



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

IAGO JOSÉ DE LIMA SILVA

**PERÍODOS ÚMIDOS E SECOS NO ESTADO DE ALAGOAS VIA ÍNDICE DE SECA**

Maceió - AL

Abril, 2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

IAGO JOSÉ DE LIMA SILVA

**PERÍODOS ÚMIDOS E SECOS NO ESTADO DE ALAGOAS VIA ÍNDICE DE SECA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia do Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Meteorologia, área de concentração Processos de Superfície Terrestre.

Orientador: **Prof. Dr. José Francisco de Oliveira Júnior**

Coorientador: **Prof. Dr. Givanildo de Gois**

Maceió - AL

Abril, 2022

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S586p Silva, Iago José de Lima.  
Períodos úmidos e secos no estado de Alagoas via índice de seca / Iago José de Lima Silva. – 2022.  
119 f. : il.

Orientador: José Francisco de Oliveira Júnior.  
Coorientador: Givanildo de Gois.  
Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 82-119.

1. Chuva. 2. Seca. 3. Recursos hídricos - Alagoas. 4. Índices de seca. 5. Avaliação de riscos ambientais. I. Título.

CDU: 551.577.37/.38(813.5)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

**CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO**

**N.º de ordem: MET-UFAL-MS-189.**

**“PERÍODOS ÚMIDOS E SECOS NO ESTADO DE ALAGOAS VIA ÍNDICE DE SECA.”**

***IAGO JOSÉ DE LIMA SILVA***

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

*José Francisco de Oliveira Junior*

---

Prof. Dr. José Francisco de Oliveira Junior  
(Orientador)

*Heliofábio Barros Gomes*

---

Prof. Dr. Heliofábio Barros Gomes  
(Membro Interno)

*Givanildo de Gois*

---

Prof. Dr. Givanildo de Gois  
(Membro Externo)

*Claudio José Cavalcante Blanco*

---

Prof. Dr. Claudio José Cavalcante Blanco  
(Membro Externo)

*Josicleia Pereira Rogério*

---

Dra. Josicleia Pereira Rogério  
(Membro Externo)

**ABRIL/2022**

## **DEDICATÓRIA**

**Dedico a Deus e a minha família, por todo amor, apoio e compreensão.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde, paciência e perseverança para superar os momentos difíceis que ultrapassei nessa jornada em uma nova área do conhecimento, com a finalidade de realizar o sonho de ser professor e para isso, é preciso passar por essas etapas acadêmicas. Os momentos que estive fisicamente sozinho estudando no meu quarto, espiritualmente Deus sempre se fez presente.

A minha mãe Cléris por todo o amor que sempre me deu e por ser meu grande exemplo na área acadêmica, todas as minhas conquistas são frutos da educação que a senhora me deu e tem me dado.

Ao meu pai Ivan por ter me incentivado de todas as formas possíveis e por todo o apoio nos bons e maus momentos, e pelos sacrifícios financeiros que fez e faz pela minha formação acadêmica.

A minha irmã Iona que depositou toda sua confiança na realização do meu sonho, minha grande incentivadora, amiga de estudos para concursos, que me ajudou a lograr êxito em um concurso em 2021.

A minha companheira de vida Vanessa por todo amor, e por me acompanhar desde a graduação, e que durante esse tempo tornou-se minha confidente e conselheira, ajudando-me em todos os momentos.

A meu avó, Zé Escoteiro, que paralelamente ao mestrado foi diagnosticado com Alzheimer e desde então eu divido minhas obrigações diárias com os seus cuidados higiênicos e de saúde, essa experiência por mais difícil que seja é a que mais me ensina.

Aos meus colegas de Mestrado, especialmente ao amigos Valter e Lourdes, por toda ajuda e ensinamentos nas matérias que eu tive dificuldade.

A todos os mestres que tive na vida, do jardim de infância a Dissertação.

A todos os funcionários e professores que fazem a Universidade Federal de Alagoas, e especialmente o ICAT acontecer, principalmente ao secretário Rafael que foi sempre solícito em esclarecer minhas dúvidas.

Ao meu Orientador Prof. Dr. José Francisco de Oliveira Júnior e meu coorientador Prof. Dr. Givanildo de Gois, por enxergarem a educação de uma forma humanitária, sempre tentando sanar minhas deficiências acadêmicas e potencializar meus pontos fortes, e que no momento mais difícil não permitiram que eu desistisse do curso, sou grato porque vocês me fizeram enxergar que a universidade não é a selva que eu havia vivenciado na graduação, mas um instrumento de disseminação do conhecimento. Espero que nossa amizade persista, e que eu possa me tornar também um professor, assim como os senhores.

A todos os familiares e amigos que torceram por mim e que de alguma forma contribuíram para esse momento.

“Mesmo que já tenhas feito uma longa caminhada, há sempre um novo caminho a fazer”.

(Santo Agostinho)

## RESUMO

O estado de Alagoas tem sua base econômica voltada para a agricultura, sendo o conhecimento dos períodos de chuva e seca de fundamental para o sucesso dos empreendimentos agrícolas. O objetivo foi caracterizar os períodos chuvosos e secos no estado de Alagoas por meio de análise multivariada aplicada ao Standardized Precipitation Index (SPI). Utilizaram-se inicialmente dados pluviométricos mensais de 54 estações no período (1960-2016), esses dados apresentavam falhas que foram preenchidas via método de imputação múltipla, preenchidos e validados, onde Sertão ( $r=0,65$ ;  $R^2=0,42$ ; EPE=54,85 mm; RQEM=54,84 mm), Agreste ( $r=0,69$ ;  $R^2=0,47$ ; EPE=70,97 mm; RQEM=70,97 mm) e Leste ( $r=0,61$ ;  $R^2=0,37$ ; EPE=154,87 mm; RQEM=109,48 mm). A análise de agrupamento (AA) foi aplicada às séries temporais (definição de regiões homogêneas) e SPI-12 (anual) - (determinação dos períodos de seca e chuva). A chuva anual acumulada apresentou dois períodos distintos: 1960 a 1990 (P1) e 1990 a 2016 (P2), segundo o teste de Pettitt. Ambos os períodos se alternam de acordo com as fases de La Niña e Neutro (anos chuvosos) e El Niño (anos secos). Na precipitação mensal, apenas a parte leste de Alagoas aumentou os meses chuvosos na série histórica. Dos métodos de conexão testados, a conexão média, avaliado através do coeficiente de correlação cofenética (CCC = 0,8760) identificou grupos homogêneos de precipitação, caracterizando duas regiões, uma no litoral (G1) e outra mais ao interior (G2), e dois grupos não homogêneos (NA) no estado. O SPI anual ajudou a identificar os períodos secos e úmidos, independentemente da categorização do El Niño-Oscilação Sul (ENOS). As categorias do SPI-12 apresentam alta variabilidade anual e decadal nos grupos, exceto como extremamente seca e úmida. Há maior variabilidade nos períodos de seca e chuva próximo ao litoral do que no interior do Estado.

**Palavra-chave:** chuva; seca; recursos hídricos; índice de seca climática; regionalização de risco.



## ABSTRACT

The state of Alagoas has its economic base focused on agriculture, and knowledge of the rainy and dry periods is essential for the success of agricultural enterprises. The objective was to characterize the rainy and dry periods in the state of Alagoas through multivariate analysis applied to the Standardized Precipitation Index (SPI). Initially, monthly rainfall data from 54 stations in the period (1960-2016) were used. These data had gaps that were filled in via the multiple imputation method, filled in and validated, where Sertão ( $r=0.65$ ;  $R^2=0.42$ ;  $EPE=54.85$  mm;  $RQEM=54.84$  mm), Agreste ( $r=0.69$ ;  $R^2=0.47$ ;  $EPE=70.97$  mm;  $RQEM=70.97$  mm) and East ( $r=0.61$ ;  $R^2=0.37$ ;  $EPE=154.87$  mm;  $RQEM=109.48$  mm). Cluster analysis (AA) was applied to time series (definition of homogeneous regions) and SPI-12 (annual) - (determination of dry and rainy periods). The accumulated annual rainfall presented two distinct periods: 1960 to 1990 (P1) and 1990 to 2016 (P2), according to the Pettitt test. Both periods alternate according to the phases of La Niña and Neutral (rainy years) and El Niño (dry years). In terms of monthly rainfall, only the eastern part of Alagoas increased the number of rainy months in the historical series. Of the connection methods tested, the average connection, evaluated through the cophenetic correlation coefficient ( $CCC = 0.8760$ ) identified homogeneous groups of precipitation, characterizing two regions, one on the coast (G1) and another further inland (G2), and two non-homogeneous groups (NA) in the state. The annual SPI helped to identify dry and wet periods, regardless of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) categorization. The SPI-12 categories show high annual and decadal variability across groups, except as extremely dry and wet. There is greater variability in the dry and rainy periods near the coast than in the interior of the state.

**Keywords:** rainfall; drought; water resources; climatic drought index; risk regionalization.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização geográfica e distribuição espacial das 20 estações meteorológicas nas mesorregiões (Leste, Sertão e Agreste) do estado de Alagoas (AL) e classificação Köppen-Geiger (Am, Aw e BSh). .....	46
<b>Figura 2:</b> Distribuição dos percentuais de falhas (%) das chuvas mensais das 54 estações pluviométricas no período de 1960 a 2016.....	48
<b>Figura 3:</b> Diagrama de espalhamento (1:1) dos dados observados versus dados imputados (mm) nas mesorregiões Sertão (a), Agreste (b) e Leste (c) do Estado de Alagoas. ....	57
<b>Figura 4:</b> Distribuição da chuva acumulada anual (mm) em Alagoas (a), nas mesorregiões Leste (b), Agreste (c), e Sertão Alagoano (d) no período de 1960 a 2016. ....	61
<b>Figura 5:</b> Boxplot da chuva mensal (mm) nas mesorregiões do Sertão (a), Agreste (b), e Leste Alagoano (c) no período de 1960 a 2016.....	62
<b>Figura 6:</b> Distribuição espacial da chuva mensal (mm) no período seco do Estado de Alagoas entre 1960-2016.....	64
<b>Figura 7:</b> Distribuição espacial da chuva mensal (mm) no período de transição do Estado de Alagoas entre 1960-2016.....	66
<b>Figura 8:</b> Distribuição espacial da chuva mensal (mm) no período chuvoso do Estado de Alagoas entre 1960-2016.....	67
<b>Figura 9:</b> Soma dos quadrados dos grupos (a) e dendrograma de conexão média para grupos homogêneos de precipitação (G1 e G2) e grupos não homogêneos (NA) - (b) para as 20 estações meteorológicas no estado de Alagoas entre 1960 a 2016.....	69
<b>Figura 10:</b> Distribuição espacial de grupos homogêneos de precipitação (Grupos 1 e 2) e grupos não homogêneos (NA) para as 20 estações meteorológicas no estado de Alagoas entre 1960 a 2016. ....	73
<b>Figura 11:</b> Distribuição temporal da precipitação e média anual (mm) no Grupo 1 (a), Grupo 2 (b), Porto Calvo (c) e Maceió (d) no estado de Alagoas entre 1960 a 2016.....	75
<b>Figura 12:</b> Distribuição temporal do SPI-12, estação Murici (a - grupo homogêneo G1), União dos Palmares (b - grupo homogêneo G2), Porto Calvo (c - grupo NA) e Maceió (d - grupo NA) para o período de 1960 a 2016. ....	77
<b>Figura 13:</b> Distribuição decadal do total de eventos SPI-12 e suas respectivas categorias, estação Murici (a - grupo homogêneo G1), União dos Palmares (b - grupo homogêneo G2), Porto Calvo (c - grupo NA) e Satuba (d - grupo NA) para o período de 1960 a 2016.....	79

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Coeficiente de correlação de Pearson (r) e a sua respectiva classificação .....	47
<b>Tabela 2:</b> Descrições básicas de 20 estações meteorológicas e seus percentuais de dados perdidos nas mesorregiões do estado de Alagoas.....	49
<b>Tabela 3:</b> Classificação do SPI.....	53
<b>Tabela 4:</b> Identificação dos anos e meses de mudanças repentinas nas séries temporais pluviométricas por meio do teste de Pettitt aplicado às 20 estações meteorológicas existentes nos municípios de Alagoas. ....	58
<b>Tabela 5:</b> Resumo dos métodos de análise de agrupamento aplicados à série temporal de precipitação (1960-2016) com CCC e significância, respectivamente.....	68
<b>Tabela 6:</b> Resumo estatístico (média, mediana, mínimo, máximo, desvio padrão - DP e coeficiente de variação - CV%) dos grupos homogêneos de precipitação (G1 e G2) e não homogêneos (NA) das 20 estações meteorológicas pertencentes ao estado de Alagoas.....	71

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Índices de seca de modelagem mista .....	37
<b>Quadro 2:</b> Índices de seca de sensoriamento remoto .....	37
<b>Quadro 3:</b> Índices de seca de umidade do solo .....	38
<b>Quadro 4:</b> Índices de seca hidrológicas.....	38
<b>Quadro 5:</b> Índices de seca meteorológicos .....	39
<b>Quadro 6:</b> Índices de seca meteorológicas (continuação) .....	40

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1:</b> Coeficiente de Determinação	47
<b>Equação 2:</b> Coeficiente de Pearson	47
<b>Equação 3:</b> Erro Padrão de Estimativa	47
<b>Equação 4:</b> Raiz Quadrada do erro Quadrático Médio	47
<b>Equação 5:</b> Teste de Pettitt	51
<b>Equação 6:</b> Teste de Pettitt (kmáx)	52
<b>Equação 7:</b> Teste de Pettitt (significância)	52
<b>Equação 8:</b> Teste de Pettitt (kcrit)	52
<b>Equação 9:</b> SPI	52
<b>Equação 10:</b> Distância Euclidiana	54
<b>Equação 11:</b> Coeficiente de Correlação Cofenética	54
<b>Equação 12:</b> Médias Aritméticas	54
<b>Equação 13:</b> Médias Aritméticas	54

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AA	Análise de Agrupamento
AB	Alta da Bolívia
AHE	Análise Harmônica e Espectral
Am	Clima Tropical de Monções,
ANA	Agência Nacional de Águas
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
ASPI	Índice de Precipitação Agrícola Padronizado
Aw	Tropical Clima com Inverno Seco
BSh	Clima Semi-Árido e Quente
CA	Cluster Analysis
CB	Circulações de Brisa
CCC	Coefficiente de Correlação Cofenética
CCM's	Complexos Convectivos de Mesoescala
CGA	Circulação Geral da Atmosfera
CIVA	Camada de Inversão de Ventos Alísios
CLA	Camada Limite Atmosférica
CRDI	Índice de Seca de Reconhecimento de Culturas
DOI	Dipolo do Oceano Índico
DOLS	Distúrbios de Ondas Leste
DOVA	Distúrbios de Ondas nos Ventos Alísios
DP	Desvio Padrão
E	Leste
ENEB	Leste do Nordeste
ENOS	El Niño Oscilação Sul
EPE	Erro Padrão da Estimativa

ERDI	Índice de Seca de Reconhecimento Efetivo
GTSMIA	Gradiente de Temperatura da Superfície do Mar Inter-hemisférico do Atlântico
HN	Hemisfério Norte
HS	Hemisfério Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INO	Índice Niño Oceânico
LI	Linhas de Instabilidade
MRM	Região Metropolitana de Maceió
N	Norte
N/NE	Norte-Nordeste
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
NE	Nordeste
NEB	Nordeste do Brasil
NNEB	Norte do Nordeste do Brasil
NW	Noroeste
OAN	Oscilação do Atlântico Norte
ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
OL	Ondas de Leste
OMJ	Oscilação Madden-Julian
RDI	Reconnaissance Seca Index
RMSE	Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio
ROL	Radiação de Onda Longa
S	Sul
SCAN	Oscilação do Atlântico Norte Padrão Escandinavo
SF	Sistemas Frontais
SNEB	Sul do Nordeste

SPI	Índice de Precipitação Padronizado
SPIS	SPI em modo S
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAN	Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis
W	Oeste
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	18
2	OBJETIVOS .....	20
2.1	Geral .....	20
2.2	Específicos .....	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	21
3.1	Sistemas Meteorológicos no NEB .....	21
3.1.1	Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) .....	22
3.1.2	Zona de Convergência do Atlântico Sul ( ZCAS).....	23
3.1.3	Sistemas Frontais (SF) .....	24
3.1.4	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) .....	26
3.1.5	Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) .....	27
3.1.6	Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).....	28
3.1.7	Linha de Instabilidade (LI) .....	30
3.2	Modos de variabilidade climática que intensificam a Seca.....	31
3.3	Índices de Seca: Novos e Clássicos .....	35
3.4	Impacto da Seca na Produção Agrícola e Gerenciamento de Água .....	42
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	46
4.1	Caracterização da Área de Estudo .....	46
4.2	Organização e Controle de Qualidade dos Dados .....	47
4.3	Imputação dos Dados .....	51
4.4	Teste de Pettitt .....	51
4.5	Standardized Precipitation Index - SPI.....	52
4.6	Estatística Descritiva .....	53
4.7	Mapas de Chuva mensal de Alagoas.....	53
4.8	Análise Multivariada .....	54

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1	Validação dos Dados de Imputação.....	56
5.2	Teste de Pettitt .....	57
5.3	Chuva Anual (1960-2016).....	59
5.4	Chuva Mensal (1960-2016).....	62
5.4.1	Estação seca .....	64
5.4.2	Estação de Transição.....	65
5.4.3	Estação Chuvosa.....	66
5.5	Regiões Homogêneas de Chuva .....	67
5.5.1	Temporal .....	67
5.5.2	Espacial .....	72
5.6	Análise Multivariada aplicada ao SPI-12.....	75
5.6.1	Anual .....	75
5.6.2	Decadal .....	78
6	CONCLUSÕES .....	80
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82

## 1 INTRODUÇÃO

A variabilidade espaço-temporal da precipitação local e/ou regional está diretamente ligada às frequências de ocorrência dos sistemas meteorológicos, os modos de mudança climática e as condições fisiográficas da região (por exemplo, relevo, vegetação e proximidade de corpos d'água) - (MOLION e BERNARDO, 2002; REBOITA et al., 2010; LYRA et al., 2017; CORREIA FILHO et al., 2018; JARDIM et al., 2019; COSTA et al., 2021). Eventos hidrometeorológicos (por exemplo, secas e inundações) afetam diferentes regiões do mundo (GUENANG e KAMGA, 2014; ESHETU et al., 2016; PRAMUDYA et al., 2019; TIGKAS et al., 2020), com ênfase na região do semiárido brasileiro (MARENGO et al., 2018; CUNHA et al., 2018), uma vez que mais de 50% dos registros de seca no país são apresentados para essa localidade (AZEVEDO et al., 2018).

