das características do solo de cada localidade BARRA et al., (2002). Posteriormente, determinaram-se os elementos do balanço hídrico

climático mensal (BHCM) “evapotranspiração real, deficiência hídrica, excesso hídrico e armazenamento de água no solo” de Thornthwaite e Mather (1955) para uma série histórica de dados meteorológicos de 1990 a 2019.

O PDSI é classificado conforme a metodológica de Palmer (1965), Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos períodos secos e úmidos do Índice de Severidade de Seca de Palmer – (PDSI).

PDSI	Classes
≥ 4,00	Extremamente Úmido
3,00 a 3,99	Muito Úmido
2,00 a 2,99	Moderadamente Úmido
1,00 a 1,99	Ligeiramente Úmido
0,50 a 0,99	Úmido Incipiente
0,49 a -0,49	Próximo ao Normal
-0,50 a -0,99	Seca Incipiente
-1,00 a -1,99	Ligeiramente Seco
-2,00 a -2,99	Moderadamente Seco
-3,00 a -3,99	Muito Seco
≤ -4,00	Extremamente Seco

Fonte: Palmer (1965).

Maiores detalhe sobre a metodologia utilizada podem ser visto em (SANTOS; PEREIRA, 1999; BLAIN; BRUNINI, 2005).

2.9 Balanço hídrico climatológico

Entre as variáveis meteorológicas (temperatura, pressão atmosférica, direção e intensidade dos ventos, umidade do ar e chuva), a chuva é a variável mais preponderante ao funcionamento e a manutenção dos ecossistemas no planeta, particularmente nas regiões tropicais (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021). A compreensão dos padrões de chuvas contribui diretamente para o controle das diversas atividades humanas: agropecuária, geração de energia, aviação, obras hidráulicas, turismo (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021).

Desta forma, as estimativas de chuva e temperatura têm sido realizadas não somente para a compreensão de eventos climáticos e meteorológicos extremos, geralmente, classificados como de origem hidrológica (inundações bruscas e graduais, alagamentos, enchentes, deslizamentos); geológicos ou geofísicos (processos erosivos, de movimentação de massa e deslizamentos originados de processos geológicos (MELLO; SILVA, 2009; SALTON et al., 2016), isolados, mas normalmente como parâmetro para quantificar a disponibilidade hídrica a partir do balanço hídrico climatológico (BHC) baseado no método de Thornthwaite e Mather, (1955). O BHC de uma região permite avaliar a variação temporal da quantidade de água armazenada no solo (superficial e subterrânea) e dos respectivos fluxos (chuva, escoamento e evapotranspiração - ET), o que permite chegar a resultados importantes sobre o regime hidrológico da região e das possibilidades de utilização dos recursos hídricos a nível local. Pereira (2014) afirma que o BHC é um sistema contábil de água do solo e resulta da aplicação do princípio de conservação da massa em um volume de solo.

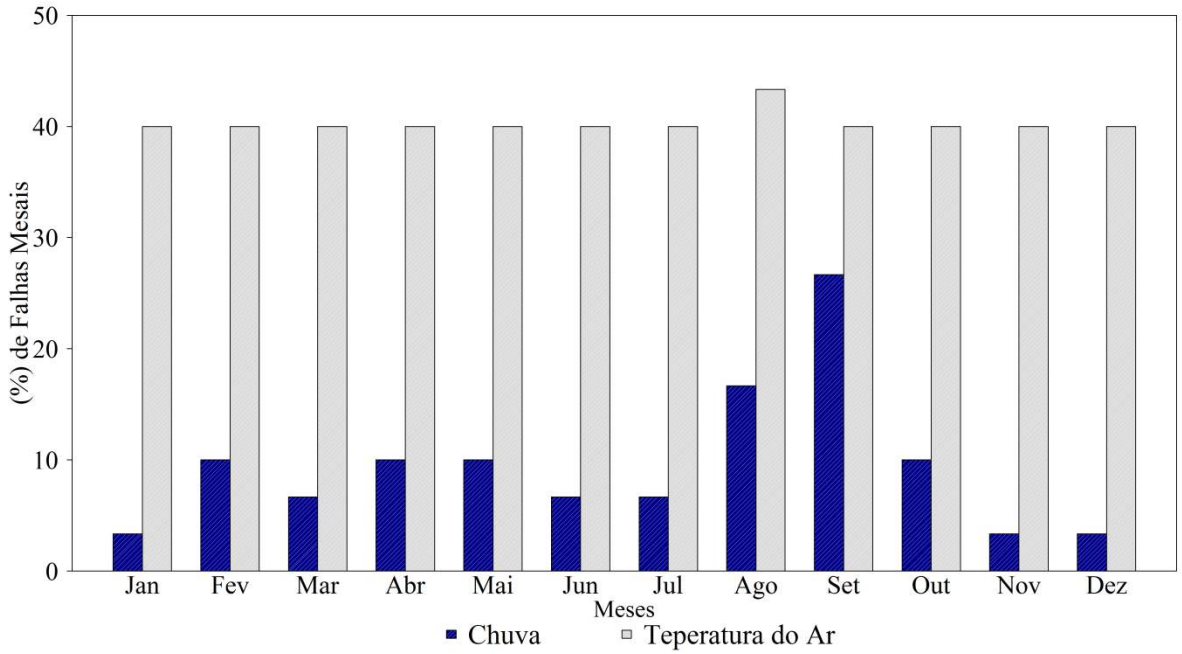
O (BHC) foi obtido por meio de planilha de dados do Excel desenvolvida por Rolim et al. (2007), calculado com base nos dados de chuva e temperatura média do ar. A capacidade de campo adotada foi de 100 mm. Entretanto, o valor da CAD foi mantido, para efeito de comparação com o regime hidrológico da região.

Em seguida, com base nos resultados do BHC, foram obtidos os índices hídricos, aridez e de umidade, conforme descrito por Thornthwaite (1948) citado por Sellers (1965) e Vianello e Alves (1991).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de falhas dos dados de chuva e temperatura do ar (Figura 3) em Ibimirim (PE) mostrou uma similaridade quanto aos percentuais de falhas (~ 40%) nos dados de temperatura do ar ao longo dos meses do ano, porém, percentual de falha superior a (43,33%) foi observado no mês de agosto. Quanto à chuva, observa-se uma significativa variabilidade dos seus valores nos respectivos meses de agosto (16,67%) e setembro (26,67%), seguidos de percentuais iguais de 3,33%; 10,00% e 6,67% nos demais meses da série temporal.

Figure 3 - Percentual de falhas dos dados de chuva (mm) e temperatura média (°C), do período de 1990 a 2019, Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A análise descritiva da chuva na estação poço da Cruz, Ibimirim-PE, (Tabela 3), mostra a ocorrência de volumes de chuvas > 40 mm, nos meses de Janeiro (62,16 ± 89,05 mm) com Md (29,00 mm), abril (57,06 ± 58,23 mm) e Md (36,50 mm), maio (44,60 ± 45,05 mm) e Md (23,50 mm) e em dezembro (35,63 ± 39,73 mm) e Md (20,00 mm), destaque para os meses de fevereiro (107,23 ± 64,78 mm) - Md (99,50 mm) e março (111,33 ± 92,59 mm) - Md (81,50 mm) com os maiores volumes pluviométricos e $\bar{x}$, Dp e Md, porém, em relação aos demais meses da série temporal, observa-se as menores $\bar{x}$, Dp e Md iguais em junho (26,20 ± 24,55 mm) – Md (15,50 mm) e julho (19,86 ± 13,43 mm) – Md (15,50 mm), setembro (7,96 ± 10,23 mm) – Md(2,50) e outubro (9,53 ± 16,04 mm) – Md (2,50), e Md diferentes em agosto (10,63 ± 9,18 mm) – Md (8,00), e novembro (24,26 ± 33,23 mm) – Md (13,00). Seguidos pelos valores mínimos iguais a zero e máximos > 20 mm nos meses de janeiro (Vmin = 0,00 mm e Vmax = 345,00 mm), abril (Vmin = 0,00 mm e Vmax = 212,00 mm), agosto (Vmin = 0,00 mm e Vmax = 39,00 mm), setembro (Vmin = 0,00 mm e Vmax = 27,00 mm), outubro (Vmin = 0,00 mm e Vmax = 54,00 mm), novembro (Vmin = 0,00 mm e Vmax = 149,00 mm) e dezembro (Vmin = 0,00 mm e Vmax = 150,00 mm). Destaque para os meses de fevereiro (Vmin = 3,00 mm e Vmax = 256,00 mm), março (Vmin = 5,00 mm e Vmax = 332,00 mm) e

maio (Vmin = 4,00 mm e Vmax = 185,00 mm). Porém, uma alta dispersão dos dados pluviométricos é observada em todos os meses da série temporal, de acordo com os valores dos CVs, em que os meses janeiro, abril, maio, setembro, outubro, novembro, dezembro apresentam valores > 100% (Tabela 3). Em que os meses com seca mais intensa, que corresponde de setembro a dezembro e o mês de janeiro no qual se refere ao período mais chuvoso ao longo do ano, vale destacar maiores valores de (CV) justamente no segundo semestre do ano, cujos valores ultrapassam 90%, demonstrando a alta variabilidade temporal das chuvas, e os meses que apresentaram os menores (CV) foram fevereiro (60,41%) e julho (67,61%), respectivamente. Porém, vale ressaltar que o mês de junho se destaca por apresentar as maiores variabilidades temporais, seguidas por baixos valores de chuvas historicamente (Tabela 3). Porém, segundo (Oliveira Júnior et al., 2021), vários sistemas meteorológicos multiescala interferem na variabilidade e intensidade das chuvas na região Nordeste do Brasil (NEB), com destaque para a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), os Sistemas Frontais (FS), Vórtices Ciclônicos Troposféricos (UTCV), Distúrbios de Ondas nos Ventos Alísios (WDTW), circulações de brisas, Camada de Inversão de Ventos Alísios (TWIL), Distúrbios de Ondas de Leste (EWD) e Linhas de Instabilidade (IL) - (RAO; LIMA; FRANCHITO, 1993; MOLION;BERNARDO, 2002; REBOITA et al., 2010; PONTES et al., 2011; LYRA et al., 2014; SILVA et al., 2018; SOUZA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2020; COSTA et al., 2020). Além disso, existem vários modos de variabilidade climática, por exemplo, a Oscilação El Niño-Sul (ENSO), o Gradiente de Temperatura da Superfície do Mar Inter-hemisférico do Atlântico (AISSTG), a Oscilação Decadal do Pacífico (PDO) e a Oscilação Madden-Julian (MJO), que interferem nos volumes de chuva do NEB e nas intensidades de seca (REBOITA et al., 2010; SILVA et al., 2020; LYRA et al., 2017).

Tabela 3 – Estatística descritiva dos parâmetros da série temporal de chuva no período de 1990 a 2019 em Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.

Meses			Valores			Limites				Quartis		
	$\bar{x}$	Md	Vmi	Vma	At	Li	Ls	CV	DP	Q1	Q3	AIQ
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
JAN	62,16	29,00	0,00	345,00	345,00	-61,00	80,00	143,26	89,05	9,50	56,50	47,00
FEV	107,23	99,50	3,00	256,00	253,00	-47,12	184,62	60,41	64,78	68,75	146,00	77,25
MAR	111,33	81,50	5,00	332,00	327,00	-145,62	234,62	83,17	92,59	44,50	171,25	126,75
ABR	57,06	36,50	0,00	212,00	212,00	-61,87	96,37	102,05	58,23	17,25	70,00	52,75
MAI	44,60	23,50	4,00	185,00	181,00	-55,50	82,50	101,02	45,05	13,50	59,50	46,00
JUN	26,20	15,50	3,00	97,00	94,00	-27,50	46,00	93,72	24,55	9,25	33,75	24,50
JUL	19,86	15,50	2,00	51,00	49,00	-19,37	39,87	67,61	13,43	10,25	30,00	19,75
AGO	10,63	8,00	0,00	39,00	39,00	-9,75	20,25	86,35	9,18	5,25	15,25	10,00
SET	7,96	2,50	0,00	27,00	27,00	-14,37	16,37	128,45	10,23	1,00	11,25	10,25
OUT	9,53	2,50	0,00	54,00	54,00	-16,12	16,12	168,30	16,04	0,00	10,75	10,75
NOV	24,26	13,00	0,00	149,00	149,00	-37,37	47,37	136,95	33,23	5,00	33,25	28,25
DEZ	35,63	20,00	0,00	150,00	150,00	-81,62	87,12	111,50	39,73	2,75	59,00	56,25

Legenda: média ($\bar{x}$), mediana (Md), valor mínimo (VMi) e máximo (VMa), amplitude total (At), limites inferior (Li) e superior (Ls), coeficientes de variação (CV), desvio padrão (DP), quartil inferior (Q1) e superior (Q3), amplitude interquartílica (AIQ).

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

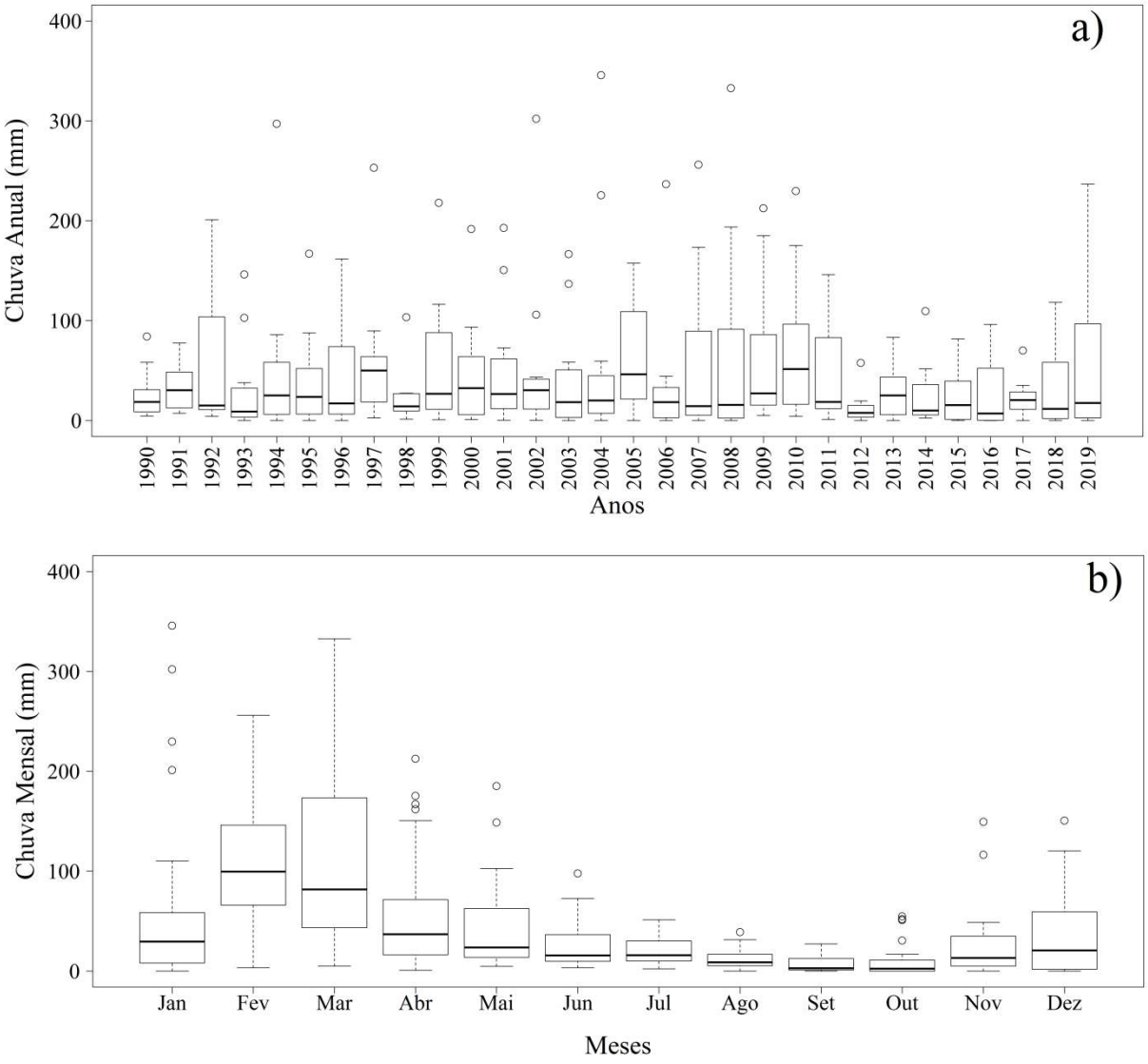
Quanto aos quantis superiores (Q_1) e inferiores (Q_3) e as amplitudes total (At) e interquartílica (AIQ), observa-se que o mês de março registrou o maior volume pluviométrico ($\bar{x}$ = 111,33 mm) para a estação Poço da Cruz com Q_1 = 44,50 mm e Q_3 = 171,25 mm, seguidos pelas maiores At = 327,00 mm e AIQ = 126,75 mm, comportamento semelhante foi observado para o mês de fevereiro com Q_1 = 68,75 mm e Q_3 = 146,00 mm, seguido da maior At = 253,00 mm e AIQ = 77,25 mm. Porém, os meses de abril (At = 212,00 mm), maio (At = 181,00 mm) e novembro (At = 149,00 mm) e dezembro (At = 150,00 mm) se destacam por apresentar amplitude total > 100 mm e baixos valores para Q_1 = 17,25 mm; 13,50 mm e 5,00 mm; 2,75 mm e Q_3 = 70,00 mm; 59,50 mm e 33,25 mm e 59,00 mm a AIQ = 52,75 mm; 46,00 e 28,25 mm; 56,25 mm, com destaque para o mês de janeiro que apresenta a maior amplitude total (At = 345,00 mm) e baixos valores dos Q_1 = (9,50 mm) e Q_3 = (56,50 mm) e AIQ = (47,00 mm) da região.

Entretanto, os meses com que apresentam os menores registros pluviométricos na região foram: junho, julho, agosto, setembro e outubro, que indicam a estação seca na região, sendo os menores parâmetros estatísticos para o Q_1= (9,25 mm; 10,25 mm; 5,25 mm; 1,00 mm e 0,00 mm), Q_3 = (33,75 mm; 30,00 mm; 15,25 mm; 11,25 mm e 10,75 mm), At (94,00 mm; 49,00 mm; 39,00 mm; 27,00 mm e 54,00) e AIQ (24,50 mm; 19,75 mm; 10,00 mm; 10,25 mm e 10,75 mm).

A análise exploratória da série temporal de chuva (Figura 3a) indica uma forte variabilidade dos dados de chuva com a presença de outliers, em toda a série temporal, em que a chuva acumulada anual foi superior à média histórica anual de 520,70 mm (Figura 3a) destaque para os anos com Md < 18,00 mm (1992, 1993, 1996, 1998, 2007, 2008, 2012, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019) e chuva $\bar{x}$ < 58,00 mm. Quanto aos Q_1 e Q_3, observa-se nos anos de 1993 (Q_1 = 4,15 e Q_3 = 29,90), 2012 (Q_1 = 4,05 e Q_3 = 14,65) e 2016 (Q_1 = 0,35 e Q_3 = 34,55) os menores valores para Md, seguidos pela AIQ de 25,75 mm; 10,60 mm e 34,60 mm.

Um comportamento diferente foi observado quanto as chuvas acumuladas mensais, onde a presença de outliers foram mais intensa nos meses janeiro, abril, maio e novembro, meses esses onde as chuvas ao longo do ano ocorrem os maiores volumes de chuvas (Figura 3b), ou seja, meses esses onde se inicia a estação chuvosa na região de estudo.

Figure 3 - Boxplot dos acumulados de chuva anual (a), e mensal (b), no período de 1990 - 2019, na estação de Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Com relação à temperatura do ar (Tabela 4) a análise descritiva revelou um comportamento semelhante dos valores de $\overline{x}$ e M_d em todos os meses da série temporal, destaque para os meses de julho ($\overline{x}$ = 22,62 mm); setembro ($\overline{x}$ = 25,04 mm) e dezembro ($\overline{x}$ = 28,14 mm), com uma ligeira redução dos valores médios em relação às medianas.

Com relação aos Vma, observa-se valores superiores as $\overline{x}$ e M_d e inferiores aos Vmi nos meses de janeiro (28,92 mm e 24,92 mm), fevereiro (28,76 mm e 24,67 mm), março (28,61 mm e 25,38 mm), abril (27,58 mm e 25,12 mm), maio (27,35 mm e 23,28 mm) e novembro (29,24 mm e 26,83 mm) e dezembro (29,23 mm e 26,79 mm) e a At variou entre 2,41 mm a 4,09 mm. Porém, valores máximos entre < 26 °C foram observados nos meses

mais secos do ano, junho (24,75 °C), julho (24,87 °C) e agosto (24,71 °C), seguidos pelos menores Q_1 e Q_3, junho (22,95 °C e 24,01 °C), julho (22,18 °C e 23,16 °C) e agosto (22,77 °C e 23,82 °C), e AIQ em junho e agosto iguais a (1,06 °C) e em julho (0,10 °C). Quanto aos demais meses, observa-se Q_1 e Q_3 > 25 °C.

Quanto ao CV amostral, observa-se uma baixa variabilidade dos dados de temperatura média do ar, em todos os meses do ano, com destaque para os meses mais chuvosos da série histórica, outubro (CV = 2,84%), novembro (CV = 2,37%) e dezembro (CV = 2,34%), os demais meses por sua vez, apresentaram CV >3,00%.

Entretanto, resultados semelhantes foram observado por Fernandes et al. (2020), que verificaram aumento em cerca de 2 °C durante os meses de agosto a novembro, ao analisarem as normais climatológicas, em região semiárida no Piauí. E valores de CV < 6% em todos os meses analisados, o que mostra uma baixa variabilidade da temperatura média mensal do ar na região de estudo.