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 (SF), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), Distúrbios de Ondas nos Ventos Alísios (DOVA), Circulações de Brisa (CB), Camada de Inversão de Ventos Alísios (CIVA), Distúrbios de Ondas Leste (DOLs) e as Linhas de Instabilidade (LI) - (RAO et al., 1993; MOLION E BERNARDO, 2002; GALVÍNCIO et al., 2010; REBOITA et al., 2010; PONTES DA SILVA et al., 2011; LYRA et al., 2014; VALE SILVA et al., 2018; SOUZA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2020; COSTA et al., 2021). Além disso, existem modos de variabilidade climática, por exemplo, o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), o Gradiente de Temperatura da Superfície do Mar Inter-hemisférico do Atlântico (GTSMIA), a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e a Oscilação Madden-Julian (OMJ), que interferem nos volumes de chuva do NEB e intensidades de seca (FERREIRA et al., 2004; REBOITA et al., 2010; DA SILVA et al., 2010; LYRA et al., 2017; DA SILVA et al., 2020).

O fenômeno da seca no NEB é estudado há décadas. Nos últimos anos, ganhou destaque devido à intensificação de sua ocorrência nas suas diferentes sub-regiões: i) Meio-Norte; ii) Sertão; iv) Agreste; v) Zona da Mata. Esse fenômeno prejudica a população, a economia local e precisa ser cuidadosamente monitorado e investigado, principalmente devido aos impactos nas condições hídricas (ROSSATO et al., 2017). Na literatura científica, o fenômeno da seca é classificado em quatro tipos: i) meteorológico, ii) agrícola, iii) hidrológico e iv) socioeconômico; tais definições são encontradas em detalhes em Blain e Brunini (2007) e Ding et al. (2021). Uma das formas de estudar a seca é baseado nos índices de seca. Por

exemplo, Guenang e Kamga (2014) usaram o *Standardized Precipitation Index* (SPI) para avaliar a ocorrência de seca na região dos Camarões. Eshetu et al. (2016) analisaram as tendências de precipitação com base no SPI na Etiópia. Pramudya et al. (2019), com base no SPI, estudou secas severas na Indonésia e Tigkas et al. (2020) usaram o *Reconnaissance Seca Index* (RDI) para a seca na agricultura na região da Grécia. Nas regiões brasileiras, as aplicações dos índices de seca são de suma importância, com destaque para os estudos com o SPI, utilizado por Blain e Brunini (2007) no estado de São Paulo, Sobral et al. (2019) no estado do Rio de Janeiro e Oliveira Júnior et al. (2012) e Lyra et al. (2017) no estado de Alagoas.

No NEB, o desenvolvimento agropecuário é predominantemente dependente das chuvas, com destaque para o setor agrícola, e suas variações interferem no rendimento das lavouras e perdas econômicas (DA SILVA, 2004; PEREIRA, 2014; SILVA et al., 2020; JARDIM et al., 2021a). Os prolongados períodos de seca geram desequilíbrios: socioeconômicos afetando diretamente o bem-estar da população local; hidrológico, relacionado aos níveis dos reservatórios; agropecuária, referente à perda de produção da agricultura familiar, bem como à morte de animais (bovinos, suínos, caprinos, entre outras espécies); além de impactos na natureza, como degradação do solo e bioma Caatinga, resultando no processo de desertificação (MARENGO et al., 2018; CORREIA FILHO et al., 2019a; SILVA et al., 2020; SANTOS et al., 2020; JARDIM et al., 2021b). O estado de Alagoas tem sua base econômica voltada para a agricultura (ex.: agricultura familiar e sistemas de sequeiro) e pecuária. Portanto, conhecer a ocorrência de regiões úmidas e secas e, principalmente, sua dinâmica é de fundamental importância para a economia e o bem-estar da população.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

- **CARACTERIZAR** os períodos úmidos e secos no estado de Alagoas via índice SPI.

### 2.2 Específicos

- **VALIDAR** o método de imputação de dados no preenchimento de falhas da série temporal;
- **IDENTIFICAR** mudanças na série temporal de chuva referente aos meses e anos via teste de Pettitt;
- **AVALIAR** a variabilidade da chuva mensal nas mesorregiões de Alagoas;
- **DEFINIR** regiões homogêneas de chuva via análise multivariada;
- **AVALIAR** nos grupos homogêneos as variações anuais e decadais da precipitação obtidas a partir da utilização do SPI.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Sistemas Meteorológicos no NEB

A seca é um fenômeno climático decorrente de chuvas abaixo da normal climatológica, mas sua definição é variável e pode relacionar-se a diferentes áreas de estudo, como, engenharia, agricultura, meteorologia e economia. (CUNHA, 2008; RAMALHO, 2013; SILVEIRA, 2019) É sabido que a seca é dependente da variabilidade dos sistemas meteorológicos que atuam na região (TSAKIRIS e VANGELIS, 2004; MACEDO et al., 2010). Portanto, a seca é periódica e comum em diversos tipos de clima (QUIRING, 2009).

A região do NEB apresenta três tipos climáticos, segundo classificação climática de *Köppen-Geiger*: i) “A” - clima tropical: presentes nos estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí; ii) “Af” - clima tropical úmido: presente em parte do Maranhão e na divisa com o Pará, nos estados da Bahia e Rio Grande do Norte e iii) “As” - clima tropical semiárido: em todo sertão nordestino (SILVA et al. 2010). A chuva anual no NEB apresenta alta variabilidade, com máximos de 2000 mm na costa e mínimos de 300 mm no interior do NEB (MOLION e BERNADO, 2000; SILVA, 2003).

Essa diversidade climática é consequência de vários mecanismos físicos, tais como: posição geográfica, topografia e vegetação, que interagem de forma simultânea e, assim contribuem para variabilidade das chuvas no NEB (KAYANO e ANDREOLI, 2009). Segundo Molion e Bernado (2000), os sistemas dinâmicos de grande escala (trata dos fenômenos em escala regional ou geográfica) são responsáveis entre 30% a 80% das chuvas no NEB, e os mecanismos de meso (refere-se aos fenômenos em escala local) e microescala (que condiciona o clima em pequena escala) completam o restante das chuvas.

A ZCIT, SF, convecção local, os VCAN, circulações de brisas (marítima/terrestre, vale/montanha, lacustres e de baías), são exemplos de sistemas meteorológicos de micro, mesoescala e grande escala que influenciam o tempo e o clima e, conseqüentemente a variabilidade intrasazonal da chuva no NEB (MELO et al., 2000; COSTA et al., 2004; ALVES et al., 2006; GALVÍNCIO et al., 2010; NASCIMENTO, 2014) Vale ressaltar a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico sobre o clima dessa região que também contribuem para variabilidade interanual da chuva (FERREIRA e MELLO, 2005).

Segundo Brito (2000), os sistemas meteorológicos ocorrem em diferentes estações do ano (seca, chuvosa e de transição) e também em diferentes sub-regiões no NEB, por exemplo, os SF's ocorrem com maior frequência no período seco e na porção sul do Nordeste (SNEB) - (COSTA et al., 2004); a ZCIT atua na estação de transição e chuvosa e nas regiões norte (NNEB) e leste (ENEb) - (MELO et al., 2000); os DOLs ocorrem na época chuvosa e na porção ENEB (NEVES, et al., 2016) e os VCAN's que atuam nas estações seca e de transição em todo o território nordestino (PINHEIRO, 2015).

Assim ocorre a interação dos principais sistemas meteorológicos citados anteriormente, por exemplo, a ZCIT, as incursões dos SF's na porção centro-sul, os episódios de VCAN, como também a OMJ - (SILVA et al., 2017). Devido a essa interação ocorre o estabelecimento da ZCAS ao norte da sua posição climatológica, seguido do aumento da chuva principalmente em janeiro. Assim sendo, para os anos secos, onde nos meses de janeiro ocorreram registros baixos de chuvas, as características atmosféricas de interação citadas foram menos evidentes ou até mesmo contrárias (ALVES et al., 2006). Devido à variabilidade espaço-temporal dos sistemas meteorológicos no NEB, o estudo da chuva e da seca nessa região é bastante complexo (DANTAS et al., 2013; BARBOSA et al., 2014).

### **3.1.1 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)**

A ZCIT tem seu posicionamento decisivo na caracterização das condições de tempo e clima nas regiões tropicais, possuindo enorme influência na precipitação nos trópicos (MELO et al., 2000; TESSLER E GOYA, 2005; FERREIRA e MELO 2005). A ZCIT é o sistema meteorológico de extrema importância para a definição da quadratura chuvosa do NEB, durante o primeiro semestre de cada ano, sua influência é fundamental em anos chuvosos (XAVIER et al., 2003). Entretanto, é de conhecimento científico que os modos de variabilidade climática, ENOS, ODP e o GTSMIA tendem a agravar ou inibir o desempenho dos principais sistemas meteorológicos no NEB, a exemplo disso, a ZCIT (CARVALHO e OYAMA, 2013; LYRA et al., 2017).

A ZCIT é definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do planeta, sendo constituída pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte (HN) com os ventos alísios do Hemisfério Sul (HS), em baixos níveis da atmosfera (FERREIRA e MELLO, 2005). A convergência dos ventos alísios faz com que haja ascensão do ar quente e úmido e, assim ocorre transporte da umidade do oceano até os altos níveis da atmosfera que, dão origem às nuvens de desenvolvimento vertical, denominada *Cumululonimbus* (FUNCEME, 2020).

O movimento anual da ZCIT entre os hemisférios é uma das suas principais características. A movimentação acontece quando a ZCIT acompanha a máxima de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), faixa conhecida como Equador Térmico, cuja posição muda diante da posição da Terra em relação ao Sol (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Assim, a maior atuação da ZCIT ocorre sobre os oceanos, de modo que a TSM é um dos principais fatores determinantes na sua posição e intensidade (FERREIRA e MELLO, 2005).

Durante o ano, a posição da ZCIT alterna na linha do Equador. No Atlântico o cinturão de nuvens ocorre de forma organizada, ao norte nos meses de junho e dezembro, e ao sul nos meses de janeiro a maio. No Pacífico ocorre variação similar, porém, com maior amplitude. Entretanto, a organização não ocorre da mesma forma devido à maior extensão na direção leste para oeste (XAVIER et al., 2003). Esse sistema possui como principais características: movimentos ascendentes, baixas pressões, banda de nebulosidade e chuvas no sentido Leste-Oeste (MOLION e BERNARDO, 2002).

Relaciona-se à variabilidade interanual da ZCIT em anos mais secos, relaciona-se ao fato de que nesse período sua posição estar mais ao norte de sua climatologia. Assim sendo em anos com déficit pluviométrico, a ZCIT estabelece sua migração em direção ao norte em meados de fevereiro ou início de março (MELO et al., 2009).

### **3.1.2 Zona de Convergência do Atlântico Sul ( ZCAS)**

A ZCAS é caracterizada por uma banda de nebulosidade e chuvas no sentido noroeste-sudeste (NW-SE), que compreende a Amazônia até o Sudeste do Brasil sobre o oceano Atlântico Subtropical (CARVALHO e JONES, 2009). Possuem duração superior ou igual a 4 dias (CARVALHO et al., 2002). A ZCAS atua no NEB principalmente no Sul da Bahia entre os meses de novembro a março e, assim concentra chuva nesse período (ZANELLA, 2014).

A ZCAS também sofre intervenção da convergência entre os ventos que ocorrem no NEB, como ASAS que transporta calor e umidade do Oceano Atlântico para o interior do continente. Nas regiões Norte e NEB, a ZCAS pode interferir nos índices pluviométricos, visto que, esse setor está localizado próximo a sua posição climatológica. Em nível continental a ZCAS é de extrema importância para a circulação do verão na AS - (REBOITA et al., 2010).



Em estudo realizado na região SNEB por Chaves e Cavalcanti (2000) identificaram que a Radiação de Onda Longa (ROL) em associação à ZCAS possuem características em comum aos eventos de chuva extrema da região estudada, onde estão localizados os estados da Bahia, norte de Minas Gerais, extremo sul do Piauí e ainda a maior parte do estado de Sergipe.

A ZCAS influencia a variabilidade temporal das chuvas em diversas escalas: convectiva, sinótica, sazonal e interanual (CORREIA, 2013). Carpenedo (2018) relacionou anomalias nas chuvas com a associação da ZCAS em relação à quantidade das chuvas convectivas no estado de Minas Gerais. Seluchi (2006) associou os padrões sinóticos com a atuação da ZCAS, ocasionando chuvas intensas na região da Serra do Mar, no estado do Rio de Janeiro. Andrade et al. (2012) avaliaram a variabilidade sazonal associada à ZCAS, através de funções ortogonais empíricas relacionadas com Radiações de Onda Longa (ROL's) sobre o centro-leste do Brasil. Carvalho et al. (2004) analisaram a variabilidade interanual da ZCAS, através de dados de ROL, na AS, foram identificadas atividades convectivas relacionadas à interação da ZCAS com a OMJ.

A ZCAS também influencia o regime pluviométrico de outras regiões da AS. Drumond (2005) identificou a influência da ZCAS no transporte de umidade pelos Jatos em Baixos Níveis (JBN) que acarretam na chuva na Amazônia e no Sudeste do Brasil. Já Herdies et al., (2002) identificaram uma redução da umidade na região da Bacia da Prata, devido a ZCAS, fato que causou uma redução nas chuvas do norte da Argentina, Paraguai, sul da Bolívia e norte do Chile, nos meses de janeiro a fevereiro.

### **3.1.3 Sistemas Frontais (SF)**

Um dos principais sistemas produtores de chuva no NEB é incursão dos SF's até as latitudes tropicais. Essa penetração ocorre nos meses de novembro a janeiro (FERREIRA e MELLO, 2005). Ainda como característica, são associados a vários outros sistemas meteorológicos, por exemplo, os VCAN's e as ZCAS (MOLION e BERNARDO, 2002).

Os SF's consistem em uma região de confluência entre uma massa de ar frio (maior densidade) e uma massa de ar quente, (menor densidade), que por sua vez dão origem a formação de nuvens e ocorrência de chuvas (FERREIRA e MELLO, 2005; COSTA, 2012). Assim, um SF clássico consiste em três elementos: frente fria, frente quente e um centro de baixa pressão (ANDRADE, 2005). Os SF's ocorrem na AS em todo o ano, com registros de maior intensidade em altas latitudes (CAVALCANTI e KOUSKY, 2009).

Na AS, existem SF's que transitam na região costeira de seu território e são caracterizadas na direção noroeste-sudeste (NW-SE) e mudam a rota de sudoeste (SW) para nordeste (NE) - (RODRIGUES et al., 2004). Os SF's são originados na zona de encontro entre a Massa Polar Atlântica (mPa) e a Massa polar Tropical (mPt), dando origem às chuvas principalmente nos meses de junho a agosto, nos estados de Alagoas, Sergipe e Bahia (ZANELLA, 2014). Meneghetti e Ferreira (2009) classificam os SF's, convecções locais e vórtices ciclônicos como os sistemas meteorológicos que influenciam os regimes de chuva na porção SNEB, Bahia, Norte de Minas Gerais e noroeste do Espírito Santo, Piauí e Pernambuco.

Foram investigados extremos de chuva na costa leste do NEB, no mês de maio de 2009, através de dados pluviométricos e imagens dos satélites GOES 10 e METEOSAT 9, foi constatado que na cidade de Maceió (AL), as chuvas foram causadas devido à entrada de SF em latitudes baixas ou devido a resquícios dos mesmos sistemas, associados à convergência de umidade na zona costeira, as chuvas causaram danos materiais à cidade (FIALHO e MOLION, 2012).

Moscatti e Gan (2006) relacionaram eventos de chuva extrema na região semiárida Sul do NEB, com SF, ao todo 21 eventos extremos foram identificados na escala temporal (1986-1977), sendo 15 desses eventos associados aos SF, desde o seu primeiro dia de ocorrência, o fenômeno da chuva extrema teve condições favoráveis nesses casos, quando a mudança da circulação atmosférica pré-frontal ocorreu.

Na região Sul do país os SF's acoplados a mPa, são um dos principais sistemas produtores de chuva (CORREIA E GALVANI, 2017). Gomes, (2012) relatou que as chuvas no Litoral do Espírito Santo e Rio de Janeiro estão associados a SF. Na região Centro Sul do Brasil é possível identificar a interferência da massa de ar Tropical Atlântica como via de bloqueio dos avanços dos SF's, ocasionando assim, a ampliação dos sistemas continentais (BORSATO e HIERA, 2015).

A relação dos SF's com a pluviometria também é estuada em outras regiões do mundo, por exemplo, Uele et al., (2017) constataram que os Ciclones Tropicais e os SF's têm contribuição de curta duração na variabilidade espaço-temporal das chuvas na região da costa de Moçambique. Risbey et al., (2013) demonstraram que na região do sudeste da Austrália o período de seca correspondeu com a redução da ocorrência dos SF's.

### 3.1.4 Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN)

Os VCAN's são sistemas de baixa pressão, que possuem o centro frio, circulação ciclônica e são formados em altos níveis da atmosfera (FERREIRA et al. 2009; BEZERRA, 2016; NUNES, 2017; FERREIRA et al., 2019). No NEB e nas imediações, os VCAN's são responsáveis por ciclos de chuva ou de estiagem prolongada, sua influência irá depender do setor em que o vórtice está atuando (REBOITA, 2017). Os VCAN's têm atuado preferencialmente no NEB entre os meses de dezembro e fevereiro, com maior intensidade em janeiro (FERREIRA et al., 2009).

A configuração da nebulosidade dos VCAN's determina se o sistema pode ser classificado como vórtices úmidos ou vórtices secos. Os vórtices úmidos atingem a baixa troposfera, e possuem alta nebulosidade, já os vórtices secos estão presentes na alta e média troposfera e sua nebulosidade é escassa (COSTA, 2012).

Com base nas imagens do satélite METEOSAT 7, no canal infravermelho, Ferreira e Mello apresentaram a forma aproximada a um círculo em movimento giratório, no sentido horário. No centro ocorrem movimentos subsidentes, que aumentam a pressão e inibem a formação de nuvens, mas ao redor ocorre a formação de nuvens causadoras de chuva. Segundo Costa (2009) os VCAN's são conhecidos por essa ambiguidade, ora produzem chuva ora inibem a formação de nuvens e, conseqüentemente a chuva.

Os VCAN's são sistemas que podem ser estacionários ou com deslocamento. Quando ocorre o deslocamento, possuem preferência de trajetória para o oeste e percorrerem cerca de 2000 km. De forma geral, os VCAN's são alinhados verticalmente ou com inclinação para leste, e possuem maior intensidade entre 500 e 200 hPa (MORAIS, 2016). Os VCAN's possuem tempo de vida de 4 a 11 dias, com deslocamento de 4° a 6° de longitude por dia (MOLION e BERNARDO, 2002).

A importância dos VCAN's nos índices pluviométricos do NEB se dá também a partir da relação com outros dois sistemas atmosféricos atuantes na AS: a Alta da Bolívia (AB) e a ZCAS. A interação com a AB é decorrente da incursão dos SF's em direção a latitudes baixas, já a intensificação da ZCAS, ocorre através de ondas de calor provenientes da África ou do aumento dos cavados da alta troposfera oriundos do sudoeste do Saara (FERREIRA et al., 2009).

Correia et al., (2012) chegaram à conclusão que eventos extremos como chuvas extremas e enchentes em Petrolina (PE) no mês de janeiro de 2004, estão diretamente ligados

aos VCAN's. Ainda na região do NEB, Germano (2016), conseguiu correlacionar alguns casos de VCAN's com eventos de chuvas extremas nas regiões de Recife, Maceió e Aracaju entres os anos de 2011 a 2015. Segundo Gutiérrez (2004), os VCAN's que atuam no leste do Brasil intensificam os Vórtices Ciclônico de Baixo Nível (VCBN) no noroeste da Bolívia, essa interação contribui para a formação de chuvas convectivas na região dos Andes do Peru.

### **3.1.5 Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL)**

Os DOL, também conhecidos como Ondas de Leste (OL), são sistemas formados no campo de baixa pressão atmosférica, na faixa tropical da esfera terrestre, pertencentes à área de influência dos ventos alísios, com deslocamento de Oeste (W) em direção ao Leste (E), da costa da África até o litoral leste brasileiro e causam chuvas intensas no ENEB (COSTA, 2012).

Em consequência da observação das DOL em várias regiões da zona tropical, foram identificados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte, como também na África. Nas proximidades da África, os ventos do leste originados dessa região são diretamente ligados à atividade pluviométrica do NEB (SPINOZA, 2020). Dessa forma, os DOLs da África, são bastante conhecidos e estudados, porque além de modularem o regime de chuva, podem ocasionar a evolução tempestades tropicais e furacões, quando conseguem atravessar o Atlântico do HS (MACHADO et al., 2009).

As chuvas provocadas pelos DOL's especialmente na Zona da Mata, região que compreende a porção que vai do Recôncavo Baiano até o Litoral do Rio Grande do Norte, ocorrem em condições oceânicas e meteorológicas favoráveis. Os DOL's, também conseguem provocar chuvas no estado do Ceará, concentrando sua interferência favorável nas chuvas dos meses de junho, julho e agosto, de forma principal na porção centro-norte do estado cearense (FERREIRA e MELLO, 2005).

Em estudo realizado por Silva (2011b) foi constatado que os DOL's são responsáveis por índices pluviométricos em diversas regiões do NEB: pelo menos 70% das chuvas no litoral norte de Alagoas e ao leste do Rio Grande do Norte, 60% dos índices pluviométricos presenciados na Zona da Mata de Alagoas e o Agreste do Rio Grande do Norte, e 50% do período chuvoso entre Sergipe e as demais regiões que compõem o Rio Grande do Norte.

Vaz (2011) analisou 376 eventos a partir de imagens de satélites meteorológicos: GOES-8, GOES-9, GOES-10, GOES-12 e METEOSAT no canal vapor d'água (H<sub>2</sub>O), no período entre 1999 a 2009, sendo que nos meses de junho, julho e agosto houve 117 eventos. Destaque para junho com 55 eventos. Vaz (2011) também identificou DOL's sobre o Atlântico Tropical.

Silva (2011c) caracterizou episódios de DOL na costa ENEB nos meses de maio a agosto entre 2005 a 2008. O regime de ventos durante 3 dias de vida, com velocidade de propagação aproximada a 10 m/s e uma onda de comprimento de 3227 km. Segundo SILVA (2011c), todos os eventos influenciados pelo DOL ocasionaram chuvas superiores a 80 mm. Coutinho e Fisch (2007) analisaram os episódios de DOL's na região de Alcântara-MA, os autores observaram a ocorrência de DOL's durante todo o ano, com durações entre 3 a 6 dias, na estação chuvosa (janeiro a junho) foram identificadas 3 camadas de passagem do sistema meteorológico, enquanto na estação seca (julho a dezembro), não se pode classificar uma divisão de camadas específicas.

Os DOL's também são estudados em outros lugares do mundo, por exemplo, Adam e Stensurd (2007) empregaram o modelo de mesoescala da Universidade do Estado da Pensilvânia, a fim de identificar a influência das DOL's nas monções da América do Norte, especificamente na região do Golfo na Califórnia. Berry et al., (2007) utilizaram técnicas objetivas baseadas no campo de função de fluxo 700-hPa, com o intuito de identificar eventos de DOL's originados na África e relacionar com os ciclones tropicais na bacia do Oceano Pacífico e Atlântico.

### **3.1.6 Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM)**

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's) provocam chuvas intensas e trovoadas, seguidos de enchentes, alagamentos e deslizamento de terras (LYRA et al., 2018). Os impactos dos CCM's foram avaliados em estudos anteriores, por exemplo, Olímpio et al. (2013) avaliaram a influência do CCM em Fortaleza (Ceará) em março/2012, onde a chuva diária acumulada de 196,5 mm, foi registrada como 2ª maior chuva do município no mês estudado. A maior concentração das chuvas provocadas pelos CCM's ocorreu na região costeira, diferentemente do interior do continente que não registrou chuvas.

Os CCM's variam em diversas escalas espaciais, a partir de células isoladas até aglomerados de nuvens com milhares de quilômetros, tais aglomerados podem ser agrupamentos de nuvens de diferentes tipos, e possuir ciclo de vida que chega a durar dias. Os CCM's são causadores da maior parte das chuvas nos trópicos como também em diversas localidades de latitude média no decorrer dos meses de janeiro a março. Na AS, além da CCM's destacam-se também as Linhas de Instabilidade (LI) - (ASSUNÇÃO et al., 2009).

Os CCM's são predominantes nos meses de janeiro a março e setembro a dezembro, com altos índices pluviométricos no NEB. Durante o período a TSM, em áreas próximas à costa ENEB fica próxima de 29°C nos dias de ocorrência da CCM's (ALBUQUERQUE, 2011).

Fedorova et al, (2008) com base no modelo HYSPLIT, dados de temperatura e imagens de satélite, analisaram o desenvolvimento e a trajetória dos CCM's no Estado de Alagoas, a fim de relacionar a ocorrência desses sistemas a eventos extremos como: trovoadas, inundações. Fedorova et al, (2009) analisaram as características físicas e morfológicas dos CCM's no período de 2003 a 2006 também no mesmo estado, comprovando que 90% das tempestades no oeste de Alagoas no período estudado foram ocasionadas pelos CCM's.

A ocorrência dos CCM's no NEB acontece especialmente nos meses de janeiro a março, na estação seca, com duração média de 11 horas e máxima evolução no início da noite e madrugada. Com cerca de 500 km de área de diâmetro e temperatura no topo das nuvens inferior a -40°C em média (SILVEIRA, 2010).

Albuquerque (2011) mostrou a influência da topografia no desenvolvimento do CCM's no ENEB. Ele observou que em mais de 60% dos casos, as trajetórias dos CCM's seguiam para regiões de menor ou igual latitude daquela que se desenvolviam. Nos 40% restante, iniciaram em zonas de baixas latitudes e, posteriormente seguiram para regiões de maiores latitudes.

Em outras regiões do mundo, os CCM's são também amplamente estudados, por exemplo, Hill e Lin (2003) que rastrearam um CCM na Etiópia via imagens do METEOSAT-7, onde o desenvolvimento e as consequências causadas por ele foram monitorados. Já Campos et al., (2008) com base no satélite GOES-8 e no modelo regional BRAMS (*Brazilian Regional Atmospheric Modelling System*) identificaram os CCM's na região nordeste da Argentina. Blamey e Reason (2012) adaptaram a técnica de correlação espacial máxima que é

um método direto e mecanizado, tem como finalidade rastrear nuvens de CCM, usada na região amazônica, mas foi usado para analisar os CCM's na região subtropical sul da África.

### 3.1.7 Linha de Instabilidade (LI)

As LI's são oriundas normalmente da costa norte-nordeste (N/NE) da AS, com capacidade de disseminação até o interior do continente, sendo responsável por elevado registros de chuvas (COHEN et al., 2009). São compostas por nuvens responsáveis por precipitação, principalmente as nuvens *Cumulus*, distribuídas em forma de linha (FERREIRA e MELLO, 2005).

Segundo Alcântara et al., (2014) as LI's podem ser classificadas como tempestades multicelulares, e que, fatores como cisalhamento do vento podem atuar para agrupar a convecção, jatos de médios e baixos níveis alteram a formação de nuvens, estimulando a ação do vento, interferindo na intensidade, duração e desenvolvimento das LI's.

A convecção originada das circulações das brisas juntamente com a interação dos ventos alísios contribui para o surgimento de linhas de nuvens denominadas LI's (REBOITA et al., 2010). No NEB, segundo Molion e Bernardo (2002) a partir da aproximação de SF's, oriundos do Sul, são responsáveis pelo surgimento das LI's. As LI's possuem velocidade média de deslocamento de 10° latitude/dia e dão origem aos índices pluviométricos superiores a 50 mm dia, sendo predominantes durante os meses de abril a julho.

Em relação à variabilidade anual, as LI's são definidas com forte intensidade entre janeiro a março, nos meses de abril até agosto destacam-se as LI's de média intensidade e, após setembro até o fim do ano, as de baixa intensidade. Tal variabilidade está diretamente associada à interação com a ZCIT no decorrer do ano. Vale ressaltar que as LI's são influenciadas pelas fases do ENOS, *EL Niño* e *La Niña*, com variabilidade interanual (COHEN et al., 2009). As LI's ocorrem normalmente em regiões tropicais, extratropicais, continentais e oceânicas e, assim causam chuvas intensas (SILVA, 2008).

Além do NEB, na região Amazônica ocorrem bastante LI's. Araújo et al., (2013) avaliaram a distribuição espacial da passagem de uma LI na região amazônica no mês de janeiro de 2005, bem como os danos causados por esse na região de Manaus, Alcântara (2011) analisou com base no modelo atmosférico de mesoescala BRAMS um caso de LI amazônico, observando que a formação ideal para o surgimento de uma LI na região estudada é dada por um perfil de vento com jatos em baixos níveis com fraca intensidade, Alcântara et al, (2014) investigaram um caso de LI amazônica relacionado com os ventos em Belém do

Pará, dentre os resultados foi observado a ocorrência de um jato profundo que resultou em mais evaporação e secagem e, assim acarretou em maior ventilação das nuvens. Takemi (2014) investigou a sensibilidade de variação das LI's ao perfil vertical de temperatura e umidade, através de um modelo não hidrostático atmosférico, que possui resolução de convecção, foi verificado que o aumento da precipitação se dá pelo aumento da energia potencial convectiva disponível.

### **3.2 Modos de variabilidade climática que intensificam a Seca**

O clima possui modos de variabilidade anual, sazonal, interanual, decadal e multidecadal (LINDEMANN e JUSTINO, 2015; CORREIA, 2015; SILVA e GRIMM, 2017; PERES e MAIER, 2019). Tais modos de variabilidade produzem oscilações nos ciclos climáticos em diversas regiões da Terra. Em função disso é necessário quantificar as ações dos modos de variabilidade climática e, assim entender seus mecanismos e suas ações no clima (CGEE, 2014).

A interpretação de variabilidade climática é explicada a partir de variações no estado médio do clima, bem como outras peculiaridades estatísticas, a partir das variáveis nas escalas temporais, espaciais ou até mesmo eventos individuais no tempo. Sendo capaz de ser avaliada via desvios (anomalias), e categorizá-las como variabilidades internas ou externas (SILVA, 2018).

A variabilidade climática é inerente ao sistema climático terrestre, dessa forma irá haver sempre oscilações naturais dentro dos padrões climáticos, sejam eles em níveis locais, regionais e globais (CONFALONIERI, 2003). Dentre as modificações naturais, vale destacar os padrões que surgem da interação oceano-atmosfera (DEWES, 2007).

Segundo Baed et al. (2001), a interatividade do sistema climático ocorre com base em cinco elementos principais: i) atmosfera, ii) hidrosfera, iii) criosfera, iv) biosfera e a v) superfície terrestre. Essas componentes são influenciadas por inúmeros mecanismos externos, dentre eles o Sol, que é principal força motriz e externa de interferência (TAVARES, 2000; FIORIN et al., 2011). A partir disso, o clima global apresenta diversos padrões de variabilidade que organizam o clima da Terra.

Desse modo a variabilidade climática natural, no decorrer do tempo e espaço interfere diretamente no regime de chuvas e, conseqüentemente nas chuvas extremas ou nas secas severas. Neste cenário, o modo de variabilidade climática que se destaca é o ENOS – (CUNHA et al., 2011; CABRAL e ALMEIRA, 2012; NÓBREGA e SANTIAGO, 2014;



LYRA et al.,2017). O ENOS causa modificações na relação oceano- atmosfera ao longo do Oceano Pacífico Equatorial, com efeito, direto no padrão e na quantidade das chuvas em escala global via teleconexões, que por sua vez interferem nas secas severas e prolongadas (anomalias negativas) e chuvas extremas (anomalias positivas) - (PERES e MAIER, 2019).

As chuvas do Brasil são influenciadas pela variabilidade climática natural (MARENGO, 2007; ANGELOCCI e SENTELHAS, 2010; OBERMAIER e ROSA, 2013). A variabilidade interanual apresenta modificações no regime de chuva, embora seja menor do que a variabilidade sinótica. Ademais, a variabilidade espacial da chuva está ligada a médias e baixas latitudes, ou seja, com característica de secas nas latitudes subtropicais e chuvas em latitudes tropicais do Brasil. Dentre os modos de variabilidade que atuam sobre o Brasil, o ENOS é a principal causa da variabilidade interanual do clima (GRIMM, 2009).

A variabilidade climática afeta de forma severa as regiões semiáridas, uma vez que, que há um aumento na temperatura do ar e mudanças no regime de chuva e, assim aumenta a aridez desses territórios e também alterações fitogeográficas (LIMA et al., 2011; BASTOS e CORDEIRO, 2012). A AS tem em sua delimitação grandes áreas semiáridas: i) a porção de Guajira entre a Venezuela e Colômbia, ii) a transversa seca do Cone Sul que percorre Argentina, Chile e Equador, iii) o território nordestino do Brasil, esse último é descrito por altas temperaturas médias anuais, alta variabilidade espaço-temporal das chuvas e predomínio da caatinga, o único bioma exclusivo do Brasil (NÓBREGA et al., 2016; CORREA FILHO et al., 2019). Recentemente, Correa Filho et al., (2019) relacionaram a variabilidade da precipitação via produto CHELSA (*Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas*) com os biomas existentes no NEB: i) amazônico, ii) cerrado, iii) mata atlântica e iv) caatinga. Os autores identificaram que ocorrem períodos de estações chuvosas distintos para cada bioma e, ainda mostraram mais uma vez a interferência dos modos de variabilidade na sazonalidade da região.