Tabela 4 – Estatística descritiva da temperatura do ar na estação Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.

Meses			Valores			Limites				Quartis		
	$\bar{x}$ (°C)	M_d (°C)	Vmi (°C)	Vma (°C)	At (°C)	Li (°C)	Ls (°C)	CV (%)	D_P (°C)	Q_1 (°C)	Q_3 (°C)	AIQ (°C)
JAN	27,41	27,40	24,92	28,27	3,35	-61,00	80,00	3,16	0,09	27,19	28,24	1,05
FEV	26,95	26,87	24,67	28,76	4,09	-47,13	184,63	3,89	0,10	26,46	27,40	0,09
MAR	26,52	26,39	25,38	28,61	3,23	-145,63	234,63	3,58	0,09	25,70	27,14	1,44
ABR	25,91	25,59	25,12	27,58	2,46	-61,88	96,38	3,16	0,08	25,32	26,43	1,11
MAI	25,29	25,25	23,28	27,35	4,07	-55,50	82,50	5,02	0,13	24,27	25,99	1,72
JUN	23,45	23,32	21,41	24,75	3,34	-27,50	46,00	3,34	0,08	22,95	24,01	1,06
JUL	22,62	22,67	21,14	24,87	3,73	-19,38	39,88	3,43	0,08	22,18	23,16	0,10
AGO	23,37	23,14	22,28	24,71	2,43	-9,75	20,25	3,32	0,08	22,77	23,82	1,06
SET	25,04	25,20	23,40	27,02	3,62	-14,38	16,38	3,70	0,09	24,37	25,71	1,34
OUT	26,68	26,64	25,51	28,02	2,51	-16,13	16,13	2,84	0,08	25,91	27,25	1,34
NOV	27,92	27,89	26,83	29,24	2,41	-37,38	47,38	2,37	0,07	27,50	28,38	0,09
DEZ	28,14	28,28	26,79	29,23	2,44	-81,63	87,13	2,34	0,07	27,51	28,31	0,08

Legenda: média ($\bar{x}$), mediana (M_d), valor mínimo (VMi) e máximo (VMa), amplitude total (At), limites inferior (Li) e superior (Ls), coeficientes de variação (CV), desvio padrão (D_P), quartil inferior (Q_1) e superior (Q_3), amplitude interquartílica (AIQ).

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

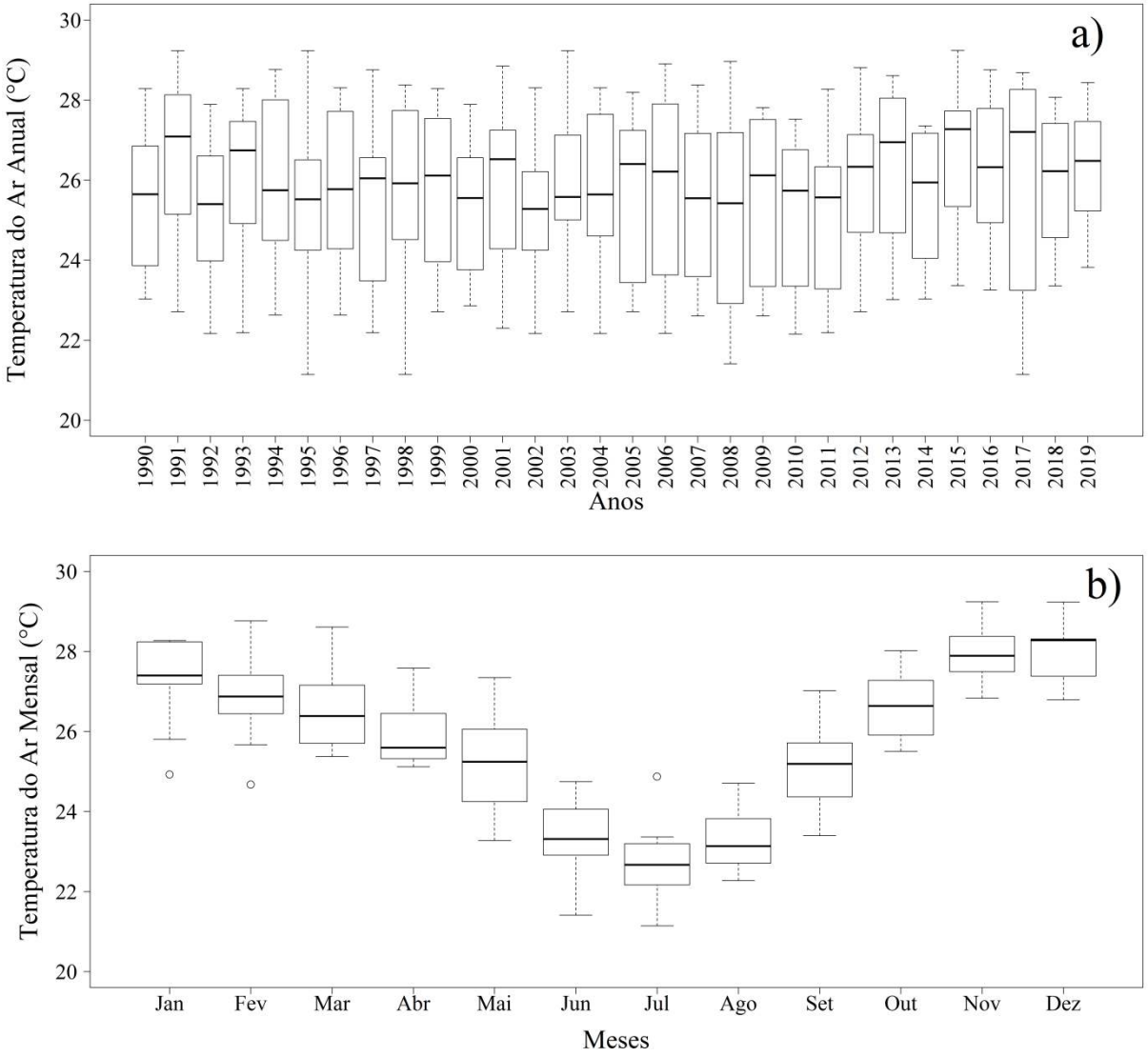
Quanto ao D_P e AIQ para temperatura foram observados em todos os meses da série temporal, os menores registros entre (D_P = 0,07 a 0,13 °C), e (AIQ = 0,08 a 1,44 °C), destaque para os meses de fevereiro e maio, com os maiores D_P (0,10 °C e 0,13 °C) e AIQ (0,09 °C e 1,72 °C), seguidos pela At (4,09 °C e 4,07 °C), respectivamente.

Essa variabilidade espaço-temporal da chuva local está diretamente ligado às oscilações dos sistemas meteorológicos, aos modos de mudança do clima e às condições fisiográficas da região (MOLION; BERNARDO, 2002; REBOITA et al., 2010; LYRA et al., 2017; COSTA et al., 2020).

Na análise exploratória da temperatura anual (Figura 4a), observa-se uma alta variabilidade na mediana da temperatura anual, sem a presença de outliers, nos anos de 1991, 1993, 1997, 1999, 2001, 2005, 2006, 2009, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019, respectivamente. Além de que, as medianas apresentaram valor superior ao primeiro quartil (Q_1) e inferior ao terceiro quartil (Q_3). E a amplitude interquartílica (AIQ) mostra-se superior a 3,00 °C nos anos de 1994, 1996, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2013, 2014 e 2017.

Quanto a análise exploratória da temperatura médias mensais, verificou-se a presença de outliers apenas para os meses mais chuvosos de janeiro e fevereiro, e mais seco julho (Figura 4b), outro destaque é para a diminuição da temperatura nos meses de maio a julho, na estação seca e início da estação chuvosa, respectivamente.

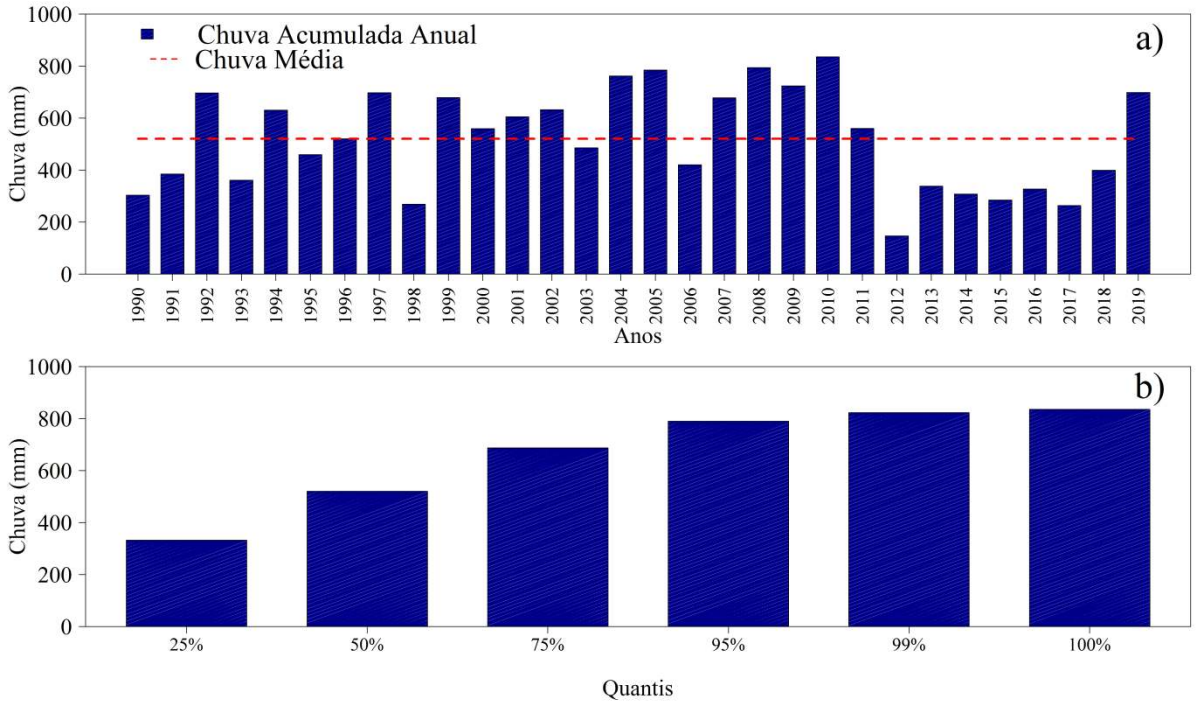
Figura 4 - Boxplot da temperatura (°C) média anual (a), e mensal (b) (Box - mediana, primeiro e terceiro quartil; barras verticais - extremo superior e inferior e circunferências - outliers), no período de 1990 a 2019 da estação Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Com relação à variabilidade anual e mensal da chuva, observou-se valores acima da média acumulada anual nos seguintes anos: 1992, 1994, 1996, 1997, 1999-2002, 2004, 2005, 2007-2011 e 2019 (Figura 5a). As menores diferenças anuais pluviométricas acumuladas foram registradas abaixo da média nos percentis do quantil de 25% (344,00 mm) da média e mediana. Enquanto, as maiores diferenças superior à média foram observados nos percentis de 50% (540,00 mm), 75% (692,00 mm) e 100% (836,00 mm) dos quantis da mediana (Figura 5b).