No NEB é comum à alta variabilidade interanual, especialmente em relação às chuvas, sendo anos de extrema seca e outros com intensas chuvas e, assim interfere diretamente no Gerenciamento dos Recursos Hídricos (MARENGO et al., 2011). Baseado em estudos observacionais, existem claras evidências que o semiárido do NEB sofre influência dos oceanos, no caso, dos Oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical (SOUZA; NOGUEIRA B. E NOGUEIRA S., 2017). Estudos recentes, por exemplo, Hirons e Klingaman (2016) e Lyra et al. (2017), apontaram a existência de secas severas, relacionadas a modos de variabilidade climática, ENOS e a ODP.

Diante dessas evidências, o NEB possui como principal controlador climático as variações da TSM's dos Oceanos Pacífico e Atlântico, que por sua vez causam variabilidade espaço-temporal das chuvas e secas. As interações causadas pela TSM associada há anos de ocorrência de *El Niño* causam anomalias positivas (chuvas), ao contrário, das anomalias referentes aos eventos de *La Niña*, de forma negativa (secas). Dessa maneira em anos de *El Niño* são observados que o ramo de ar descendente da Célula de Walker atua no NEB, com baixa pluviometria. Em situações de *La Niña*, é constatado que o ramo de ar ascendente da Célula de Walker sobre o Norte da AS, provoca chuvas no NEB e no Leste da Amazônia (MARTINS e VASCONCELOS JUNIOR, 2017).

Segundo Olímpio (2017), destacam-se alguns modos de variabilidade na interferência das chuvas ou secas do semiárido do NEB, por exemplo, o ENOS, o GITSMA e a OMJ. Lyra et al., (2017) mostraram a relação entre o GITSMA e o ENOS, via análise harmônica e espectral (AHE), que a posição da ZCIT é influenciada pelo ENOS e o GITSMA na região do ENEB e ocasionam condições secas ou úmidas, principalmente no estado de Alagoas.

O ENOS é conhecido por ser um fenômeno atmosférico gerado a partir da interação oceano-atmosfera, que acontece no Oceano Pacífico, é considerada a principal causa da variabilidade climática em inúmeras regiões do globo (CARVALHO et al., 2013). Após a interação com as águas do mar, quando a TSM no Pacífico central e oriental estão mais quentes que o normal ocorre o fenômeno *El Niño* (fase quente). Situação contrária, quando a TSM dessa mesma região encontrasse mais fria que o normal, o evento é chamado de *La Niña* (fase fria) - (HIRONS e KLINGAMAN, 2016).

Suas anomalias têm durações de vários meses e de forma persistente, principalmente na atmosfera tropical e provocam, por exemplo, secas na Austrália, Indonésia e no NEB ou chuvas intensas no Peru, Equador (MARENGO et al., 2011). Por esse motivo, inúmeros estudos vêm sendo realizados para avaliar as relações de *El Niño* e *La Niña* com épocas de crise ou abundância hídrica no Brasil e, entre eles, destacam-se os estudos realizados por Carvalho (2013) na região de Rio Largo, Alagoas, Marcuzzo e Romero (2013) no Estado de Goiás, Araújo Júnior et al. (2014a) no estado do Ceará, Sansigolo e Reis (2014) no NEB, Costa et al, (2015) na região Semiárida do Nordeste do Brasil, Oliveira et al, (2015) no Estado do Mato Grosso, Silva et al., (2016) no centro do sul do estado do Ceará, Maurício et al, (2016) no Estado da Paraíba, Krolow et al, (2017) na mesorregião Centro Ocidental Rio-grandense, Medeiros (2017) em microrregiões do Piauí, Ishizawa et al., (2018) em Sergipe,

Santos et al., (2018) no NEB, Viegas et al., (2019) em toda AS, Rodigheri et al, (2019) microrregião de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Lucena et al., (2020) na Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro.

Outra anomalia decorrente da TSM e ainda observada no Atlântico, conhecida como Dipolo ou gradiente do Atlântico Tropical, atualmente GITSMA, esse fenômeno interfere diretamente na posição latitudinal da ZCIT e, assim altera a chuva sazonal no Atlântico Equatorial, principalmente na porção norte do NEB (MARENGO, 2004; MARENGO, 2011). Considerado uma anomalia definida entre a diferença das TSM's entre as bacias do oceano Atlântico norte e Atlântico Sul (FERREIRA e MELLO, 2005). No momento em que o GITSMA encontrasse na fase negativa, ocorre o aumento da chuva sobre o NEB, o inverso também é verdadeiro, quando está na fase positiva, a chuva é abaixo da média (SOUZA et al., 2004; ANDREOLI e KAYANO, 2007).

Estudos realizados anteriormente, como os de Valadão et al. (2015) e Alvarez et al., (2015) mostraram que a OMJ também influencia a variabilidade climática da AS. Em estudo feito por Nobre e Melo (2001) com dados pluviométricos no período 1998 a 2000 na porção norte do NEB, constataram que as chuvas foram fortemente influenciadas pela atuação da OMJ. Na época analisada foram verificadas as oscilações na chuva, entre intensas e escassas no NEB, associadas aos períodos típicos da OMJ (30 a 60 dias).

O ENOS foi analisado como influência na variabilidade climática interanual da região de Sahel na África, com base no estudo foi constatado que o ENOS teve participação limitada sobre os padrões de chuva, mas que sistemas meteorológicos locais foram responsáveis pelo regime de chuva na região, sendo também constatado que as chuvas são um fator climático primordial para agricultura e a economia dessa região semiárida da África (GARNOT et al., 2018).

O Dipolo do Oceano Índico (DOI) e o ENOS foram investigados com base nas teleconexões entre o Mar da Tasmânia e o Oceano Antártico, a influência da TSM foi determinante para o surgimento de anomalias em todas as estações do ano. O estudo serviu para mostrar que os padrões de teleconexões são essenciais para prever a temperatura sazonal e as chuvas nas regiões da Austrália e Nova Zelândia (LIESS et al., 2014).

Os impactos modos de variabilidade Oscilação do Atlântico Norte (OAN), padrão do Atlântico Leste (AL) e o padrão Escandinavo (SCAN), foram relacionados com a variabilidade no nível do mar Mediterrâneo, sendo que no inverno o OAN apresentou maior

influência, de 83% da variação, já no verão o impacto dos modos de variabilidade se mostrou insignificante (ASENSIO et al., 2014).

O clima do Canadá foi avaliado entre o período de 1948 a 2012, com base nos registros de chuva, das temperaturas do ar e de superfície, cobertura de neve e índices de fluxo. A variabilidade climática interferiu no aumento da temperatura, bem como no aumento na chuva ao decorrer dos anos, o resultado mostrou que os modos de variabilidade de baixa frequência foram os grandes responsáveis por essa atividade climática (VICENTE et al., 2015).

A chuva anual do México foi analisada a variabilidade espaço-temporal sazonal, a partir de 769 estações meteorológicas. Os resultados obtidos mostraram que a sazonalidade da chuva está ligada aos seguintes modos de variabilidade: o ENOS, a ODP, a OMA e a OAN, o estudo serviu para melhorar a gestão de recursos hídricos no país (OLGUIN e SANDOVAL, 2017).

A importância dos estudos climáticos como base a Hidroclimatologia, seguido da influência dos impactos causados pela variabilidade climática nos recursos hídricos é de extrema importância, principalmente na variabilidade no nível de lagos, rios e águas subterrâneas (McGregor, 2017).

### **3.3 Índices de Seca: Novos e Clássicos**

As secas são fenômenos que ocorrem em todos os regimes climáticos e causam vários impactos socioeconômicos e geoambientais (CAMPUS e STUDART, 2001; FERNANDES et al., 2009; MISHRA e SINGH 2010). Dessa forma é necessária uma abordagem baseada em métodos que sejam capazes de caracterizá-las, ou até mesmo prevê-las. Nesse sentido, existem os índices de seca na literatura científica baseado na interação de inúmeras variáveis que se relacionam com o evento. De forma mais ampla essa interação pode ser útil para detectar e monitorar várias condições das secas, além de determinar o tempo e o nível do desastre (STEINEMANN, 2003).

A seca contribui para impactos negativos nas atividades socioeconômicas, sendo estudada por várias décadas e por inúmeros métodos, na tentativa de quantificar e caracterizar os seus impactos (GUEDES et al., 2012, MELO, 2017). Dentre as metodologias criadas se destacam os índices de seca baseados em métodos estatístico-matemáticos (GOIS et al., 2013). Os índices de seca são a representação numérica das secas, de seus efeitos, de suas causas e de suas propriedades físicas, como: duração, severidade, extensão espacial e

intensidade, são também quantificadores e prognosticadores (HAO e AGHAKOUCHAK, 2013; MISHRA e SINGH, 2010).

Os índices de seca usam diversas variáveis meteorológicas, sendo elas: i) precipitação pluvial (chuva, P, mm), ii) temperatura do ar (T, °C), iii) evapotranspiração (ET, mm), iv) escoamento superficial (*runoff*, R, mm), v) umidade do solo, entre outras variáveis, e a partir da interação dessas variáveis é possível identificar o início e o fim da seca (FERNANDES et al., 2009). O uso dos índices de seca é de grande vantagem para a tomada de decisões, e monitoramento da seca (SILVA, 2011).

Santos (2008) afirma que não existe um índice de seca que seja completo para todas as situações, e nenhum índice é mais eficiente que os demais, entretanto, existem índices que se encaixam melhor em determinadas ocasiões, a depender do tipo de estudo e uso. Diante disso, é importante ressaltar que os índices de seca são estudados durante anos para a definição da seca, porém, como existe uma diversidade de índices, os mesmos podem proporcionar diferentes resultados quanto os impactos causados pela seca, em uma mesma região (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2012).

A partir disso, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) elaborou em 2016 o manual de índices da seca, com a classificação e catalogação, com base em diversas variáveis de entrada, conforme os Quadros a seguir.

Os dados de entrada indicados na catalogação do manual da OMM estão em siglas e presentes nos quadros a seguir, sendo eles: AS = águas subterrâneas, VAL = teor de água disponível, CC = coeficiente de cultivo, CF = vazões fluviais, CS = cobertura do solo, DC = dados de colheita, DHS = déficit de água no solo, EM = reservatório, ER = região ecológica, ET = evapotranspiração, ETP = evapotranspiração potencial, MN = manta de neve, Mod = modelagem, P = precipitação, Rad = radiação solar, Sat = satélite, T = temperatura, TPR = temperatura do ponto de orvalho, TS = tipo de solo, V = dados do vento, Múltiplo= vários indicadores.

Os índices de seca foram distribuídos em cinco categorias: 1) umidade do solo, 2) hidrologia, 3) sensoriamento remoto, 4) modelagem mista e 5) meteorologia. As categorias indicam a especificação de estudo de cada índice bem como a sua variedade. Além da função principal de cada índice de seca e, ainda serve de orientação para possíveis pesquisas.

**Quadro 1:** Índices de seca de modelagem mista

Índices de seca	Ano	Parâmetros de entrada	Função
Vigilância da seca nos EUA (USDM)	1990	Múltiplo	Monitora secas nos EUA
Sistema global de Agrupamento dados de superfície terrestre (GLDAS)	2004	Múltiplo, Mod, Sat	Determinar previsões de vazões de rios e escoamento superficial
Indicador combinado de seca (CDI)	2012	Mod, P, Sat	Indica secas com efeito na agricultura
Índice padronizado de seca multivariável (MSDI)	2013	Múltiplo, Mod	Detectar a seca através da precipitação e umidade
Sistema global integrado de Monitoramento e previsão de secas (GIDMaPS)	2014	Múltiplo, Mod	Usado na agricultura e outros setores

Fonte: Adaptado de OMM (2016)

**Quadro 2:** Índices de seca de sensoriamento remoto

Índices de seca	Ano	Parâmetros de entrada	Função
Índice de vegetação diferencial normalizado (NDVI)	1984	Sat	Detectar e monitorar secas que afetam a agricultura
índice de vegetação ajustada ao solo (SAVI)	1988	Sat	Útil para monitorar solo e vegetação
Índice de saúde da vegetação (VHI)	1990	Sat	Monitora e detecta secas de todo o mundo
Índice de Condições de Temperatura (TCI)	1995	Sat	Analisar a vegetação em situação de seca
Índice de condições de vegetação (VCI)	1995	Sat	Analisar a vegetação em situação de seca
Índice Diferencial de Água normalizado ( NDWI) e (LSWI)	1996	Sat	Monitora secas na agricultura e seu estresse
Índice de vegetação melhorado	2002	Sat	Detectar o estresse da seca em

(EVI)			relação à agricultura
Índice de satisfação da demanda de água ( WRSI)	2002	Sat, Mod, CC	Monitorar o estresse de culturas na agricultura
Índice de resposta á seca por vegetação (VegDRI)	2008	Sat, P, T, CAD, LC, ER	Indicador de curto prazo de secas agrícolas
Índice de estresse evaporativo (ESI)	2011	Sat, ETP	Monitorar e detectar secas e seus efeitos

Fonte: Adaptado de OMM (2016).

**Quadro 3:** Índices de seca de umidade do solo

Índices de seca	Ano	Parâmetros de entrada	Função
Anomalia de umidade do solo (SMA)	1988	P, T, CAD	Efeitos da seca na agricultura e produção agrícola
Índice de déficit de evapotranspiração (ETDI)	2004	Mod	Detectar e monitorar secas de curto prazo na agricultura
Índice de déficit de umidade do solo (SMDI)	2004	Mod	Detectar e monitorar secas que afetam a agricultura
Armazenamento de água no solo (SWS)	2015	CAD, EM, TS, DHS	Efeitos da seca agrícola e disponibilidade de água

Fonte: Adaptado de OMM (2016).

**Quadro 4:** Índices de seca hidrológicas

Índices de seca	Ano	Parâmetros de entrada	Função
Índice de seca hidrológica de Palmer (PHDI)	1965	P, T, CAD	Secas que afetam os recursos hídricos em escala de tempo
Índice de abastecimento de água de superfície (SWSI)	1982	P, EM, CF, MN	Detectar secas associadas a flutuações hidrológicas
Índice agregado de seca (ADI)	2003	P, ET, CF, EM, CAD, MN	Analisar a disponibilidade de água no regime climático
Índice de água padronizado	2004	GW	Monitorar rios e córregos

(SWI)			
Índice padronizado de vazão fluvial (SSFI)	2007	SF	Monitorar condições hidrológicas
Índice de seca do fluxo fluvial (SDI)	2008	SF	Monitorar secas em referência a vazões específicas
Índice de neve e derretimento normalizado (SMRI)	2014	P, T, CF, Mod	Concentra-se no efeito do congelamento da precipitação
Índice padrão de fornecimento de reservatório (SRSI)	2015	RD	Monitorar sistemas de reservatórios

Fonte: Adaptado de OMM (2016)

**Quadro 5:** Índices de seca meteorológicos

Índices de seca	Ano	Parâmetros de entrada	Função
Índices de anomalia de Aridez (AAI)	...	P, T, ETP, ET	Detectar feitos da seca na agricultura
Porcentagem de precipitação habitual	...	P	Detectar e monitorar efeitos da seca
Índice de anomalia de precipitação ponderada e normalizada (WASP)	...	P, T	Monitorar secas que afetam a agricultura
Índice de Aridez (AI)	1925	P, T	Monitorar secas em escalar curtas e os efeitos agrícolas e meteorológicos
Coefficiente hidrotérmico de Selyaninov (HTC)	1928	P,T	Monitoramento de seca agrícola
Índice de anomalia pluviométrica (RAI)	1965	P	Aplicado em secas agrícolas, e as que afetam os recursos hídricos
Índice de severidade de seca Palmer (PSDI)	1965	P, T, CAD	Monitorar secas agrícolas
Índice Z de Palmer	1965	P, T, CAD	Comparar diferentes períodos de seca
Deciles	1967	P	Monitorar Secas meteorológica,



Índice de sequência do Keetch-Byram (KBDI)	1968	P, T	agrícola e hidrológica Útil em contextos agrícolas
Índice de umidade das culturas (CMI)	1968	P, T	Monitorar secas que afetam a agricultura
Índice normalizado de anomalias (SAI)	1977	P	Detectar secas em áreas de frequente ocorrência
Índice de zona de seca (DAI)	1980	P	Previsão de secas e inundações
Índice de secas da Administração Oceânica Nacional e da Atmosfera (NDI)	1987	P	Condições de seca que afetam a agricultura
Índice de precipitação padronizado (SPI)	1993	P	Monitoramento de períodos secos ou úmidos
Índice de seca específico das culturas (CSDI)	1993	P, T, TPR, V, Rad, CAD, Mod, CD	Efeito da seca em culturas específicas
Índice Z da China (CZI)	1995	P	Monitoramento de períodos secos ou úmidos

Fonte: Adaptado de OMM (2016).

**Quadro 6:** Índices de seca meteorológicas (continuação)

Índices de seca	Ano	Parâmetros de entrada	Função
Índice efetivo de seca (EDI)	1996	P	Vigilância de secas meteorológicas e agrícolas
Índice de reivindicações de Seca (IDR)	1996	P, T, MN, EM, CF	Monitorar abastecimento de água em bacias e rios
Índice de severidade de seca autocalibrado de Palmer (sc-PDSI)	2004	P, T, CAD	Aplicado em secas meteorológicas, agrícola e hidrológica.
Índice de reconhecimento de secas (DRI)	2005	P, T	Casos que os efeitos na agricultura ou nos recursos hídricos importam
Índice de precipitação	2010	P, T	Condições associadas a inúmeros

padronizada e evapotranspiração (SPEI)			efeitos da seca
Índice de referência de seca para a agricultura (ARID)	2011	P, T, Mod	Detectar a seca sobre a agricultura

Fonte: Adaptado de OMM (2016).