Figura 5 – Chuva Total anual e média (mm) na estação meteorológica de Poço da Cruz, Ibimirim-PE (a) e os valores dos quantis (%) de chuva anual (b) para o período de 1990 a 2019.

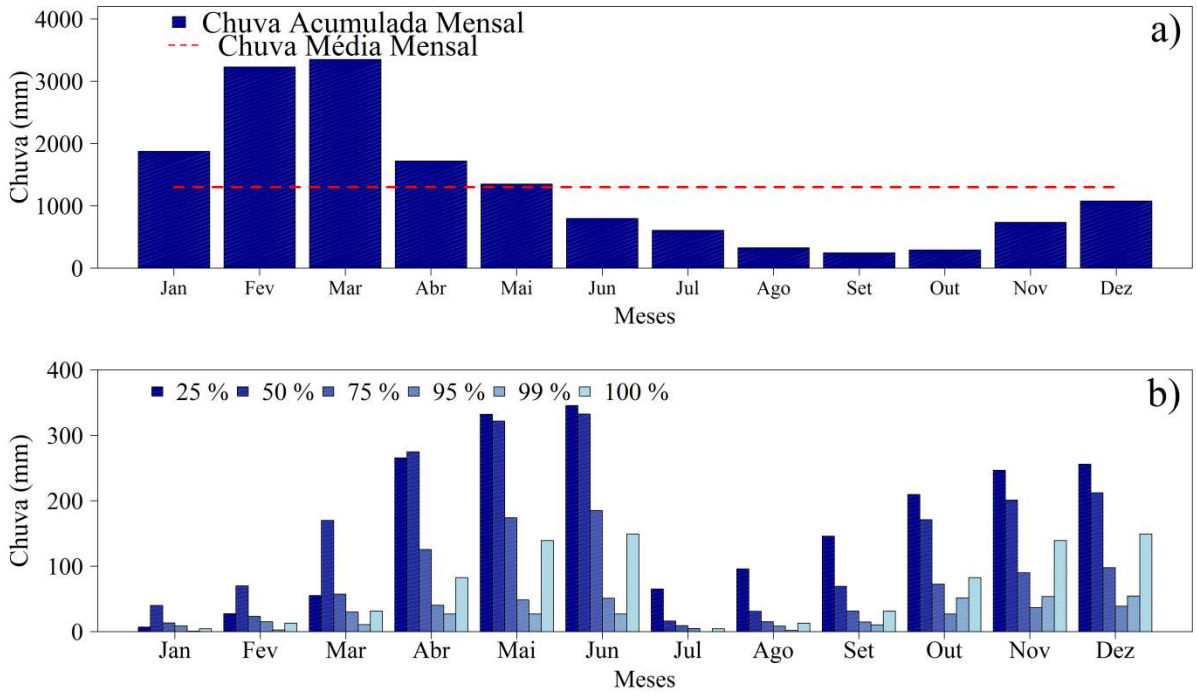


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Na escala mensal, a análise da variabilidade da chuva média no período da série temporal mostrou que existem períodos distintos (Figura 6a), cujas chuvas ocorrem em maior intensidade dos meses de janeiro a maio, o inverso de junho a dezembro, cujos valores foram abaixo da chuva média mensal com (43,39 mm), tais meses abaixo da média são: (26,67 mm) junho, (20,24 mm) julho, (10,97 mm) agosto, (8,27 mm) setembro, (9,77 mm) outubro, (24,53 mm) novembro e (35,93 mm) dezembro, já nos meses de janeiro a maio, as chuvas ocorrem acima da média mensal, portanto as chuvas da região estudada são divididas em períodos distintos de seca.

Quanto aos percentis dos quantis observa-se na (Figura 6b), valores acima da média para a maioria dos meses, principalmente nos primeiros quantis, a maior frequência foram verificados nos quantis de 25%, 50% e 75%, e os maiores valores justamente para alguns dos meses em que ocorrem mais chuvas na região.

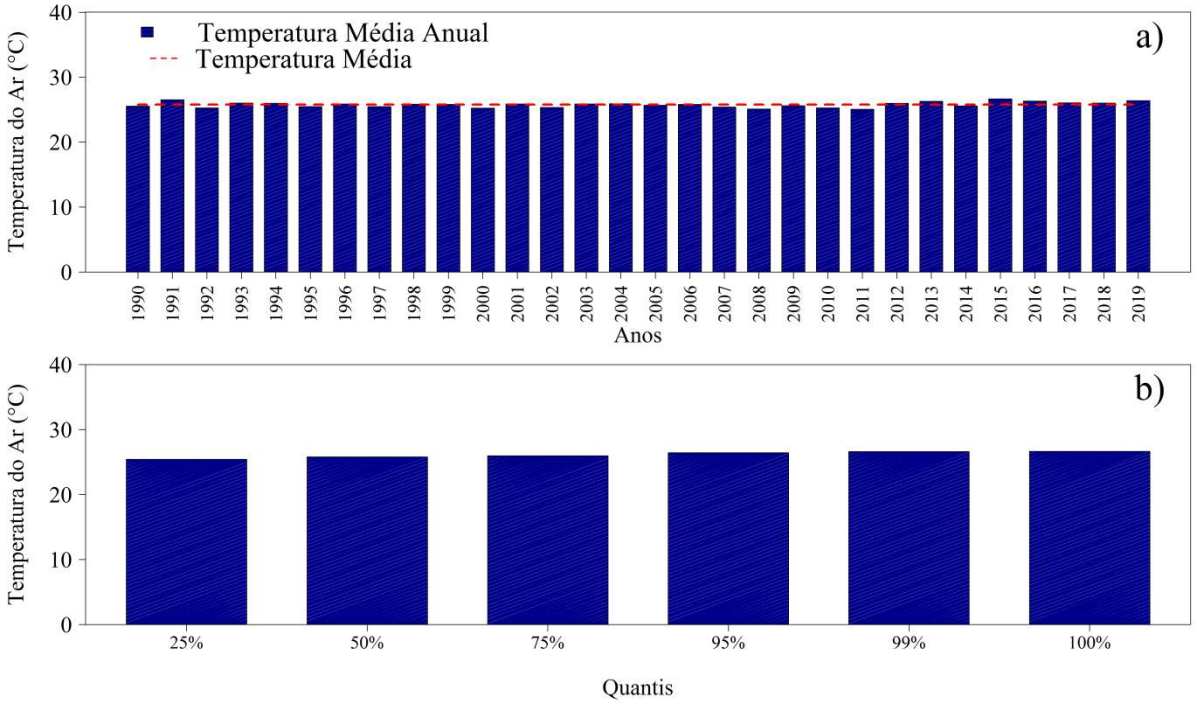
Figura 6 – Precipitação mensal acumulada (a) e percentual por quantis (b), da série temporal de 1990 a 2019, Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

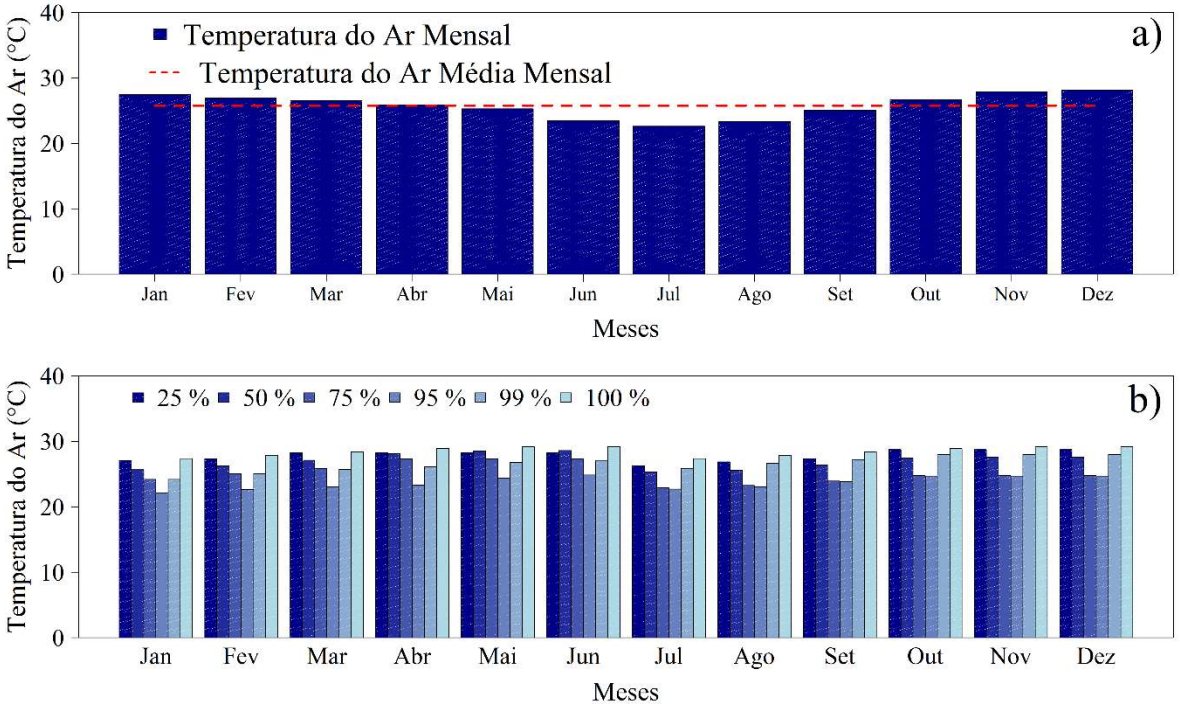
Com relação a temperatura verificou-se uma similaridade de valores médios e de distribuição igualitária entre os quantis quando avaliado das temperaturas médias anual (Figura 7a e 7b). Já para os dados mensais, observam-se temperaturas mais baixas entre os meses de junho a agosto, variando de 22,62 °C a 23,45 °C (Figura 8a), valores inferior a média anual, a maior concentração ocorre nos três primeiros quantis, verificou-se similaridade em todos os meses do ano (Figura 8b).

Figura 7 – Temperatura média anual (a) e valores dos quantis (%) médio anual (b), na estação Poço da Cruz, Ibimirim-PE, no período de 1990 a 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 8 – Temperatura média mensal (a), e percentual dos quantis de temperatura média mensal, no período de 1990 a 2019, na estação de Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.



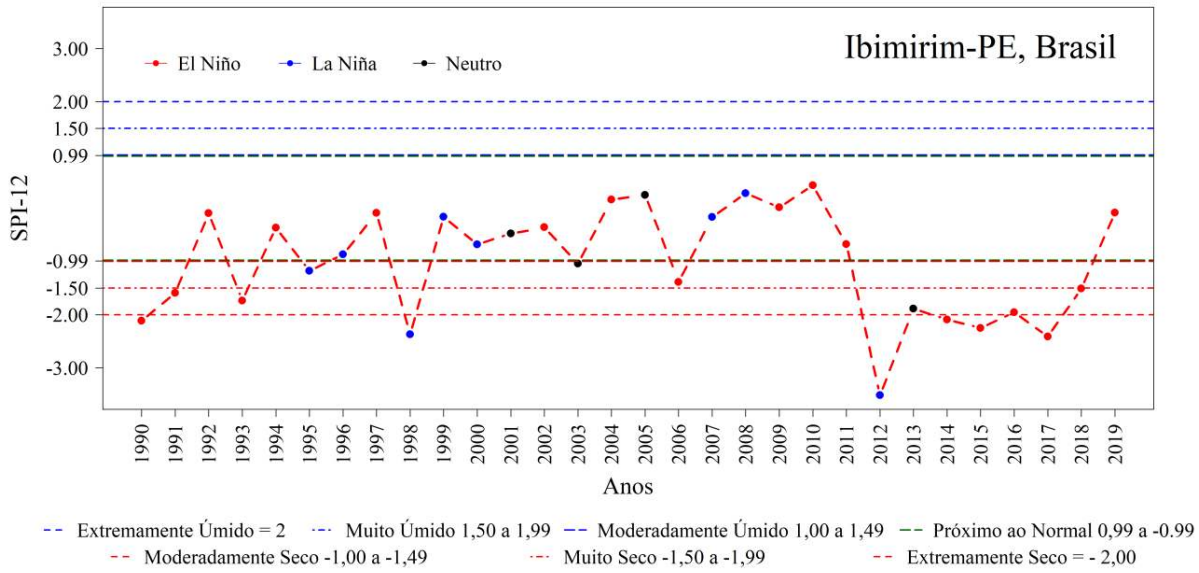
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A análise temporal do SPI-12, nas décadas de 1990, 2000 e 2010 no município de Ibimirim – PE (Figura 9) registrou um total de 6 episódios classificados nas décadas de 1990 (2 episódios moderadamente secos) e 2010 (3 episódios moderadamente secos e 1 extremamente seco), seguidos nas décadas de 1990 (8 episódios), 2000 (6 episódios), 2010 (5 episódios) na categoria próxima ao normal. Eventos na categoria moderadamente úmido foram observados nas décadas de 2000 (4 episódios) e 2010 (1 episódios) que totalizam 5 episódios.

Sendo a categoria com maior percentual de eventos na categoria próxima ao normal, foram observadas nas décadas 1990 (42,11%), 2000 (31,58%) e 2010 (26,32%). Seguidos pelas demais categorias moderadamente na década de 2000 (80,00%), moderadamente seco e extremamente seco na década de 2010 (60,00% e 16,66%), e episódios moderadamente úmidos foram registrados os percentuais de 80,00% e 20,00% nas respectivas décadas 2000 e 2010.

A análise da distribuição temporal do SPI-12 meses (Figura 9), revelou a ocorrência de episódios de El Niño.

Figura 9 – Distribuição do SPI-12 Meses no período de 1990 – 2019, Poço da Cruz, Ibimirim-PE – Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A análise espacial da chuva acumulada anual e do SPI-12 (Figuras 5 e 9) indicam que os anos de 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2006, 2007, 2011, 2013, 2016, 2018 e 2019 foram (próximo ao normal), e 1990 (SPI = -1,12) El Niño, 1998 (SPI = -1,37) La Niña, 2014 (SPI = -1,09) El Niño, 2015 (SPI = -1,25) El Niño e 2017 (SPI = -1,41) El Niño, todos os anos moderadamente secos e 2012 (SPI = -2.51) extremamente seco e de La Niña (Figuras 9). Em que os anos com chuva média acumulada > 520,66 mm foram 1992, 1994, 1997 anos de El Niño, e 1999, 2000 La Niña, 2001 Neutro, 2002, 2004, anos de El Niño, 2005 Neutro, 2007 e 2008 La Niña, 2009, 2010 e 2019 El Niño.

Esses resultados corroboram com os estudos de (GUEDES; MACEDO; SOUSA, 2012; GOIS et al., 2013), ao analisar o SPI em regiões susceptíveis ao déficit hídrico, encontraram valores do SPI-12 semelhantes com a categorização ONI.

Os resultados da análise do SPI-12 revelaram que os anos de 1990, 1998 e 2012, foram os mais secos da série histórica temporal (Figura 9), com os menores valores obtidos. Onde o mesmo tem sido notado por Alves et al. (2017), para as condições hídricas da região semiárida brasileira com altos valores de déficits hídrico no solo.

Quanto à análise temporal do Índice de Severidade de Seca de Palmer (Figura 10), observa-se, que as décadas de 1990, 2000 e 2010 registraram um total de 18 episódios classificados nas décadas de 1990, como: 7 episódios extremamente úmido, 1 episódios úmido Incipiente; 1 Ligeiramente úmido 4 Próximo ao Normal; a década de 2000 (1 Ligeiramente úmido e 2 Próximo ao Normal) e a década de 2010 (5 episódios extremamente úmido e 2 moderadamente úmidos).

Em relação as categoria com maior percentual de eventos próxima ao normal, comportamentos semelhantes ao SPI, foram observados para o PDSI, nas décadas 1990 (66,67%) e 2000 (33,33%), acompanhadas por eventos de seca incipiente nas décadas de 1990 (33,33%) e 2000 (66,67%), ligeiramente seco nas décadas de 2000 (75,00%) e 2010 (25,00%), e a categoria extremamente seca com 50,00% dos episódios nas décadas de 2000 e 2010. Quanto às categorias úmidas, foram registrados os maiores percentuais nas décadas 1990 para os eventos extremamente úmidos (28,57%) e 2010 (71,43%). Eventos úmidos incipientes 100% foram registrados na década de 1990, e eventos categorizados como ligeiramente úmidos foram registrados 50,00% nas décadas de 1990 e 2000, e moderadamente úmido na década de 2010 (100%), respectivamente.

Quanto à análise espacial do PDSI, episódios extremamente úmidos foram registrados nos anos de 1998 (PDSI = 10,26; La Niña), 1999 (PDSI = 5,48; La Niña), 2012 (PDSI = 6,46; La Niña), 2014 (PDSI = 7,97; EL Niño), 2015 (PDSI = 10,63; EL Niño), 2017 (PDSI = 5,32; EL Niño) e 2018 (PDSI = 6,10; La Niña) anos esses com chuva média acumulada < 520,66 mm conforme as (Figuras 5 e 10).

Porém, episódios moderadamente úmidos foram observados nos anos de 2013 (PDSI = 2,01; Neutro) e 2019 (PDSI = 2,18; EL Niño) com chuva média acumulada anual, ora < 520,66 mm ora > 520,66 mm (Figuras 5 e 10). E episódios ligeiramente úmidos foram observados nos anos de 1990 (PDSI = 1.07; EL Niño) e 2003 (PDSI = 1,32; Neutro) e úmido incipiente nos anos de 1991 (PDSI = 0,49; EL Niño) e 1993 (PDSI = 0,81; EL Niño) todos com chuva média acumulada anual < 520,66 mm.

Quanto aos episódios, próximo ao normal (Figura 10), os anos de 1994 (PDSI = 0,01; EL Niño); 1995 (PDSI = 0,37; La Niña); 1996 (PDSI = 0,46; La Niña); 1997 (PDSI = -0,33; EL Niño); 2007 (PDSI = -0,43; La Niña) e 2009 (PDSI = -0,30; EL Niño), seguidos por uma chuva média acumulada > 520,66 mm, a exceção foi o anos de 1995 com chuva média acumulada inferior a 520,66 mm.

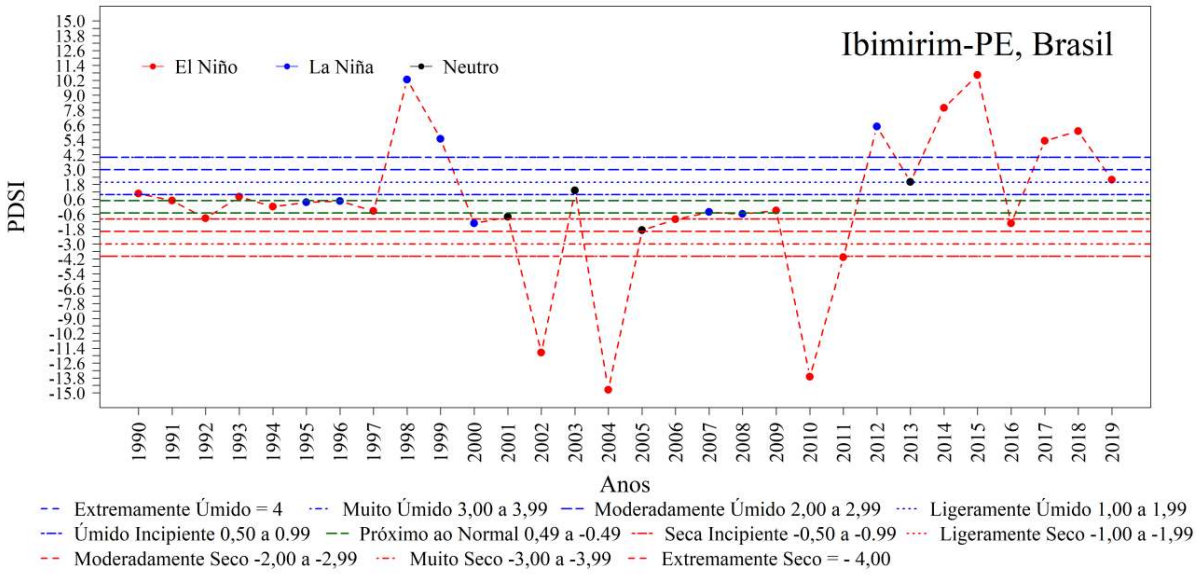
A análise espacial para os episódios secos (Figura 10) indicam que os anos de 1992 (PDSI = -0,92; EL Niño); 2001 (PDSI = -0,81; Neutro) e 2008 (PDSI = -0,58; La Niña) foram anos de secas incipientes. Para os episódios ligeiramente secos, observam-se as ocorrências nos anos de 2000 (PDSI = -1,34; La Niña); 2005 (PDSI = -1,89; Neutro), com chuva média anual superiores a 520,66 mm; 2006 (PDSI = -1,01; EL Niño) e 2016 (PDSI = -1,33; EL Niño), seguidos por chuva média anual inferiores a 520,66 mm. Eventos moderadamente seco e muito seca não foram registrados pelo PDSI.

Porém, episódios extremamente secos foram registrados nos anos de 2002 (PDSI = -11,77; EL Niño); 2004 (PDSI = -14,76; EL Niño); 2010 (PDSI = -13,70; EL Niño) e 2011 (PDSI = -4,06; EL Niño), seguidos por chuva média acumulada superiores a 520,66 mm (Figuras 5 e 10).