Santos et al., (2010) baseado em dados pluviométricos de 144 pluviômetros no período de 1910-2004, usou no cálculo do SPI aplicado em três escalas de tempo (1, 6 e 12 meses), tais parâmetros foram usados para determinar padrões espaciais temporais de seca na região de Portugal. Já Trajkovic e Gocic (2014) utilizaram o SPI em modo S (SPIS) com dados pluviométricos de 29 estações, na escala de 1948-2012, para identificar padrões de seca na Sérvia. Eles conseguiram identificar espacialmente três sub-regiões, e, ainda com os percentuais de seca caracterizar os anos de secas severas.

No estado do Ceará, foi criado durante anos, redes de reversão de água, com finalidade de suprir as demandas, industrial, de irrigação e consumo humano, então Nascimento et al, 2017 analisaram o reservatório de Jaguaribe-Metropolitano, através do índice SPI, foi possível concluir que as precipitações são maiores no primeiro semestre e no segundo semestre quase inexistentes, estudos como esse servem como ferramentas de gestão hídrica (NASCIMENTO et al., 2017).

O SPI também foi usado para catalogar eventos de seca no sertão Alagoano, precisamente nas cidades de Água Branca, Mata grande e Poço das Trincheiras, nas escalas 3, 6, 9 e 12 meses, no período de 1960 a 1990, foram identificados secas em todas as escalas, com destaque para a escala 3, que obteve 8 eventos de secas no ano de 1962 (GOIS et al., 2007).

Com o intuito de detectar déficits ou excessos de precipitação na região leste do NEB por meio do índice SPI, foram usados dados pluviométricos de 6 estações da Agencia Nacional de Aguas (ANA) no período de 1961 a 2014, foi possível perceber que os eventos extremos, chuvosos ou secos, ocorreram em períodos de ocorrência do ENOS e que as secas ocorreram com maior frequência (SILVA et al., 2020).

A fim de melhorar os resultados obtidos com o RDI, usados no modelo DrinC, Tigkas et al., (2017) propuseram a modificação desse índice, com o intuito de caracterizar de forma mais precisa a seca agrícola, a partir da troca da precipitação total pela precipitação efetiva e, assim representar a capacidade de água usada na produção das lavouras, o novo índice proposto Índice de Seca de Reconhecimento Efetivo (eRDI) obteve melhor

desempenho em relação à produtividade nas estações do ano estudadas, na região agrícola da Grécia.

Seguindo a premissa anterior o índice SPI foi substituído pelo Índice de Precipitação Agrícola Padronizado (aSPI), com a mesma troca de precipitação citada anteriormente (precipitação total por precipitação efetiva), como resultado o índice aSPI se mostrou robusto em relação ao SPI, em relação à seca agrícola, em regiões da Grécia (TIGKAS et al., 2018).

Tigkas et al., (2020) também propuseram ajustar o RDI, com uma nova denominação o Índice de Seca de Reconhecimento de Culturas (CRDI), sendo alterado a ET de referência usada para a ET de culturas específicas na Grécia. Os resultados obtidos do CRDI se mostraram eficientes, embora sem mudanças significativas, assim ambos os índices (RDI e CRDI) podem ser usados para análise de decisão da gestão da seca agrícola.

### **3.4 Impacto da Seca na Produção Agrícola e Gerenciamento de Água**

Com foco no setor agrônômico, a seca impacta diretamente no déficit hídrico (DEF) em plantas, animais e ecossistemas inteiros. A seca tem ligação direta com o setor primário, de modo que afeta a produção agropecuária em todos os estágios, desde danificar as plantas, até as cadeias produtivas e, conseqüentemente a economia da região e de um país (CLOVIS FILHO, et al, 2003; SARMENTO, 2007; BERGAMASCHI et al., 2011; LINHEIRA e OLIVEIRA, 2017; MENDONÇA, 2017; SOUZA e AQUINO, 2018;).

A seca interfere na produção agropecuária, não somente acarreta em diminuição da eficiência, mas também na diminuição significativa da renda, principalmente dos pequenos produtores, que não possuem reservas financeiras, e ainda diminui a oferta de alimentos e a contratação de mão de obra (SAMPAIO e SAMPAIO, 2013). Essa sequência negativa dá origem a miséria, baixa produção agrícola e qualidade inferior de produtos de origem animal e vegetal (SANTOS et al., 2012).

Tucci et al. (2000) discorrem sobre o conflito natural entre a água para agricultura e o abastecimento humano em diversas regiões brasileiras. Eles destacam situações, onde a demanda é alta, como é o caso da irrigação do arroz por inundação. Como também a crescente populacional, que demanda grande quantidade de água para os centros urbanos. Mas a solução desses conflitos é possível via aumento da eficiência dos sistemas de irrigação e o gerenciamento correto dos efluentes agrícolas que contaminam as águas.

O Brasil, devido às dimensões continentais, apresenta uma grande heterogeneidade climática, tais condições podem ou não ser favoráveis, dependendo da cultura agrícola (PINTO e ASSAD, 2008). Essa questão afeta diretamente o NEB, dada a sua localização na zona intertropical da Terra. E, ainda o NEB possui três tipos climáticos: tropical, semiárida e equatorial úmido (ARAÚJO et al., 2013).

O semiárido ocupa 1.128.697 km<sup>2</sup> de área territorial e abrange 1.262 municípios, sendo periodicamente afetada pelas secas (SUDENE, 2017). Dessa forma, quando não há chuva, a produção agrícola fica prejudicada, bem como a pecuária perde seu poder de rebanho, e as reservas de água se esgotam (DUARTE, 2010). E, assim ocorre a seca agrícola, que é caracterizada pelo baixo índice de água no solo, isto é, torna o suprimento de água insuficiente para as culturas e não consegue suprir a perda por ET (DUARTE et al., 2018).

Nesse sentido, a água se torna fator limitante no semiárido brasileiro tanto para o consumo das famílias e dos animais, como para produção de alimentos (BEZERRA, 2002; KELMAN, 2006; ZANELLA, 2014; GOMES e HELLER, 2016). Assim, os diferentes sistemas de cultivo usados por agricultores nessa região afetada têm apresentado riscos inerentes mediante a irregularidade das chuvas, uma vez que necessitam de práticas que proporcionem maior quantidade de água no solo durante o ciclo do cultivo (BRITO et al., 2012).

Segundo Marengo et al. (2016), as secas no NEB produzem perdas incontáveis na produção agrícola e pecuária, seguido de perdas de vidas humanas devido à fome. Esses eventos foram catalogados desde o século XVI, organizadas e atualizadas pelos autores, conforme a lista a seguir: 1583, 1603, 1624, 1692, 1711, 1720, 1723-1724, 1744-1746, 1754, 1760, 1772, 1766-1767, 1777-1780, 1784, 1790-1794, 1804, 1809, 1810, 1816- 1817, 1824-1825, 1827, 1830-1833, 1845, 1877-1879, 1888-1889, 1891, 1898, 1900, 1902-1903, 1907, 1915, 1919, 1932-1933, 1936, 1941-1944, 1951- 53, 1958, 1966, 1970, 1976, 1979-1981, 1982-1983, 1992-1993, 1997-1998, 2001-2002, 2005, 2007, 2010 e 2012-2015.

Diante deste cenário, Baracuchy et al., (2015) discorrem sobre a gestão hídrica, sustentabilidade e o uso racional da água na agropecuária que tem ocasionado complexos sistemas de planejamentos sobre a forma eficiente de uso da água no NEB. Visto que o NEB sempre apresentou índices pluviométricos extremos, sendo um problema que tem que ser estudado e solucionado.

No âmbito mundial existem vários estudos que visam relacionar a produção agrícola e a seca. Roberts e Schlenker (2010) apresentaram estudo sobre a produção agrícola americana e os eventos de calor extremo. As lavouras não foram susceptíveis as altas variações na chuva, esse padrão se mostrou maior ao longo do tempo, quando as lavouras diminuíram a tolerância ao calor. Já no Brasil, o estudo realizado por Araújo et al. (2013) identificaram a interferência da seca na produtividade de culturas como o milho, cana-de-açúcar e mandioca. Eles concluíram que ao longo dos anos o milho é o mais afetado, e a cana-de-açúcar e mandioca são mais tolerantes a variação pluviométrica.

Além de estudos elaborados para identificar perdas e alterações no setor da Agricultura, destacam-se ações de benefício da economia da água em diversas regiões do NEB, como na Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte. Por exemplo, o reuso de água para irrigação em comunidades rurais de pequeno porte (NUNES, 2008), o reuso de esgoto sanitário na irrigação agrícola (BARROSO e WOLFF, 2011), o reuso de efluente doméstico para a produtividade do capim (SARAIVA e KOING, 2013), o uso de águas salinas na irrigação do feijão (FEITOSA, et al., 2015), o uso de água de ar condicionado e efluente agroindustrial para a produção de mudas de mamoeiro (BEZERRA et al., 2019). Diante disso, é válido destacar que em inúmeras lavouras a utilização de água é superior a necessária para uma produção eficiente, dessa maneira o gerenciamento eficiente d'água visa diminuir, estabilizar e garantir o uso correto da água na produção agrícola (FAGGION et al., 2009).

Outro instrumento usado para o gerenciamento da seca no NEB são as barragens, que há décadas foram e são usadas para combater à seca no semiárido (FONTENELLE et al., 2018; ROCHA e LEITE, 2020). Tornaram-se as principais obras hídricas de médio porte, localizadas em diversas propriedades e, assim atuam como reservatórios estratégicos e tornam os solos agricultáveis, melhora na produtividade agrícola e da oferta de água e notável impacto social (ARAÚJO, 2006).

Ações governamentais, como o Programa Cisternas, estão vigentes desde 2003, já foram construídas mais de 600 mil cisternas em todo o semiárido brasileiro, o principal objetivo desse programa é promover a disseminação da água para consumo humano e a produção de alimentos por meio de tecnologias simples e de baixo custo (ASA BRASIL, 2019).

Seguindo a ideia de estocagem de água pluvial, como forma de diminuir o uso de água potável, principalmente na agricultura familiar, os sistemas de aproveitamento de água da chuva servem como alternativa não convencional, sendo praticados em países como Estados Unidos, Alemanha, Austrália e Japão, já no Brasil o sistema é bastante disseminado em municípios do NEB (MAY, 2004).

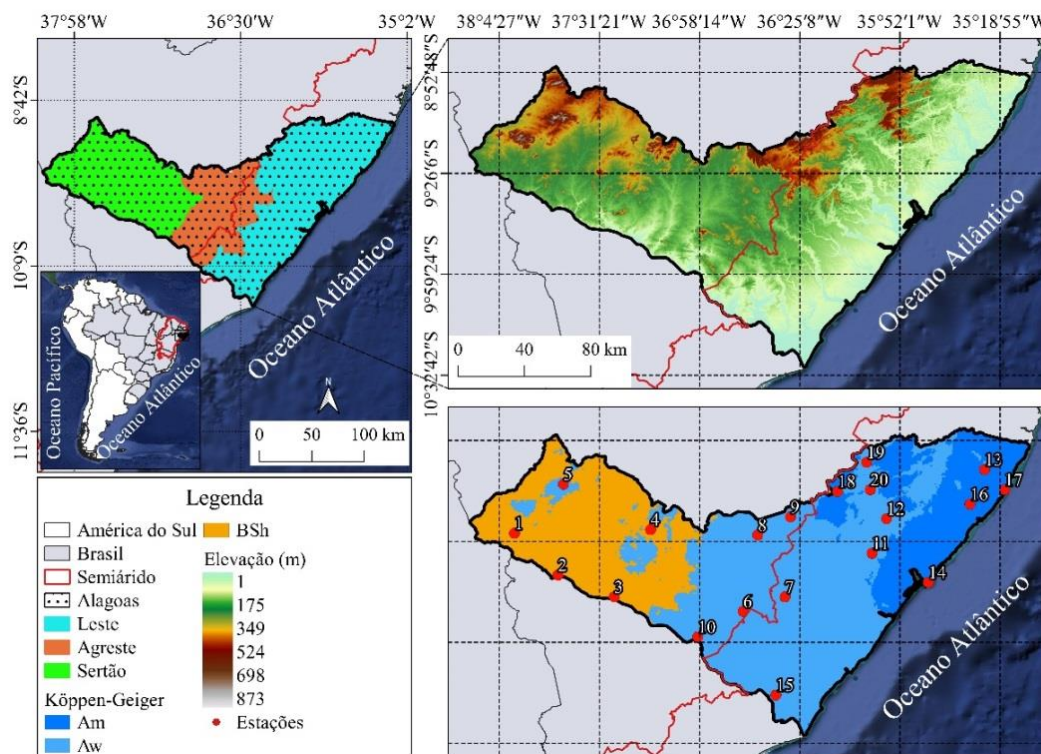
Diante dessa característica de relação da seca na produção agrícola, estudos para a melhoria de gerenciamento de água no NEB, são recorrentes. Oliveira (2015b) alertou para a importância do potencial das bacias hidrográficas em microrregiões do NEB, com práticas simples e de baixo custo, que visam à estocagem em épocas de seca e são uma alternativa para aproveitamento da mão de obra local. Além de estudos em regiões específicas, por exemplo, Silva (2019) na cidade de Delmiro Gouveia no estado de Alagoas, com destaque para a importância dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, além do uso das primeiras águas pluviais, que normalmente são jogadas fora e, podem ser de grande valia para a agricultura familiar.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da Área de Estudo

A região do estudo é o estado de Alagoas, na região leste do NEB (ENEB) Brasil. O Estado possui uma área aproximada de 27.767 km<sup>2</sup> (IBGE, 2020), que representa aproximadamente 0,33% do território brasileiro. Localizada entre os paralelos 8° 48' 12" e 10° 29' 12" S e entre os meridianos 35° 09' 36" e 38° 13' 54" W. Possui 339 km de extensão na direção de seu eixo longitudinal (Leste- Oeste) e 186 km na direção de seu eixo menor (Norte-Sul) - (LYRA et al., 2014). Alagoas possui apenas 1% de seu território localizado em áreas acima de 600 m do nível do mar de altitude.

O estado de Alagoas está dividido em três mesorregiões: Leste, Agreste e Sertão Alagoano (SOUZA et al., 2020). O Leste é a maior região em termos de território e abrange o litoral. O Agreste é uma região de transição entre as áreas úmidas e secas, sendo que o Sertão Alagoano corresponde aos locais com características climáticas áridas e semiáridas (IBGE, 2020), as mesorregiões citadas anteriormente são classificadas com seguinte tipologia climática: Am - clima tropical de monções, Aw - tropical clima com inverno seco, e BSh - clima semiárido e quente (ALVARES et al., 2013) - (Figura 1).



**Figura 1:** Localização geográfica e distribuição espacial das 20 estações meteorológicas nas mesorregiões (Leste, Sertão e Agreste) do estado de Alagoas (AL) e classificação Köppen-Geiger (Am, Aw e BSh).

## 4.2 Organização e Controle de Qualidade dos Dados

No estudo foi realizado o controle de qualidade dos dados pluviométricos mensais no estado de Alagoas através de indicadores estatísticos como:

a)  $R^2$  = coeficiente de determinação

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (|X_i - \bar{X}_0|)^2}{\sum_{i=1}^n (|X_i - \bar{X}_0|)} \quad (1)$$

O coeficiente  $R^2$  é uma métrica muito utilizada para a análise de qualidade de ajuste de modelos lineares. Este coeficiente assume valores no intervalo entre 0 e 1, de modo que quanto mais distante de 0, maior é a relação entre as variáveis  $X$  e  $Y$  do modelo (PALA, 2019).

b)  $r$  = coeficiente de Pearson, que pode ser classificado de acordo com a tabela 1

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_0)(X_i - \bar{X}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_0 - \bar{X}_0)^2 - \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i)^2}} \quad (2)$$

**Tabela 1:** Coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e a sua respectiva classificação

Coeficiente de correlação ( $r$ )	Classificação
0 – 0,1	Muito baixa
0,1 – 0,3	Baixa
0,3 – 0,5	Moderada
0,5 – 0,7	Alta
0,7 – 0,9	Muito alta
0,9 – 1,0	Quase Perfeita

Fonte: Hopkins (2009)

c) EPE = Erro Padrão de Estimativa (mm)

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_0 - X_i)^2}{n-2}} \quad (3)$$

d) RQEM = Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (mm).

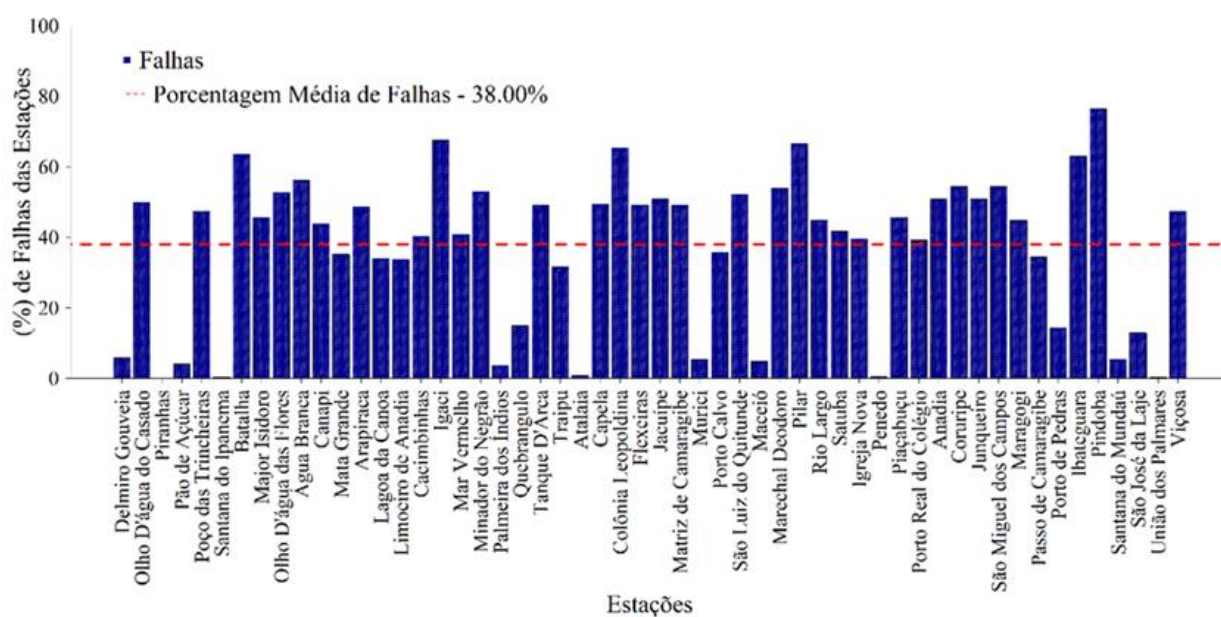


$$RQEM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_0 - X_i)^2}{n \bar{X}}} \quad (4)$$

em que  $n$  = número de observações,  $X_i$  é o valor  $i$ -ésimo da chuva imputada,  $X_0$  é o valor  $i$ -ésimo da chuva observada e  $\bar{X}_i$  = chuva média imputada.