Desta forma às chuvas na América do Sul, apresentam uma forte relação com as anomalias da TSM no Oceano Pacífico e, também em regiões específicas (SATYAMURTY; NOBRE; DIAS, 1998), onde o sinal do ENOS é acentuado, por exemplo, o Nordeste do Brasil (NEB) –(KANE, 1997; LYRA et al., 2017), o leste da Amazônia, Sul do Brasil (CUNHA, 1999;

ALMEIDA et al., 2016) e algumas partes do sul da América do Sul (GRIMM; TEDESCHI, 2009; BOMBARDI et al., 2014). Segundo Tedeschi; Cavalcanti e Grimm (2013) as anomalias da TSM no Oceano Pacífico durante os episódios de ENSO mostraram padrões espaciais distintos de ano para ano. Os autores avaliaram as anomalias de TSM das regiões de El Niño 3.0 e 3.4, sendo identificado que as diferenças na chuva na América do Sul estão relacionadas a diferenças na circulação de Walker, similar a Satyamurty; Nobre; Dias (1998) e Souza; Ambrizzi (2002), e na intensidade do fluxo de umidade para o interior do continente.

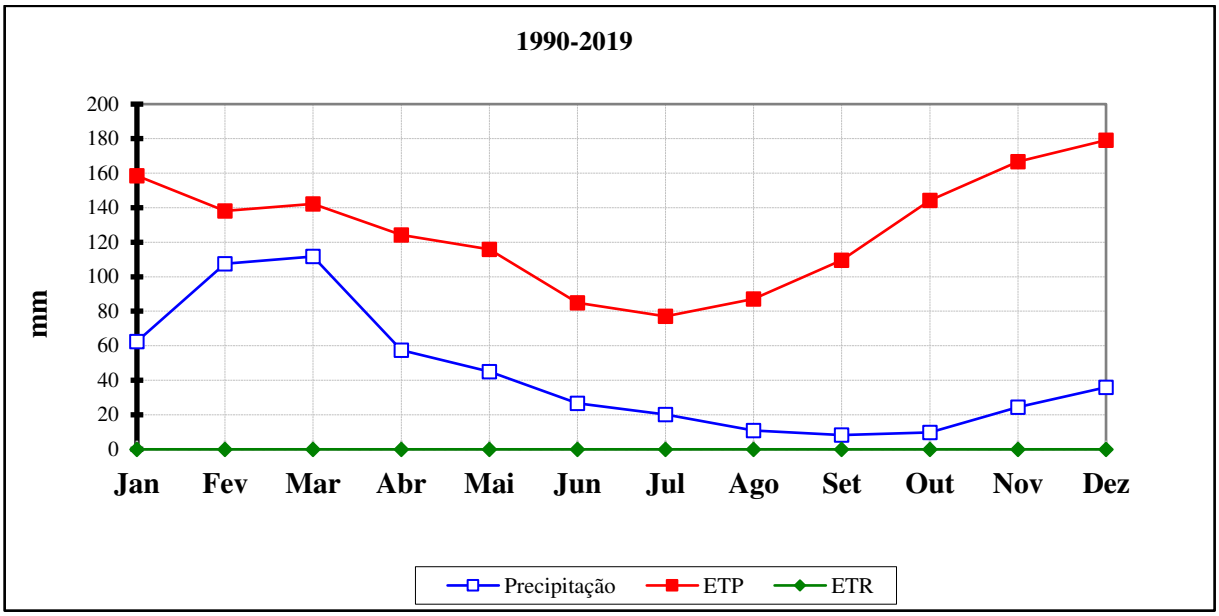
Figura 10 – Distribuição do PSDI no período de 1990 – 2019, Poço da Cruz, Ibimirim-PE – Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Quanto aos valores de Evapotranspiração Potencial - ETP em todos os meses foram superiores aos valores de precipitação, apesar dos valores de ETP de junho a agosto serem menores, provavelmente devido as menores temperaturas registradas nesse período, os valores de precipitação não conseguiu superar os valores médios do volume de água que foi retirada do solo, como se pode observar na (Figura 11).

Figura 11 – Precipitação (mm), evapotranspiração potencial – ETP (mm) e evapotranspiração de referência – ETR (mm), de 1990 a 2019, na estação de Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.

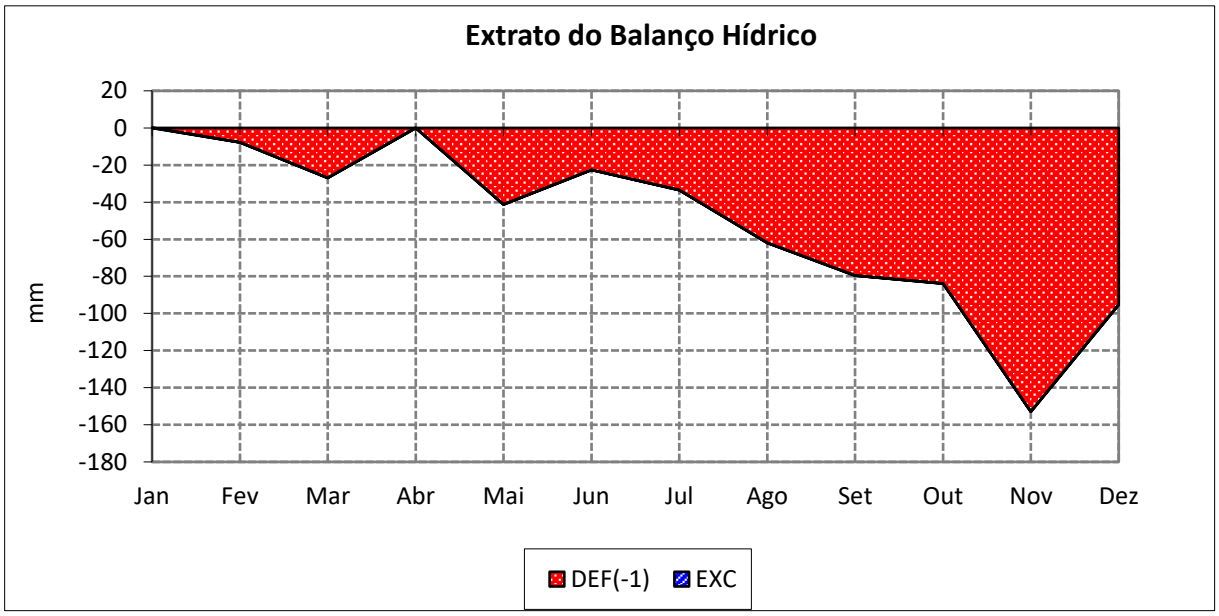


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O extrato do BHC para a estação Poço da Cruz, no município de Ibimirim-PE, referiu-se aos anos mais chuvosos, numa série histórica de 30 anos, incluindo valores dos elementos climatológicos de entrada: temperatura (°C) e precipitação (mm); já os elementos de saída foram: evapotranspiração potencial (mm), armazenamento de água no solo (mm), evapotranspiração real (mm), excedente hídrico (mm) e deficiência hídrica (mm).

Foi possível identificar os anos de maior influência de La Niña da série histórica analisada, como os anos: 1999, 2000 e 2010, cujo valor de SPI os classificaram como próximo ao normal a moderadamente úmido baseada no SPI-12, com valores satisfatórios de chuva, quando comparado aos outros anos, e valores esses em especial durante os meses de janeiro a maio, cujo anos do fenômeno de *La Niña*, no entanto foi verificado a presença severa de seca ao longo dos anos, como destaque e exemplo o ano de 2010, com maior precipitação acumulada anual de 835,00 mm, não apresentou excedente hídrico em nenhum dos meses do ano (Figura 12).

Figura 12 – Níveis (mensais) de excedente hídrico – EXC (mm) e deficiência hídrica – DEF (mm), na estação Poço da Cruz, Ibimirim-PE, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para a serie temporal foi verificado temperatura média anual de 25,8 °C, valor mínimo de média mensal de 22,6 °C para o mês de julho, e máxima de 28,1 °C para o mês de dezembro. A precipitação pluviométrica ao longo de trinta anos apresentou um total médio anual das médias acumuladas de 520,70 mm e média mensal de 43,40 mm, com distribuição mais acentuada acima da média de janeiro a maio, e valores baixos no restante dos meses, com destaque para seca severa para os meses de agosto ao término de outubro, quando comparado com a média histórica.

Com relação aos índices hídricos, aridez e umidade foi possível realizar a classificação climática com base na metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), tais valores dos índices foram descritos, de acordo com a chave de classificação, em que o valor de (Iu) foi de (-64,55), categorizado como “D”, indicando um clima Semiárido; perante a segunda chave de classificação de acordo com o índice de aridez (Ia), cujo valor foi de (66,73) e o índice hídrico (Ih) igual a (2,17) foi categorizado como (d), indicando deficiência hídrica no período de maior concentração de chuvas; quanto à classificação da terceira chave, em virtude do valor da Evapotranspiração potencial anual - ETP que foi de (1563,4 mm), foi classificada do tipo (A), com características de clima megatérmico; a quarta chave de classificação foi em virtude da evapotranspiração potencial de verão - ETPv igual a 866,2 mm, obtido pelo somatório da

ETP de (junho a dezembro), assim a ETPv/ETPanual foi igual a 44,59%, de acordo com a chave é do tipo (a).

De acordo com a metodologia aplicada, o clima para a cidade de Ibimirim-PE é do tipo (DdA'a'), com características semiárida e alta deficiência hídrica, a mesma classificação foi verificada por Francisco et al. (2015) ao Norte do polígono da região semiárida, mais especificamente no estado da Paraíba.

Após seleção dos dados, com o preenchimento de falhas foi possível obter conjunto de dados íntegro, de modo a cobrir toda a série histórica analisada, para o município de Ibimirim – PE, no qual o conjunto analisado representa bem as condições pluviométrica da região. Foram obtidos dados semelhantes ao da região, por Silva et al. (2017), onde obtiveram valores médios após preenchimento de falhas de precipitação e temperatura média do ar na região de Petrolina, localizada no alto Sertão pernambucano.

Os resultados obtidos mostram a distinção de período mais e menos seco em Ibimirim – PE, o mais seco ocorre entre os meses de junho a dezembro, com destaque de seca mais intensa de agosto a outubro. Vale salientar que o Sertão nordestino está localizado a Oeste do Oceano Atlântico, quanto mais se distancia do Leste ao continente a precipitação diminui (REBOITA et al., 2016). Tal diminuição é devido a circulações dos sistemas atmosféricos e das brisas neste período, onde no primeiro semestre ocorre aumento dos ventos alísios do Sul (S), o inverso, no período seco com os movimentos subsidentes de uma célula de circulação geral, na direção vertical-zonal (oeste-leste), denominado de célula de Walker (CW), desta forma os sistemas atmosféricos podem influenciar na variabilidade das chuvas na região semiárida, uma vez que anomalias positivas na temperatura das águas da superfície do Oceano Atlântico causam condições secas sobre a região (MOURA; SHUKLA, 1981).

Os menores totais de chuva foram superiores à mediana, registradas no intervalo entre 7,96 e 111,33 mm, enquanto a temperatura do ar foi abaixo da mediana, no intervalo entre 22,62 e 28,14°C, ambas entre o 1º e o 3º quartil, respectivamente (Figuras 6 e 8). Diversas pesquisas associam a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre as latitudes Sul, e as variações de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), sobre os

oceanos tropicais a variabilidade interanual no semiárido do nordeste brasileiro (HASTENRATH, 1984; MARENGO et al., 2011).

Apesar da existência da alta variabilidade e déficit hídrico, vale ressaltar que a região semiárida do Brasil, é considerada umas das regiões de maiores taxas de pluviosidade desses ambientes semiáridos, categorizada inclusive como um dos semiáridos mais chuvosos de todos os continentes, no entanto a incerteza dos eventos climáticos e presença de eventos extremos é o que torna preocupante, devido as altas taxas de evapotranspiração que varia de 1500 mm a 3000 mm (ANDRADE, 2017).

Os meses com os maiores acumulados pluviométricos foram: janeiro (62,50 mm), fevereiro (107,60 mm), março (111,72 mm), abril (57,42 mm) e maio (45,00 mm), os demais meses apresentam os menores acumulados de chuva, em destaque os meses de agosto a outubro, onde segundo Aquino e Oliveira (2013), ao analisar a distribuição da precipitação em diversos municípios da região semiárida do estado do Piauí, encontraram características semelhantes quanto ao maior déficit hídrico entre nos meses de agosto a outubro, assim como a maior ocorrência de chuvas nos de janeiro a maio.

Uma das principais observações dessas mudanças do clima ao longo dos anos, refere-se à alteração do regime hídrico, como por exemplo devido aos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, em consequência das fortes alterações dos ventos e correntes marítimas (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017). O fenômeno *El Niño*, tem demonstrado que é responsável por anomalias climáticas, em especial no Nordeste do Brasil, principalmente, alterações na precipitação. Embora a temperatura possa ser modificada, tal fenômeno está ligado a diminuição dos ventos alísios e além do aquecimento superficial do Pacífico Tropical. Já o *La Niña*, é devido aos efeitos inversos dos ventos e da temperatura das águas do Pacífico (BRITTO; BARLETTA; MENDONÇA, 2008).

A alta variabilidade interanual da chuva para o município analisado pelo SPI-12 foram observados, assim como a atuação dos fatores de mudanças climáticas globais, como os eventos de atuação de *El Niño* e *La Niña*, foi verificado em anos de *La Niña* houve tendência próximo ao normal, a moderadamente úmido. Os maiores valores de chuva anual em destaque foram os seguintes anos: 1992, 1994, 1996, 1997, 1999-2002, 2004, 2005, 2007-2011 e 2019 (são categorizados como anos de ocorrência de *La Niña*). Os menores registros

ocorreram nos demais anos da série temporal analisada, com destaque para os anos de seca severa: 1993, 1994 e 2012, (são categorizados como anos de ocorrência de *La Niña*).

De acordo com Oliveira et al. (2010), ao realizar estudo na região do Moxotó, em específico no município de Sertânia, verificou em sua serie temporal a tendência de concentração de chuvas entre os meses de janeiro a maio, corroborando assim com os dados da série temporal analisada, inclusive com alta variabilidade ao decorre dos dias dos meses, característica das chuvas que ocorrem na região.

Por mais que existam maiores precipitações durante os meses de janeiro a maio o volume de água no solo é insuficiente para suprir as taxas de evapotranspiração na região, a sua deficiência ocorre em todos os meses do ano como observado no BHC, indicando que para atividades agrossilviculturais necessita da disponibilização de tecnologias de irrigação hídrica ao longo do ano, com isso os saldos de excedente e reposição não supre a necessidade da retirada de água do sistema.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi identificado déficit hídrico em todo o ano, com período mais crítico entre agosto a outubro, período de mais chuvas de janeiro a maio, com alta variabilidade, inclusive nos meses de menores acumulados de chuvas, devido a ocorrência de chuvas fora de época, até mesmo de maiores concentrações, já os valores médios para temperatura se mostrou constante.

Com base no SPI-12 e índice de PDSI, identificou as ocorrências de episódios de seca extremas associados aos fenômenos El Niño e La Niña na áreas de estudo, que indicam secas mais intensas em alguns anos da série. Assim, os índices SPI e PALMER se mostraram como ferramentas essenciais para a tomada de decisão por parte dos órgão públicos.

A chuva acumulada mensal e anual é altamente variável para o município de Ibimirim-PE, observou alto déficit hídrico, considerado como seca agrícola e hidrológica, o que remete a características de impactos de stress hídrico as plantas e redução de biomassa, classificado como clima do tipo (DdA'a').

AGRADECIMENTOS

Pelo apoio financeiro à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) – código de financiamento 001, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe) – BCT-0438-5.02/18 e IBPG-0889-5.02/17, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Grants 303991/2016-0 e 308676/2018-1 e a Universidade Federal Rural de Pernambuco.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. et al. **Caracterização do balanço hídrico climatológico decendial na Fazenda Santa Luzia, município de Jaborandi, BA. EMBRAPA - Milho e Sorgo**, Sete Lagoas (MG), n. 1, p. 1-14, 2020.

ALLEY, W.M. The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v.23, n. 7, p. 1100-1366. 1984.

ALVARGONZALEZ, Rafael. **O Desenvolvimento do Nordeste Árido**. Fortaleza: Ministério do Interior, DNOCS-CE, 1984.

ALVES, J. **História das secas: século XVI a XIX**. 1953. 23p. Fortaleza: Coleção Instituto do Ceará, 1953.

ALVES, J. M. B. et al. Eventos Extremos Diários de Chuva no Nordeste do Brasil e Características Atmosféricas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 225-236, 2017.

ALVES, J. M. B.; SERVAIN, J.; CAMPOS, J. N. B. Relationship Between Ocean Climate Variability and Rain Fed Agriculture in Northeast Brazil. **Climate Research**, v. 38, p. 225-236, 2009.

ANANIAS, D. S. et al. Climatologia da estrutura vertical da atmosfera em novembro para Belém - PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo (SP), v. 25, n. 2, p. 218-226, 2010.

ANDRADE, E. M. A floresta tropical seca, caatinga: as certezas e incertezas das águas. **Trim**, v. 12, p. 11–20. 2017.

ANDRADE-LIMA, D. The Caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, n. 2, p. 149-163, 1981.

ANGELOTTI, F.; FERNADES JUNIOR, P. I. ; SÁ, I. B. Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: Medidas de Mitigação e Adaptação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p. 1097-1111, 2011.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. Emprego do Método de Thornthwaite & Mather (1955) para Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Núcleo de Degradação de São Raimundo Nonato - Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p. 79-90, 2013.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.

BARRA, T. S. **Análise climatológica das secas do estado do Ceará**. 2000. 97p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2000.

BARRA, T. S. et al. Caracterização climatológica da severidade de secas do estado do Ceará-Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.266-272, 2002.

BARROS, A. H. C. et al. Climatologia do Estado de Alagoas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (Embrapa Solos)**,** Recife (PE), n. 211, p. 1-32, 2012.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As Plantas e o Clima: Princípios e aplicações**. 1º. ed. Guaíba (RS): Agrolivros, 2017. 352 p.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Avaliação e adaptação do índice de severidade de seca de palmer (pdsi) e do índice padronizado de precipitação (SPI) às condições climáticas do estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 64, n.4, p. 695-705, 2005.

BOMBARDI, R. J. et al. Precipitation over eastern South America and the South Atlantic Sea surface temperature during neutral ENSO periods. **Climate Dynamics**, v. 42, n. 1, p. 1553-1568, 2014.

BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade Espacial E Temporal Da Precipitação Pluvial No Rio Grande Do Sul: Influência Do Fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, p. 37–48, 2008.

BUUREN, S. V.; OUDSHOORN, K. G. MICE: multivariate imputation by chained equations in R. **Journal of Statistical Software**, v. 45, n. 3, p. 1–67, 2011.

CASSETARI, G. A.; QUEIROZ, T. M. Balanço hídrico e classificação climática na bacia do Rio Jauquara, região de transição entre o Cerrado e Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 70-88, 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: HUCITEC. 1979, 106p.

COELHO, J. As secas do Nordeste e a indústria das secas. Petrópolis: Vozes. 1985, 87p.

COSTA, M. S. et al. Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño-Southern Oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 41, n. S1, p. E2111-E2135, 2020.

CUNHA, G. R. EL Niño –Oscilação Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2., p. 277-284, 1999.

DAI, A.; TRENBERTH, K. E.; KARL, T. R. Global variations in droughts and wet spells: 1900–1995. **Geophysical Research Letters**, v. 25, n. 17, p. 3367–3370, 1998.

FERNANDES, G. S. T. et al. Classificação climática e aptidão agrícola para Bom Jesus-PI em diferentes cenários climáticos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, p. 38-48, 2020.

FIGUEROA, S. N.; KAYANO, M. T.; NOBRE, C. A. Upper tropospheric vortex and 12- 14 day oscilation in the South American/Atlantic sector during the austral summer of 1986-87. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, 1997.

FIGUEROA, S. N.; SATYAMURTY, P.; DIAS, P. L. S. Simulations of the summer circulation over the South American region with an eta coordinate model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 52, n.10, p. 1573-1584, 1995.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Classificação Climática de Koppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 1006-1016, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. Oscilações pluviométricas dentre os regimes diferenciados de precipitação no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 6, p. 360-371, 2015.

FREITAS, C. M. (Org.). **Guia de Preparação e Respostas do Setor Saúde aos Desastres.** Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2018.

FROTA, L. S. A. **Documentação oral e temática da seca**. Estudos Brasília, Centro Gráfico do Senado Federal, 1985, 348p.

FOURNIER, L. M. B. **O problema das secas do Nordeste**. Mossoró: ESAM, 1989.

GANDU, A. W.; DIAS, P. L. S. Impact of tropical heat sources on the South American tropospheric upper circulation and subsidence. **Journal of Geophysical Research Atmospheres**, v. 103, n. 6, p. 6001-6015, 1998.

GARBIN, M. L. et al. Breve histórico e classificação da vegetação capixaba. **Rodriguesia**, v. 68, n. 5, p. 1883-1894, 2017.

GARRIDO, C. África, catástrofes naturais e desenvolvimento. **Africana Studia**, n. 2, p. 153-162, 1999.

GIBBS, W. J.; MAHER, J. V. Rainfall Deciles as Drought Indicators. **Bureau of Meteorology Bulletin**, v. 48, 1967.

GOIS, G. et al. Severidade da seca no estado do Tocantins e suas relações com os eventos de El Niño. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 1973-1989, 2013.

GOIS, G. et al. Variabilidade anual e mensal da chuva e da temperatura do ar no município de Resende, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, p. 67-88, 2019.

GOIS, G. et al. Variabilidade pluviométrica, indicadores de seca e a aplicação do índice SPI para a região do médio vale Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 122-157, 2020.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. **Journal of Climate**, v. 22, n. 7, p.1589–1609, 2009.

GRUND, S.; LÜDTKE, O.; ROBITZSCH, A. Multiple Imputation of Multilevel Missing Data: And Introduction to the R Package pan. **SAGE Open**, v. 6, n. 4, p. 1 – 17, 2016.