Todos os procedimentos estatísticos foram efetuados no software R versão 3.6.1 (R Core Team, 2020).

Como também, foi estabelecido um limiar de 38% de percentuais de falhas, conforme a Figura 2. Das 54 estações existentes restaram apenas 20 estações (Figura 2), sendo distribuídas da seguinte forma: Utilizou-se Sertão e Agreste (5 estações) e Leste Alagoano (10 estações) localizadas no estado de Alagoas, de acordo com a distribuição espacial da Figura 1, pertencentes à rede hidrometeorológica da ANA (ANA, 2020), obtido por meio da plataforma Hidroweb, no seguinte endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>. O período de estudo correspondeu de 1960 a 2016.



**Figura 2:** Distribuição dos percentuais de falhas (%) das chuvas mensais das 54 estações pluviométricas no período de 1960 a 2016.

**Tabela 2:** Descrições básicas de 20 estações meteorológicas e seus percentuais de dados perdidos nas mesorregiões do estado de Alagoas.

ID	Municípios	Latitude	Longitude	Altitude	Falhas	Mesorregiões	Período	Chuva
		(°)	(°)	(m)	(%)	Climáticas		Média (mm.ano <sup>-1</sup> )
1	Delmiro Gouveia	-9,39	-37,99	256	5,8	Sertão	1960 - 2016	509,84
2	Piranhas	-9,62	-37,75	110	0	Sertão	1960 - 2016	500,10
3	Pão de Açúcar	-9,74	-37,44	45	4,09	Sertão	1960 - 2016	533,65
4	Santana do Ipanema	-9,37	-37,24	250	0,29	Sertão	1960 - 2016	709,97
5	Mata Grande	-9,12	-37,72	633	35,09	Sertão	1960 - 2000	1047,06
6	Lagoa da Canoa	-9,82	-36,73	235	34,06	Agreste	1960 - 2000	971,78
7	Limoeiro de Anadia	-9,74	-36,50	150	33,77	Agreste	1960 - 2001	921,37
8	Palmeira dos Índios	-9,40	-36,65	320	3,65	Agreste	1960 - 2016	915,65
9	Quebrangulo	-9,30	-36,47	411	14,91	Agreste	1960 - 2011	1165,70
10	Traipu	-9,96	-36,98	40	31,58	Agreste	1960 - 1998	677,41

**Continuação**

11	Atalaia	-9,50	-36,02	54	0,73	Leste Alagoano	1960 - 2016	1200,51
12	Murici	-9,31	-35,94	82	5,26	Leste Alagoano	1963 - 2016	1436,42
13	Porto Calvo	-9,04	-35,40	54	35,82	Leste Alagoano	1960 - 2000	1905,79
14	Maceió	-9,66	-35,71	43	4,82	Leste Alagoano	1960 - 2016	1838,31
15	Penedo	-10,28	-36,55	28	0,44	Leste Alagoano	1960 - 2016	1226,57
16	Passo de Camaragibe	-9,23	-35,48	90	34,36	Leste Alagoano	1960 - 2000	1836,13
17	Porto de Pedras	-9,15	-35,29	14	14,33	Leste Alagoano	1963 - 2016	1660,65
18	Santana do Mundaú	-9,16	-36,21	221	5,41	Leste Alagoano	1963 - 2016	1015,79
19	São José da Laje	-9,00	-36,05	250	12,87	Leste Alagoano	1963 - 2016	1356,85
20	União dos Palmares	-9,15	-36,03	155	0,29	Leste Alagoano	1960 - 2016	1172,27

### 4.3 Imputação dos Dados

Para os anos que apresentaram dados faltantes, foi realizada uma análise de preenchimento de lacunas, com base no método de imputação proposto por Harrel (2001) e Junger (2008). As percentagens de dados faltantes nas séries temporais de precipitação foram submetidas aos seguintes critérios: i) percentagem  $\leq 0,05$ : aplica-se a imputação única ou analisa apenas dados completos; ii) percentual entre 0,05 e 0,15: pode-se utilizar imputação única; e iii) percentual superior a 0,15: múltiplas imputações são indicadas na maioria dos casos. Esse procedimento foi realizado em estudos recentes, por exemplo, Gois et al. (2019) e Gois et al. (2020) no estado do Rio de Janeiro e Souza et al. (2020) no estado de Alagoas. O pacote R 'mtsdi' foi usado no processo de imputação múltipla, com base na Especificação Totalmente Condicional (FCS) (BUUREN E OUDSHOORN, 2011). O método de imputação de dados utilizou o *Predictive Mean Matching* (PMM) por meio do pacote 'midastouch' R para preencher as lacunas nas séries temporais, com base em dados disponíveis (54 estações pluviométricas) de estações vizinhas, ou seja, das três estações próximas localizadas na mesma região climatológica (TUCCI et al., 2004). O método de imputação foi usado para aumentar malha de dados pluviométricos e, assim realizar interpolação dos dados via método de spline para confecção de mapas mensais de chuvas do período de 1960 a 2016.

### 4.4 Teste de Pettitt

Para identificar os anos de possíveis mudanças bruscas nas séries temporais de precipitação média nas mesorregiões climáticas de Alagoas, foi aplicado o teste de Pettitt (1979). O teste de Pettitt é um teste não paramétrico, que verifica se duas amostras  $X_1, X_2, \dots, X_t$  e  $X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_T$  pertencem à mesma população, ele permite identificar o ano de ocorrência de mudanças abruptas na média das séries temporais. A estatística de  $k(t) = U_{t,T}$  realiza a contagem do número de vezes que um membro da 1ª amostra é maior do que o membro da 2ª amostra, conforme a Eq. (5):

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (5)$$

em que,  $\text{sgn}$  é o coeficiente dado pelas seguintes condições:  $\text{sgn} = +1$  se  $(X_j - X_i) > 0$ ;  $\text{sgn} = 0$  se  $(X_j - X_i) = 0$ ;  $\text{sgn} = -1$  se  $(X_j - X_i) < 0$ ;  $T$  é o tamanho da série temporal; e  $i$  e  $j$  denotam os índices de tempo associados aos valores individuais.

A estatística  $U_{t,T}$  é então calculada para os valores de  $1 \leq t < T$ , e assim a estatística  $k(t)$  do teste corresponde ao máximo em valor absoluto de  $U_{t,T}$  e, portanto, os anos em que a mudança abrupta ocorre são estimados, dados pela Eq. (6):

$$k(t) = \frac{\text{Max}}{1 \leq t < T} / U_{t,T} / \quad (6)$$

O teste de Pettitt localiza o ponto onde houve uma mudança abrupta na média de uma série temporal, e sua significância é dada pela Eq. (7):

$$p \cong 2 \exp \left[ \frac{-6k(t)^2}{(T^3 + T^2)} \right] \quad (7)$$

O ponto de mudança repentina é  $t$ , onde o máximo de  $k(t)$  ocorreu, os valores críticos de  $k$  ( $k_{\text{crit}}$ ) são calculados pela Eq. (8):

$$k_{\text{crit}} = \pm \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{p}{2}\right)(T^3 + T^2)}{6}} \quad (8)$$

#### 4.5 Standardized Precipitation Index - SPI

O índice SPI é de fácil trabalhabilidade porque é cumulativo, padronizado e usa apenas uma variável, sua formulação é baseada na densidade e função de probabilidade Gama (Eq. (9)), calculada a cada mês, onde  $\alpha$  é o parâmetro de forma ( $\alpha > 0$ ),  $\beta$  é o parâmetro de escala ( $\beta > 0$ ), determinado usando o método de máxima verossimilhança;  $x$  é a quantidade de chuva, e pode variar de acordo com  $\alpha$  e  $\beta$ . Os valores atribuídos são normalizados e transformados em uma distribuição normal (ou seja, média zero e variância um) - (EDWARDS E MCKEE, 1997). O cálculo do SPI usa apenas valores de chuva (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2012; LYRA et al., 2017) e categoriza um evento de seca quando o SPI apresenta valores negativos contínuos e quando o SPI é positivo, o evento de seca termina (MCKEE et al., 1993). Mais detalhes sobre as formulações matemáticas e procedimentos estatísticos usados no cálculo do SPI podem ser encontrados em McKee et al. (1993).

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (9)$$

em que,  $\Gamma(\alpha)$  é a função gama.

Após o cálculo, o SPI foi categorizado conforme Tabela 2 e analisado na escala anual (SPI-12). Para a análise do SPI, o pacote 'SCI' da biblioteca de software R versão 4.0.3 (R Core Team, 2020) foi usado. No estudo apenas será avaliado o SPI-12 na identificação dos períodos secos e úmidos nas escalas anuais e decadal na série temporal de 56 anos e sua relação com os modos de variabilidade climática.

**Tabela 3:** Classificação do SPI

SPI	Classificação
$\geq 2.00$	Extremamente Úmido
1.00 to 1.99	Muito Úmido
0.50 to 0.99	Moderadamente Úmido
0.49 to -0.49	Próximo ao Normal
-0.50 to -0.99	Moderadamente Seco
-1.00 to -1.99	Muito Seco
$\leq -2.00$	Extremamente Seco

Fonte: McKee et al. (1993).

#### 4.6 Estatística Descritiva

Primeiramente, usamos a estatística descritiva e as medidas de dispersão (máximo, mínimo, 1º quartil, 3º quartil, intervalo interquartil - IQR [distância entre os quartis] via boxplot) calculadas para determinar medidas de tendência central (média e mediana), desvio padrão - DP, e coeficiente de variação - CV% dos dados pluviométricos das 20 estações meteorológicas distribuídas no estado de Alagoas. Ambos os parâmetros estatísticos foram determinados no software R versão 3.4.3 (R Core Team, 2020) - (GOIS et al., 2020). Os valores obtidos a partir do CV% mostraram grande variabilidade entre os grupos homogêneos. O valor percentual do CV foi categorizado como baixo (CV <12%); médio (se CV = 12–24%) e alto (quando CV > 24%) - (WARRICK e NIELSEN, 1980).

#### 4.7 Mapas de Chuva mensal de Alagoas

Os mapas mensais foram obtidos através de procedimentos das interpolações espaciais, bem como o geoprocessamento dos dados, foram realizados no software Quantum GIS (QGIS) versão 3.4.6 (QGIS CORE TEAM, 2019), que traz consigo o plugin do software SAGA GIS versão 2.0.2 (SAGA, 2005). Dessa forma os mapas foram separados quanto à distribuição de chuva no Estado: i) estação seca (outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro), ii) estação chuvosa (abril, maio, junho e julho) e iii) estação de transição (março, agosto e setembro). A categorização usada foi baseada nos estudos realizados anteriormente

por Lyra et al. (2014) em relação às chuvas e, recentemente por Souza et al. (2020) em relação à erosividade.

#### 4.8 Análise Multivariada

A técnica de análise de agrupamento (CA) foi aplicada às séries temporais mensais pluviométricas (definição de regiões homogêneas) e SPI-12 (delimitação dos períodos de seca e chuva). No estudo, o método hierárquico aglomerativo de ligação média foi escolhido e aplicado às 20 estações meteorológicas na área de estudo via dendrograma (WILKS, 2011). O método de ligação média consiste na medida de similaridade entre dois clusters, sendo definida pela maior distância de todos os pontos do primeiro cluster aos pontos do segundo cluster (JOHNSON E WICHERN, 1992). No estudo, a medida de dissimilaridade foi utilizada como o quadrado da distância euclidiana (Eq. (10)) - (LYRA et al., 2014; BRITO et al., 2017).

$$d_e = \left[ \sum_{j=1}^n (P_{p,j} - P_{k,j})^2 \right]^{0.5} \quad (10)$$

em que,  $d_e$  é a distância euclidiana; e  $P_{p,j}$  e  $P_{k,j}$  são as variáveis quantitativas  $j$  dos indivíduos  $p$  e  $k$ , respectivamente.

O grau de ajuste do linkage médio foi avaliado por meio do coeficiente de correlação cofenética (CCC). Este coeficiente mede a associação entre a matriz de dissimilaridade (matriz fenética  $F$ ) e a matriz resultante da simplificação fornecida pelo método de agrupamento (matriz cofenética  $c$ ). O CCC é baseado no coeficiente de Pearson ( $r$ ), que é calculado entre a matriz de dissimilaridade e a matriz resultante do agrupamento (SOKOL E ROHLF, 1962). Portanto, quanto maior o valor de  $r$ , menor será a distorção. Na prática, dendrogramas com CCC  $< 0,7$  indicam a inadequação da técnica de AC (SOKOL E ROHLF, 1962; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2017). O CCC é definido por (Eq. (11)).

$$CCC = r_{\text{coph}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n (c_{ij} - \bar{c})(d_{ij} - \bar{d})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n (c_{ij} - \bar{c})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n (d_{ij} - \bar{d})^2}} \quad (11)$$

$$\bar{c} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n c_{ij} \quad (12)$$

$$\bar{d} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n d_{ij} \quad (13)$$

em que, CCC é o coeficiente de correlação cofenética,  $c_{ij}$  e  $d_{ij}$  são elementos da  $i$ -ésima linha e  $j$ -ésima coluna da matriz de distância cofenética e original, respectivamente, e  $n$

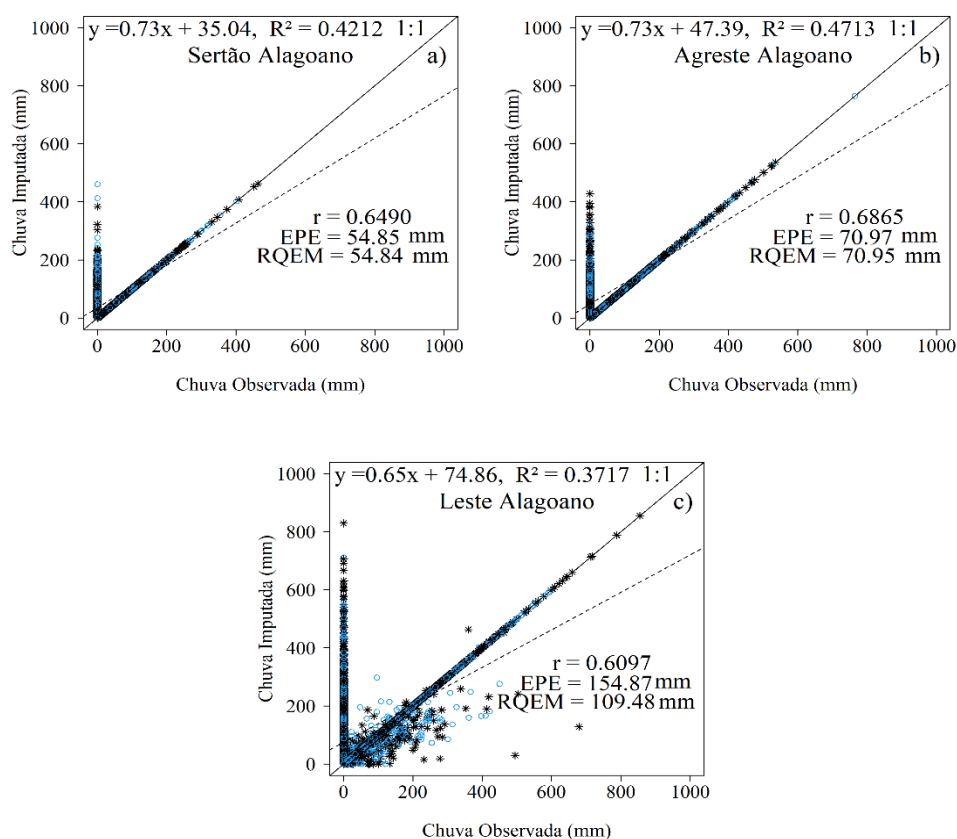
é o número de elementos. Em que  $\bar{c}$  e  $\bar{d}$  são as médias aritméticas de  $c_{ij}$  e  $d_{ij}$ , respectivamente, definidas pelas Eqs. (12) e (13).



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Validação dos Dados de Imputação

O desempenho do método de preenchimento de lacunas foi avaliado segundo os indicadores estatísticos descritos no item 2.3. A maior dispersão em relação à linha 1:1 ocorreu a partir de 0 mm, destaque para Leste Alagoano (Figura 3c). De forma geral, os dados imputados apresentaram uma boa precisão em ambas às mesorregiões climáticas, com coeficientes  $R^2$  entre 42% a 47%, seguido do coeficiente  $r$  entre 0,64 a 0,68, sendo considerada uma correlação alta, conforme o critério de Hopkins (2009) - (Figura 3a e 3b), a exceção foi o Leste Alagoano ( $R^2 = 37\%$  e  $r = 0,60$ ), com um coeficiente  $r$  considerado alto, menor  $R^2$ . Os menores valores de EPE (< 54.85 mm) e RQEM (< 54.84 mm) ocorreram no Sertão Alagoano, enquanto que os maiores valores de EPE (> 154.87 mm) e RQEM (> 109.48 mm) no Leste Alagoano, respectivamente, tais resultados foram similares aos de Souza et al. (2020), EPE < 30 mm no Sertão Alagoano, EPE > 45 mm no Leste Alagoano, mas não iguais, devido ao fato da região de preenchimento de falhas ser maior no presente estudo. Vale destacar que o método de preenchimento de falhas foi satisfatório, devido ao fato dos valores encontrados se apresentarem dentro do padrão (sertão-seco, agreste-transição, leste-chuvoso) existente nas mesorregiões climáticas, além da verificação dos indicadores estatísticos. O método imputação tem sido aplicado em alguns estudos recentes, por exemplo, Gois et al. (2019) e Gois et al. (2020) no estado do Rio de Janeiro e Souza et al. (2020) no estado de Alagoas.



**Figura 3:** Diagrama de espalhamento (1:1) dos dados observados versus dados imputados (mm) nas mesorregiões Sertão (a), Agreste (b) e Leste (c) do Estado de Alagoas.

## 5.2 Teste de Pettitt

O teste de Pettitt foi aplicado às séries de chuva, identificando os meses e anos de mudanças nas séries temporais, conforme mostrado na Tabela 4. No período 1 (P1), foram identificadas 6 mudanças e o período 2 (P2) com apenas 14 mudanças, com destaque para a década de 1990 com maior quantidade de mudanças bruscas nas séries temporais em relação às demais, sendo o ponto de mudança e definição dos períodos avaliados e semelhantes aos resultados obtidos anteriormente por Vanderley et al. (2013) para a mesorregião da Zona Árida do São Francisco, em Alagoas. Para as variações mensais, destaque para julho, agosto e setembro com maior quantitativo nas estações utilizadas no estudo, sendo correspondentes às estações chuvosas (Julho e Agosto) e transição (Setembro) no Estado de Alagoas (LYRA et al., 2014; COSTA et al., 2021). Vale ressaltar que o uso do teste de Pettitt é comum no Brasil (VANDERLEY et al., 2013; GOIS et al., 2020) e mundial (OGUNGBENRO e MORAKINYO, 2014; KUNDU et al., 2015).

**Tabela 4:** Identificação dos anos e meses de mudanças repentinas nas séries temporais pluviométricas por meio do teste de Pettitt aplicado às 20 estações meteorológicas existentes nos municípios de Alagoas.

ID	Municípios	Teste de Pettitt	
		Meses	Anos
1	Delmiro Gouveia	Dezembro	1991
2	Piranhas	Dezembro	1990
3	Pão de Açúcar	Junho	1995
4	Santana do Ipanema	Agosto	1982
5	Mata Grande	Outubro	1991
6	Lagoa da Canoa	Fevereiro	1993
7	Limoeiro de Anadia	Setembro	1978
8	Palmeira dos Índios	Julho	1969
9	Quebrangulo	Agosto	1970
10	Traipu	Fevereiro	2000
11	Atalaia	Julho	1989
12	Murici	Setembro	1992
13	Porto Calvo	Fevereiro	1975
14	Maceió	Janeiro	1987
15	Penedo	Setembro	1989
16	Passo de Camaragibe	Agosto	1987
17	Porto de Pedras	Julho	1987
18	Santana do Mundaú	Junho	1976
19	São José da Laje	Outubro	1981
20	União dos Palmares	Agosto	1987

**Legenda:** A cor azul corresponde ao período P1 e a cor vermelha corresponde ao período P2.

### 5.3 Chuva Anual (1960-2016)

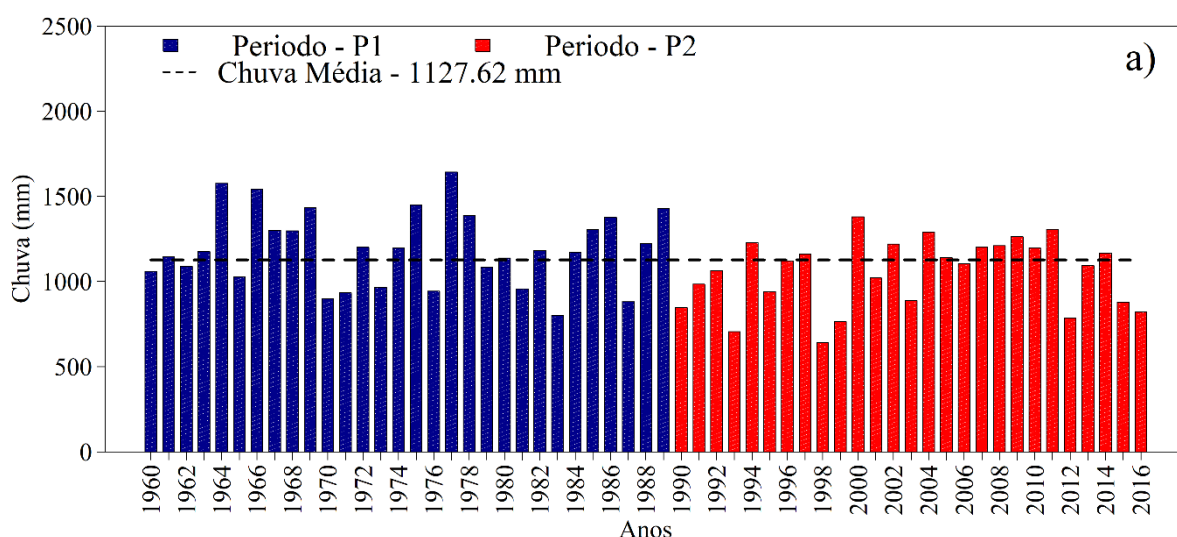
A chuva anual acumulada em Alagoas (Figura 4a) mostrou a formação de dois períodos bem definidos: 1960 a 1990 (período 1 - P1) e 1990 a 2016 (período 2 - P2). Em P1 (Figura 3a), ocorreram anos com chuva anual superior à média (1127,62 mm), principalmente os anos 1961 (Neutro), 1963 (El Niño), 1964 (La Niña) e também os anos 1966, 1967 e 1968 (Neutro), 1969 (El Niño) - (LYRA et al., 2017; NOAA/CPC, 2020; COSTA et al., 2021), de acordo com o critério da região ENOS 3.4 com base no Índice Niño Oceânico (INO) - (HUANG et al., 2017). É importante destacar que o INO é usado para avaliar a ocorrência e duração de episódios ENOS com base no monitoramento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico central (GLANTZ e RAMIREZ, 2020).

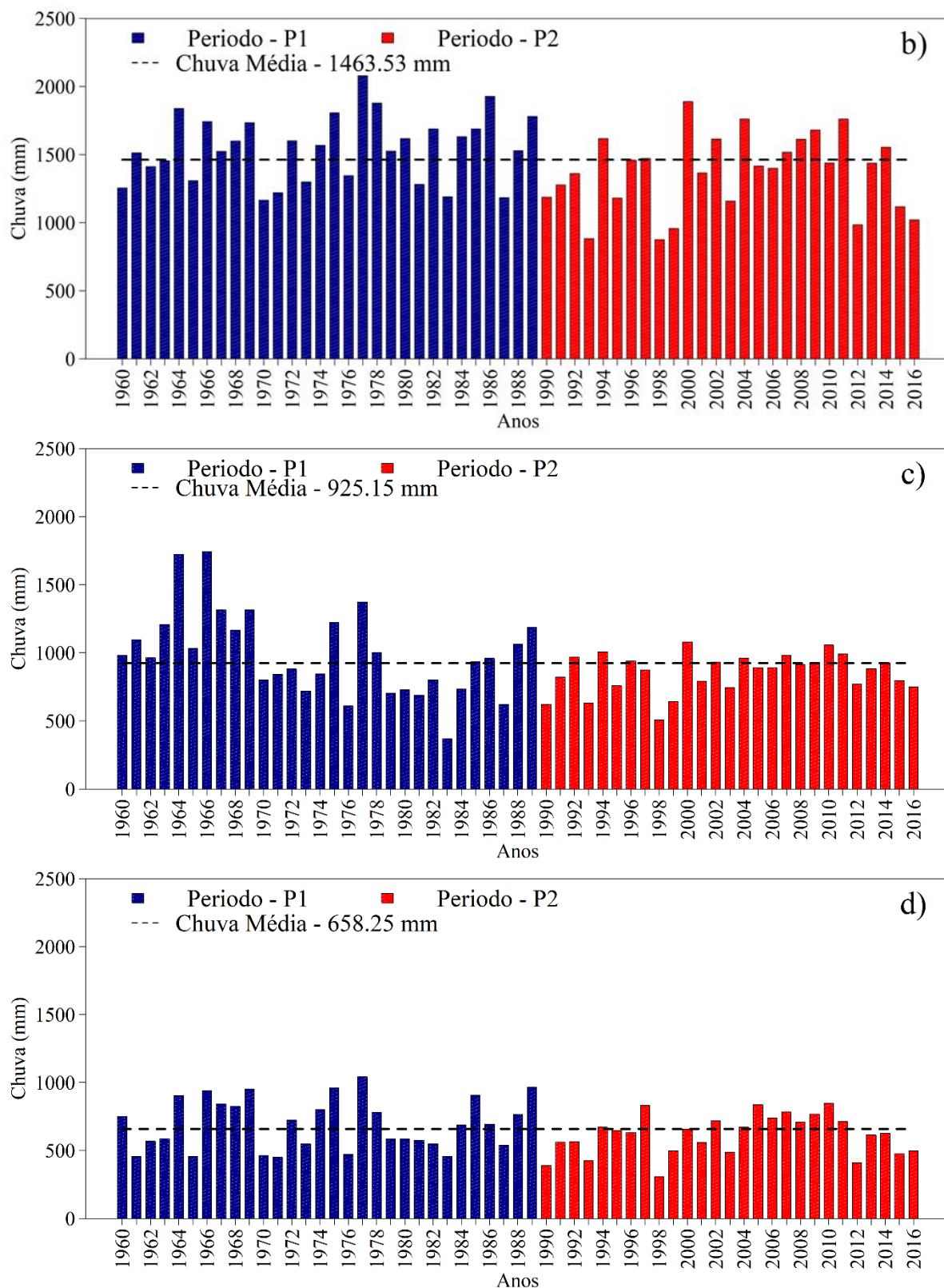
Na década de 1970 (Figura 4a), persistem anos chuvosos, por exemplo, 1972 (La Niña), 1974 (La Niña), 1975 (La Niña) e, principalmente, os anos 1977 (El Niño) e 1978 (Neutro), enquanto em 1980, apenas quatro anos, sendo anos consecutivos 1985 (La Niña) - 1986 (Neutro) e 1988 (La Niña) - 1989 (Neutro). Na P2 (Figura 4a), desde 1990 houve uma redução significativa nos anos das chuvas, sendo apenas 1994 (Neutro), 1996 (Neutro) e 1997 (El Niño), em contraste com a década de 2000 com um aumento considerável dos anos chuvosos, semelhante à década de 1960, com destaque para os anos 2000 (La Niña), 2002 (El Niño), 2004 (El Niño), 2005 (El Niño) e 2006 (Neutro), 2007 e 2008 (La Niña), 2009 (El Niño), 2010 e 2011 (La Niña) e 2014 (Neutro) - (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2012; DA SILVA et al., 2020; COSTA et al., 2021). Estudos realizados anteriormente apontam a influência e extensão do ENOS no NEB (DA SILVA, 2004; CORREIA FILHO et al., 2019a), principalmente no ENEB, onde o ENOS determina os anos chuvosos e secos de forma cíclica, porém não repetitiva (MOLION e BERNARDO, 2002; DA SILVA, 2004; LYRA et al., 2017).

O Leste de Alagoas (Figura 4b) houve maior registro anual de chuvas e, portanto, corrobora com estudos anteriores (BARROS et al., 2014; LYRA et al., 2014) e recentemente para a região (DA SILVA et al., 2020; SOUZA et al., 2020). No leste de Alagoas, cerca de 47,37% da precipitação foi abaixo da média (1463,53 mm), sendo as exceções os anos 1964 (1837,25 mm), 1975 (1761,39 mm), 1977 (1888,00 mm), 1978 (1710,92 mm), 1986 (1774,78 mm) e 1989 (1785,12 mm) em P1. As observações em P2 (Figura 4b) foram os anos de 1994 (1525,40 mm), 2000 (1706,05 mm), 2002 (1548,61 mm), 2004 (1625,08 mm), 2009 (1546,71 mm), 2011 (1622,34 mm) e 2014 (1511,49 mm). O destaque de 1993 (936,75 mm) com o menor valor da série histórica, devido a uma seca meteorológica que impactou na diminuição

do desempenho dos sistemas produtores de chuva no Estado (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2012; DA SILVA et al., 2020).

O Agreste Alagoano (Figura 4c) apresentou 52,63% dos anos com pluviosidade abaixo da média da região (925,15 mm). Vale ressaltar que nas décadas de 1960, 1970, 1980 e 1990 as pancadas de chuva foram superiores à média da região, principalmente nos anos de 1964 (1534,56 mm), 1977 (1314,43 mm), 1989 (1186,26 mm), 1992 (1015,71 mm); e os anos 2000 o ano 2000 (1090,78 mm), 2007 (1030,29 mm) e o período de 2010 a 2016 os anos 2010 (1115,14 mm) e 2011 (1056,19 mm). O Sertão Alagoano (Figura 4d), a precipitação acumulada anual foi inferior à média (658,25 mm), ocorrendo em 54,39% dos anos avaliados. Na década de 1990, houve incidência de valores abaixo da média, com destaque para os anos de 1990 (425,02 mm) e 1998 (431,74 mm), situação oposta às décadas de 1960, 1970 a 1980 com valores acima da média.

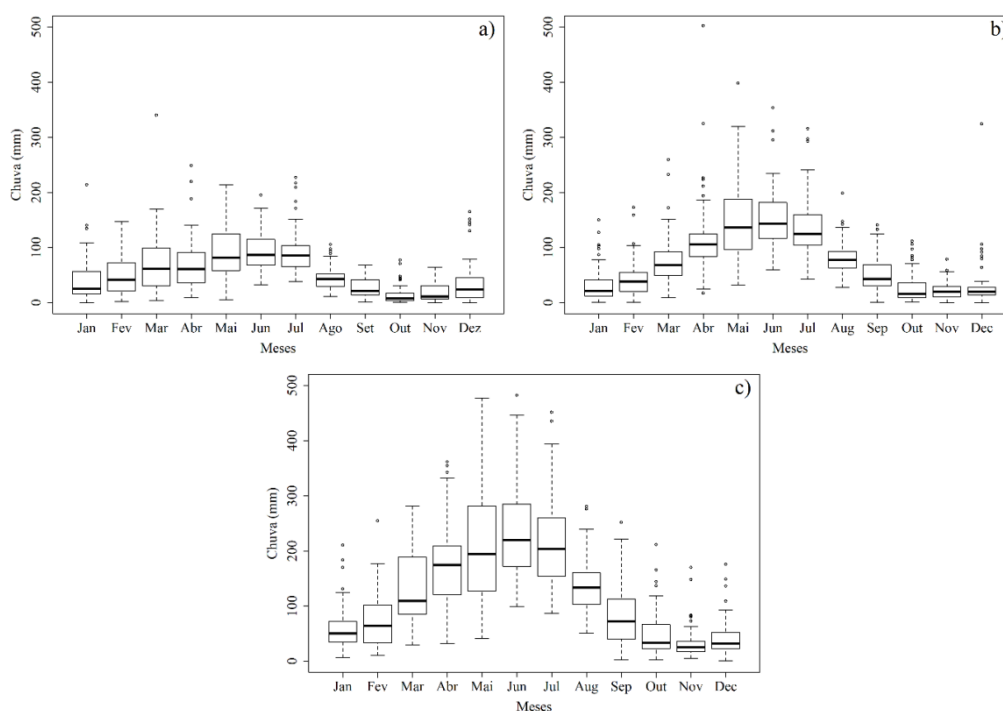




**Figura 4:** Distribuição da chuva acumulada anual (mm) em Alagoas (a), nas mesorregiões Leste (b), Agreste (c), e Sertão Alagoano (d) no período de 1960 a 2016.

#### 5.4 Chuva Mensal (1960-2016)

A chuva média mensal (Figura 5) das três mesorregiões climáticas de Alagoas apresentaram alta variabilidade em relação à quadratura chuvosa. Os resultados obtidos no estudo corroboram com os resultados encontrados por Molion e Bernado (2002), onde a quadratura chuvosa ocorre entre abril a julho no Leste e Agreste, e a exceção foi à mesorregião do Sertão (Figura 5a), com aumento de IQR nos meses de janeiro e março. Portanto, há mudanças significativas na definição da estação chuvosa em Alagoas, anteriormente era definida como quatro meses, conforme indicado por Rao et al. (1993) e Molion e Bernado (2002), ao contrário do estudo, que identificou a formação de uma estação de seis meses de chuva, com início em março até agosto no Leste, nos últimos 56 anos. Em contraste, Sertão (Figura 5a) e Agreste (Figura 5b) aumentaram a duração da estação seca, sendo preocupante para um Estado que é totalmente baseado na Agropecuária (GOIS et al., 2005; CORREIA FILHO et al., 2020). Esse aumento pode estar relacionado à intensificação das atividades antrópicas (por exemplo, mudanças no uso e ocupação do solo e no processo de urbanização), já na mesorregião Leste Alagoano, houve o aumento significativo da chuva convectiva (PONTES DA SILVA et al., 2011; SANTOS et al., 2011; SANTOS et al., 2021; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021).