GUEDES, R. V. S.; MACEDO, M. H.; SOUSA, F. A. S. Análise Espacial de Eventos de Secas com base no Índice Padronizado de Precipitação e Análise de Agrupamento. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 23, p. 55-65, 2012.

GUERRA, Phelippe de Brito. **A civilização da seca**. Fortaleza: DNOCS, 1981.

HASTENRATH, S. Interannual variability and annual cycle: Mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic sector. **Monthly Weather Review**, v. 112, n. 6, p. 1097-1107, 1984.

HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L. Circulation mechanisms related to northeast Brazil rainfall anomalies. **Journal of Geophysical Research**, v. 98, p. 5093-5102, 1993.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira:** sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE - Diretoria de Geociências, 2012. 271p. (Manuais Técnicos de Geociências, 1).

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. In: MCCARTHY, J.J. **Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido), p. 1032, 2001.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: The physical science basis.** Cambridge (Reino Unido): IPCC, p. 18, 2007.

JILLO, A. Y. et al. Characterization of regional variability of seasonal water balance within Omo-Ghibe River Basin, Ethiopia. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 8, p. 1200-1215, 2017.

JUNGER, W. L. **Análise, imputaçãao de dados e interfaces computacionais em estudos de sáries temporais epidemiológicas**. 2008. 178p. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), 2008.

KANE, R. P. Prediction of Droughts in North-East Brazil: Role of Enso and Use of Periodicities. **International Journal of Climatology**, v. 17, n.6, p.655-665, 1997.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v. 33, n. 6, p. 538-551, 1981.

KOWARIK, A.;TEMPL, M.Imputation with R package VIM. **Journal of Statistical Software**, v. 74, n. 7, p. 1-16, 2016.

KUMAR, V.; PANU, U. Predictive assessment of severity of agricultural droughts based on agro-climatic factors. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 33, n. 6, p. 1255–1264, 1997.

LOHANI, V. K.; LOGANATHAN, G. V. An early warning system for drought management using the Palmer Drought Index. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 33, n. 6, p. 1375–1386, 1997.

LOHANI, V. K.; LOGANATHAN, G. V.; MOSTAGHIMI, S. Long-term analysis and short-term forecasting of dry spells by Palmer Drought Severity Index. **Nordic Hydrology**, v. 29, n. 1, p. 21–40, 1998.

LOPES, I. et al. Espacialização da precipitação para a região do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 5, p. 892-903, 2016.

LYRA, G. B. et al. Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 129, n. 2, p. 157–171, 2017.

LYRA, G. B.; OLIVEIRA JÚNIOR J. F.; ZERI M. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. **International Journal of Climatology**, Londres (Reino Unido), v. 34, n. 13, p. 3546-3558, 2014.

MANIÇOBA, R. M. et al. Índice de anomalias de chuva para diferentes mesorregiões do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 110-1119, 2017.

MARENGO J. A. et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, São Paulo (SP), v. 106, n. 1, p. 31-44, 2015.

MARENGO J. A. et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973-1985, 2018.

MARENGO, J. A. et al. 2011. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande (PB): Instituto Nacional do Semiárido-INSA, 2011. p. 383-416.

McKEE, T. B. et al. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: **Conference on Applied Climatology**, v. 8. 1993, Anaheim, CA (EUA).

McKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. Drought monitoring with multiple time scales. In: **Conference on Applied Climatology**, v. 9. 1995, Dallas, TX (EUA). p. 233-236.

MEDEIROS, R. M. et al. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante-PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 2, p. 170-180, 2013.

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; BANDEIRA, M. M. Balanço Hídrico Climatológico, em Decorrência do Aquecimento Global, no Município de Picuí - Semiárido Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, p. 59-72, 2012.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.68–74, 2009.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. D. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1–10, 2002.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journals of the Atmospheric Sciences**, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.

NAE - Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Mudança de Clima, Vol. I: Negociações internacionais sobre a mudança de clima; vulnerabilidade, impactos e adaptação á mudança de clima. Cadernos NAE, NAE-SECOM 2005. Brasília, 250p.

NKEMDIRIM, L.; WEBER, L. Comparison between the droughts of the 1930s and the 1980s in the Southern Prairies of Canada. **Journal Climate**, v. 12, n. 8, p. 2434–2450.1999.

NOAA/CPC (National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction Center). **Cold and Warm episodes by season.** 2019.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperatures, wind stress, and rainfall over the tropical over the tropical Atlantic and South America. **Journals of the Atmospheric Sciences**, v. 9, n. 10, p. 2464-2479, 1996.

NUNES, L. N.; KLÜCK, M. M.; FACHEL, J. M. G. Comparação de métodos de imputação única e múltipla usando como exemplo um modelo de risco para mortalidade cirúrgica. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 13, n. 4, p. 596-606, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. et al. Análise de homogeneidade de séries pluviométricas para determinação do índice de seca IPP no estado de Alagoas. **Floram**, v. 19, p. 101-101, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. et al. Wet and dry periods in the state of Alagoas (Northeast Brazil) via Standardized Precipitation Index. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 224, n. 105746, p. 1-16, 2021.

OLIVEIRA, J. G. I. et al. Poluição do ar e internações por doenças respiratórias em Volta Redonda, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 55, n. 1,p. 72-88, 2020.

OLIVEIRA, T. H. et al. Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 55-69, 2010.

PALMER, W. C. Meteorologic Drought. **Research Paper**, v. 45, p. 1-58, 1965.

PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. **Conhecendo a Biodiversidade**. 1. ed. Brasília: PPBio, CNPq, MCTIC. 2016. 196p.

PEREIRA, E. **Índices Pluviométricos na Análise da Intensidade e Variabilidade Regional das Chuvas no Nordeste do Brasil**. 2014. 100p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB), 2014.

PONTES, S. B. F. et al. Sistemas sinóticos associados às precipitações intensas no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 3, p. 323–338, 2011.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2020. **QGIS Geographic Information System.** Open Source Geospatial Foundation Project.

QUEIROZ, M. V. D. **Arquitetura, cidade e território das secas: ações da IFOCS no semiárido do Brasil (1919-1945)**. 2020. 265p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos (SP), 2020.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. 2017. R Foundation for Statistical Computing, Viena (Áustria).

RAO, V. B.; BONATTI, J. P. On the origen of upper tropospheric cyclonic vortices in the South Atlantic Ocean asn abjoining Brazil during the summer. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 37, p. 11–16, 1987.

RAO, V. B.; LIMA, M. C.; FRANCHITO, S.H. Seasonal and interannual variations of rainfall over eastern northeast Brazil. **Journal of Climate**, v. 6, n.9, p. 1754–1763, 1993.

REBOITA, M. S. et al. Causas da semi-aridez do sertão nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, p. 254-277, 2016.

REBOITA, M. S. et al. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185–204, 2010.

REZAEI, A.; MOHAMMADI, Z. Annual safe groundwater yield in a semiarid basin using combination of water balance equation and water table fluctuation. **Journals of African Sciences**, v. 134, p. 241-248, 2017.

RIBEIRO, R. W. **A construção da aridez. Representações da natureza, regionalização e institucionalização do combate à seca (1877-1909)**. 2001. 160p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), 2001.

RODRIGUES, D. T. et al. Spatial and temporal assessment of the extreme and daily precipitation of the Tropical Rainfall Measuring Mission satellite in Northeast Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 41, n. 2, p. 549–572, 2020.

ROLIM, G. S. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas (SP), v. 66, n. 4, p. 257-533, 2007.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, p. 1606-1626, 1987.

ROPELEWSKI, C. F.; JONES, P. D. An Extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index. **Monthly Weather Review**, v. 15, p. 2161-2165, 1987.

ROSA, A. F. **Os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico no município de Patrocínio–MG**. 2017. 31p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG), 2017.

SAKAMOTO, C. M. The Z-index as a variable for crop yield estimation. **Agricultural Meteorology**, v. 19, n. 4, p. 305–313, 1978.

SALTON, F. G. et al. Climatologia dos episódios de precipitação em três localidades no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 626-638, 2016.

SANTOS JÚNIOR, V. J.; SANTOS, C. O. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Estação Científica UNIFAP**, v. 3, n. 1, p. 19-30, 2014.

SANTOS, R. M. N.; PEREIRA, A. R. Índice de severidade de seca de palmer para a região oeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n.1, p. 139-145, 1999.

SATYAMURTY, P.; NOBRE, C. A.; DIAS, P. L. South America. Meteorology of the southern hemisphere. **American Meteorological Society**, v. 27, n. 49, p. 119-139, 1998.

SELLERS, W. D., **Physical climatology**. Chicago (EUA) & Londres (Reino Unido): Universidade de Chicago, 1965. 272 p.

SILVA, A. R. et al. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, p. 377-384, 2017.

SILVA, D.F. et al. Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no Índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 449–464, 2020.

SILVA, T. L. V. et al. Ocean–atmosphere feedback during extreme rainfall events in eastern northeast Brazil. **Journal of Applied Meteorology**, v. 57, n. 5, p. 1211-1229, 2018.

SOUZA, E. D. O. et al. Estimativa e Especialização da Erosividade em Mesorregiões Climáticas no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. (spe), p. 769–783, 2020.

SOUZA, E.; AMBRIZZI, T. ENSO impacts on the South American rainfall during 1980s: Hadley and Walker circulation. **Atmósfera**, v. 15, n. 2, p. 105-120, 2002.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAÚJO, L. E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife - PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife (PE), v. 5, n. 2, p. 250-268, 2012.

TEDESCHI, R. G.; CAVALCANTI, I. F. A.; GRIMM, A. M. Influences of two types of ENSO on South American precipitation. **International Journal of Climatology**, v. 33, n. 6, p. 1382-1400, 2013.

TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; GALVANI, E. Variabilidade do Índice de Precipitação Padronizada na Região Norte do Estado do Paraná Associada aos Eventos de El Niño-Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo (SP), v. 33, n. 1, p. 11-25, 2018.

THOMAZINI, A. et al. Impact of organic no-till vegetables systems on soil organic matter in the Atlantic Forest biome. **Scientia Horticulturae**, v. 182, p. 145-155, 2015.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**, Nova Jersey (EUA), v. 8, 1955. 104 p.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev**, v. 38, p. 55-94, 1948.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa (MG): Imprensa Universitária, 1991. 449 p.

WILLEKE, G. et al. The National Drought Atlas. **Institute for Water Resources Report**, v. 94, 1994.

YU, B. et al. Soil moisture variations at different topographic domains and land use types in the semi-arid Loess Plateau, China. **Catena**, v. 165, p. 125-132, 2018.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Classificação e Monitoração de Períodos Secos e Chuvosos e Cálculo de Índices Pluviométricos para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia/Cadernos de Recursos Hídricos**, Porto Alegre (RS), v. 5, n. 2, p. 7-31, 1987.

ZHANG, Z. Missing data imputation: focusing on single imputation. **Annals of Translational Medicine**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2016.