**Figura 5:** Boxplot da chuva mensal (mm) nas mesorregiões do Sertão (a), Agreste (b), e Leste Alagoano (c) no período de 1960 a 2016.

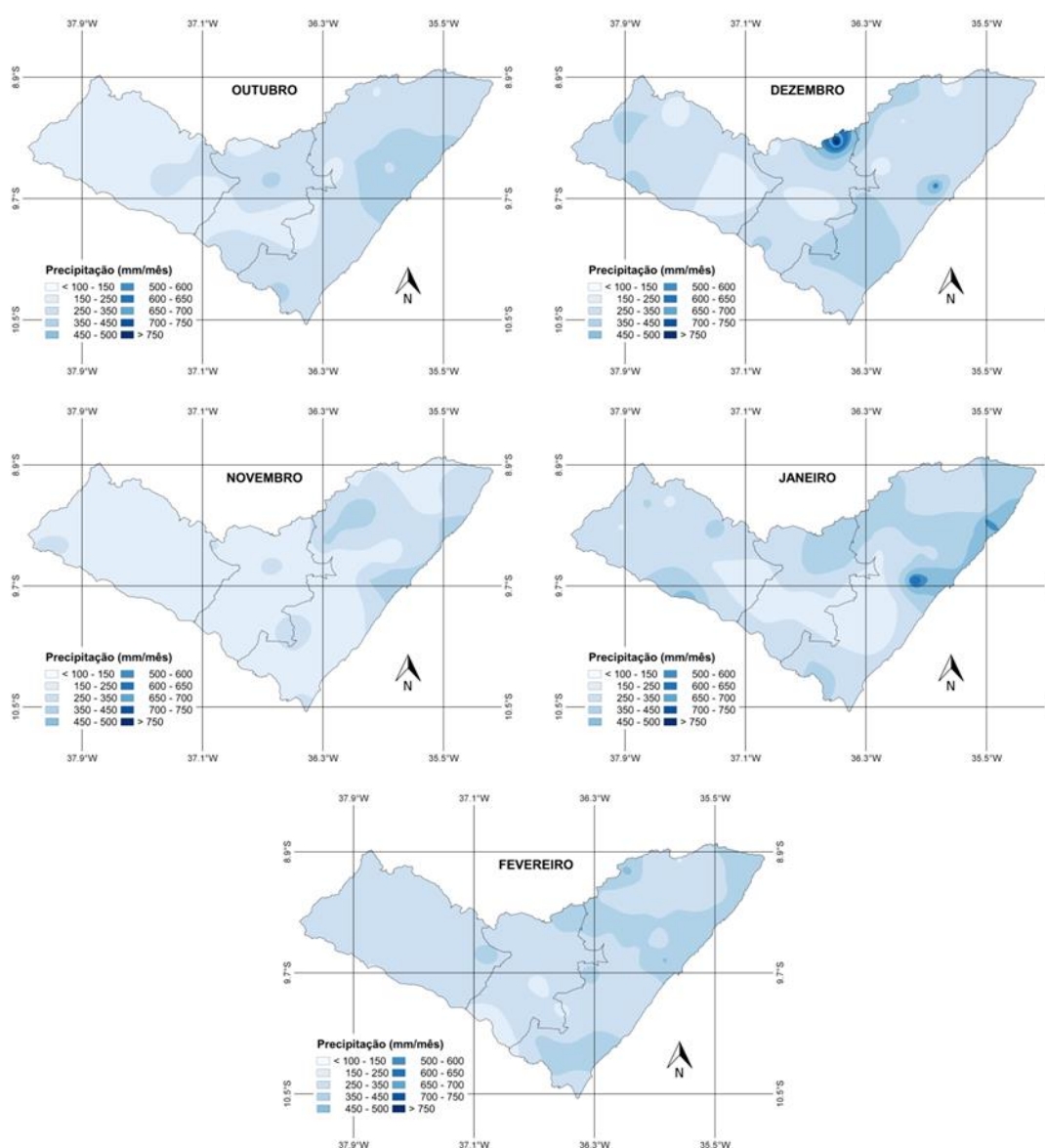
Todos os meses avaliados nas mesorregiões climáticas do Estado apresentaram *outliers* (Figura 4), exceto março e maio (Leste), fevereiro, maio, setembro e novembro (Sertão) e o mês de abril (Agreste) foi o único mês que apresentou *outliers* negativos. Nos meses anteriores, há ocorrências de Vórtices Ciclônicos e SF (região de influência Leste e interior do NEB) - (Rao et al., 1993; Molion e Bernado, 2002; Lyra et al., 2014; Costa et al., 2021), bem como as chuvas intensas identificadas no estudo de Pontes da Silva et al. (2011), com destaque para a execução de valas de baixo nível, o Corrente de Jato do Nordeste Brasileiro (CJNEB) e o Ondas de Leste. Esses períodos de maior e menor ocorrência de chuvas foram frequentes na maior parte do Estado, principalmente de abril a agosto (período chuvoso) e de outubro a fevereiro (período seco), respectivamente (CARVALHO et al., 2017). Recentemente, Rodrigues et al. (2020) identificaram também *outliers* a partir do produto 3B42 do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) em extremos de chuvas no NEB. Os autores concluíram que o produto do satélite TRMM é capaz de representar a chuva extrema acumulada em uma escala de tempo de dois dias (valores de sensibilidade  $> 0,7$ ) para todas as sub-regiões do NEB.

A sazonalidade das chuvas é marcada nas mesorregiões climáticas, principalmente no semiárido (Sertão) com menor variabilidade mensal, onde os valores de chuvas mensais são inferiores a 50 mm a partir de agosto a dezembro. O estado de Alagoas apresenta distribuição irregular de chuvas, com menores valores de chuva (Sertão), seguidos de valores intermediários na região de transição (Agreste) e maiores registros na região chuvosa (Leste) e, portanto, as mesorregiões climáticas de Alagoas são bem caracterizadas pelo regime de chuva (NASCIMENTO e XAVIER, 2010; CORREIA FILHO et al., 2020; SOUZA et al., 2020; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021). De forma similar Lyra et al. (2014), mostraram que a chuva em Alagoas é caracterizada por fortes gradientes pluviométricos entre o litoral e o interior do continente, e de Norte a Sul, devido à fisiografia da região e à influência de sistemas meteorológicos em multiescala.



### 5.4.1 Estação seca

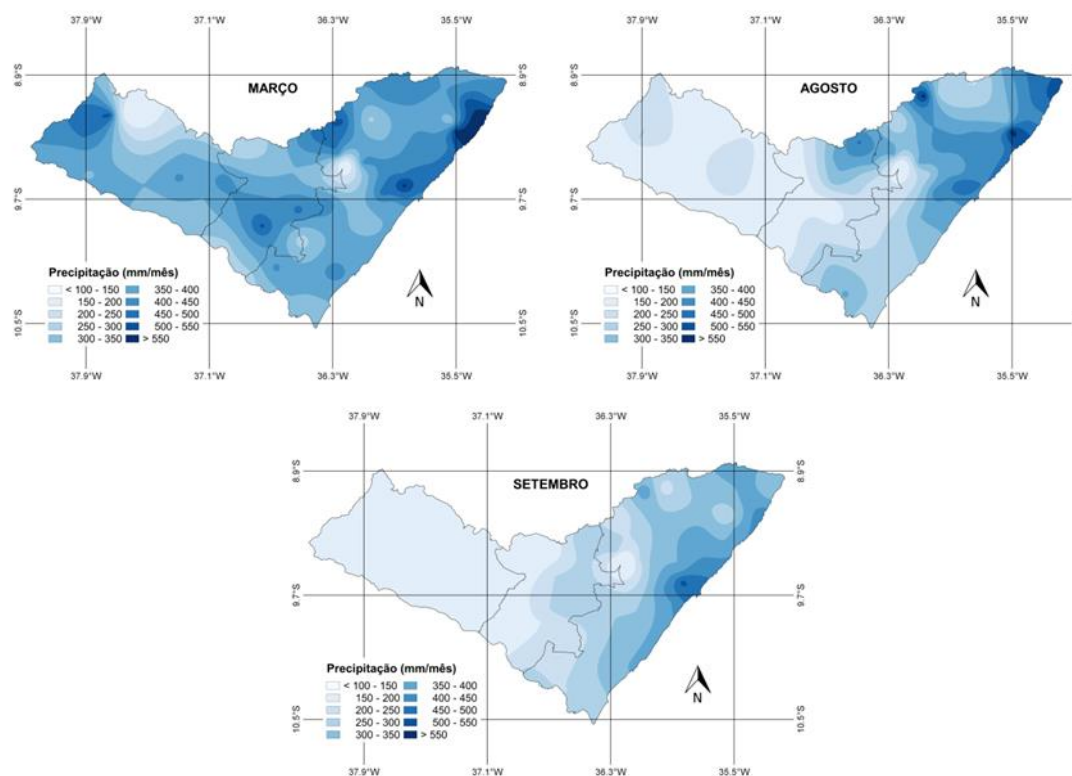
Nos meses correspondentes a estação seca (Figura 6) os maiores registros da chuva mensal variaram entre 700 e 750 mm no Agreste, em dezembro, e no Leste Alagoano, em janeiro. No Sertão os valores foram inferiores a 500 mm em todo período de estudo, destaque para os meses de outubro e novembro com valores inferiores a 350 mm. Em fevereiro os valores de chuva variaram entre 350 a 500 mm, sendo que nesse mês o número de dias de chuva (NDC) é inferior e ocorreu nas mesorregiões do Agreste e Litoral Alagoano (PEREIRA et al., 2012).



**Figura 6:** Distribuição espacial da chuva mensal (mm) no período seco do Estado de Alagoas entre 1960-2016.

#### 5.4.2 Estação de Transição

No período de transição (Figura 7) os maiores registros de chuva mensal foram superiores a 550 mm no Leste Alagoano, principalmente no mês de março. Destaque para os meses de setembro e agosto que delimitam as regiões pluviométricas no Estado, por exemplo, Sertão (seco); Agreste (transição) e Leste (chuvoso), isto é, há formação de gradiente de chuva desde costa até o interior do Estado (LYRA et al., 2014; COSTA et al., 2020). Os meses de transição antecedem o início (março) e o fim (agosto e setembro), do período chuvoso em Alagoas (SILVA et al., 2011). A variabilidade desses períodos está ligada aos seguintes sistemas meteorológicos, por exemplo, a Alta Bolívia (AB) que intensifica a seca, devido ao aquecimento do ar e a menor formação de nuvens no período de outubro a janeiro principalmente nas mesorregiões do Agreste e Leste (KOUSKY, 1979, LYRA et al., 2014), seguido dos VCANs que atuam em todo período seco e também na estação da transição até março e, os VCANs inibem a formação de nuvens e a chuva, particularmente na região semiárida do Estado (MOSCATI e GAN, 2007, PONTES DA SILVA et al., 2011; LYRA et al., 2014). A posição da ZCIT é influenciada pelo ENOS associada à atuação da GITSMA na região do ENEB, que por sua vez ocasiona episódios de secas em toda Alagoas (LYRA et al., 2017, OLÍMPIO 2017; COSTA et al., 2020).



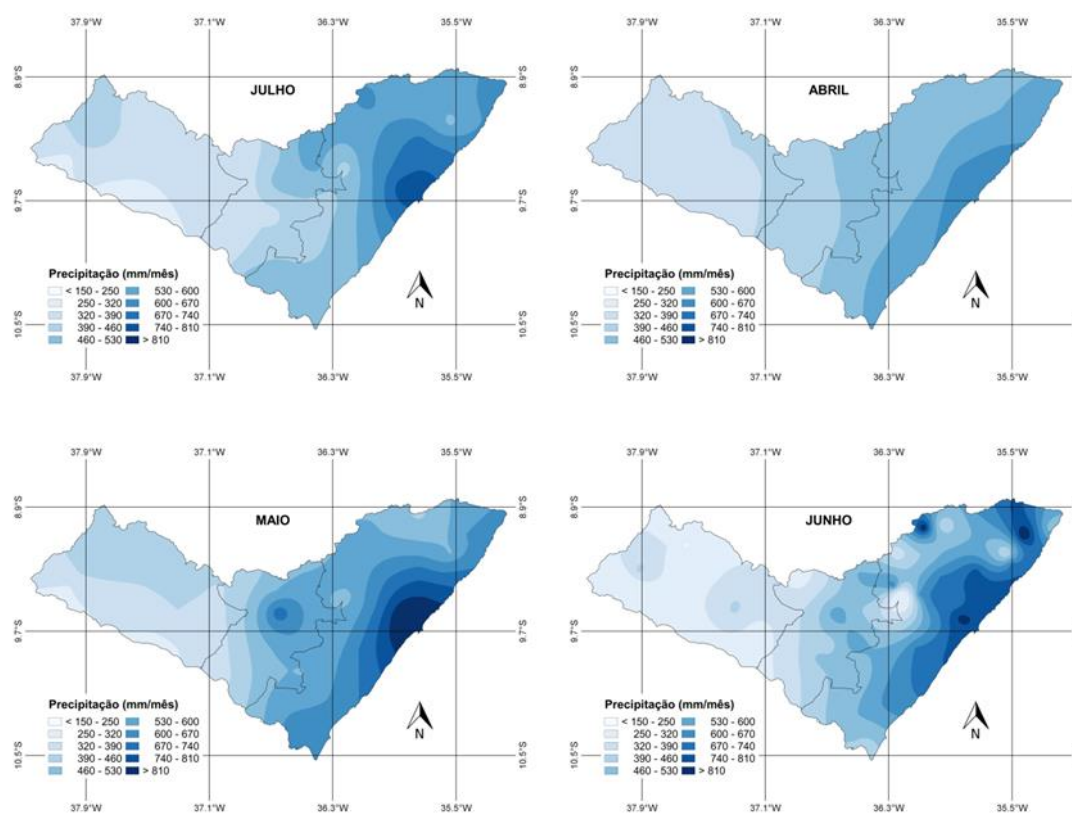
**Figura 7:** Distribuição espacial da chuva mensal (mm) no período de transição do Estado de Alagoas entre 1960-2016.

### 5.4.3 Estação Chuvosa

Nos meses correspondentes a estação chuvosa (Figura 8), os maiores registros de chuva ocorreram no Leste Alagoano e foram superiores a 750 mm. Essa mesorregião apresentou os maiores índices pluviométricos seja nas estações seca, transição ou chuvosa, devido à proximidade do ambiente costeiro, do bioma Mata Atlântica e das mudanças de uso e ocupação do solo nas últimas décadas (LYRA et al., 2014; CORREIA FILHO et al., 2019b; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021). Todo o estado de Alagoas apresentou maiores totais pluviométricos neste período, exceto o Sertão, com valores próximos de 500 mm.

Segundo Molion e Bernado (2002), o ENEB no período de abril a julho ocorre à estação chuvosa, sendo responsável em até 60% da chuva atual. Os sistemas meteorológicos que contribuem para tal variabilidade das chuvas em Alagoas, por exemplo, os SF's originados do encontro entre a Massa Polar Atlântica (mPa) e a Massa polar Tropical (mPt) - (Zanella, 2014), seguido dos DOL's que são responsáveis por 70% das chuvas no litoral norte e 60% na Zona da Mata do Estado (SILVA, 2011b) e as CB que influenciam o regime de chuva no litoral nos meses de abril a julho (KOUSKY, 1980; RAO et al., 1993; PONTES DA SILVA et al., 2011, LYRA et al., 2014). Além disso, a ZCIT com as LI tanto na costa como

no interior, exceto em abril (HASTENRATH e LAMB, 1977; MOURA e SHUKLA, 1981; MOURA et al., 2009, LYRA et al., 2014).



**Figura 8:** Distribuição espacial da chuva mensal (mm) no período chuvoso do Estado de Alagoas entre 1960-2016.

## 5.5 Regiões Homogêneas de Chuva

### 5.5.1 Temporal

Com base na precipitação mensal, sete métodos de agrupamento foram testados de acordo com a Tabela 4, sendo avaliados a partir do CCC. O método de ligação média se destacou dos demais métodos com significativo (S)  $CCC > 0,8760$ . Os outros métodos podem ser usados com cautela, mas o método de Ward que é amplamente utilizado na literatura (MODARRES e SARHADI, 2011; TEODORO et al., 2016; BRITO et al., 2017; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2017) e, anteriormente aplicado para o estado de Alagoas (SOUZA et al., 1992; LYRA et al., 2014), não é indicado no estudo uma vez que o dendrograma é inadequado para  $CCC < 0,70$ .

Os resultados obtidos para o estado de Alagoas apontam diferenças significativas entre as quantidades ideais dos grupos homogêneos. Por exemplo, Souza et al. (1992) usaram uma série de dados de precipitação ao longo de 30 anos. Eles identificaram quatro grupos

homogêneos, ao contrário de Lyra et al. (2014), com séries temporais pluviométricas entre 20-30 anos (1961-1990) detectaram que o número ideal seriam cinco grupos homogêneos. No entanto, ambos os estudos não validaram a técnica de AC do CCC. Ainda assim, eles utilizam séries temporais inferiores (<50 anos), seguido de preenchimento de falhas (regressão linear) diferente em relação ao presente estudo (imputação de dados), exceto o controle de qualidade dos dados comuns em todos.

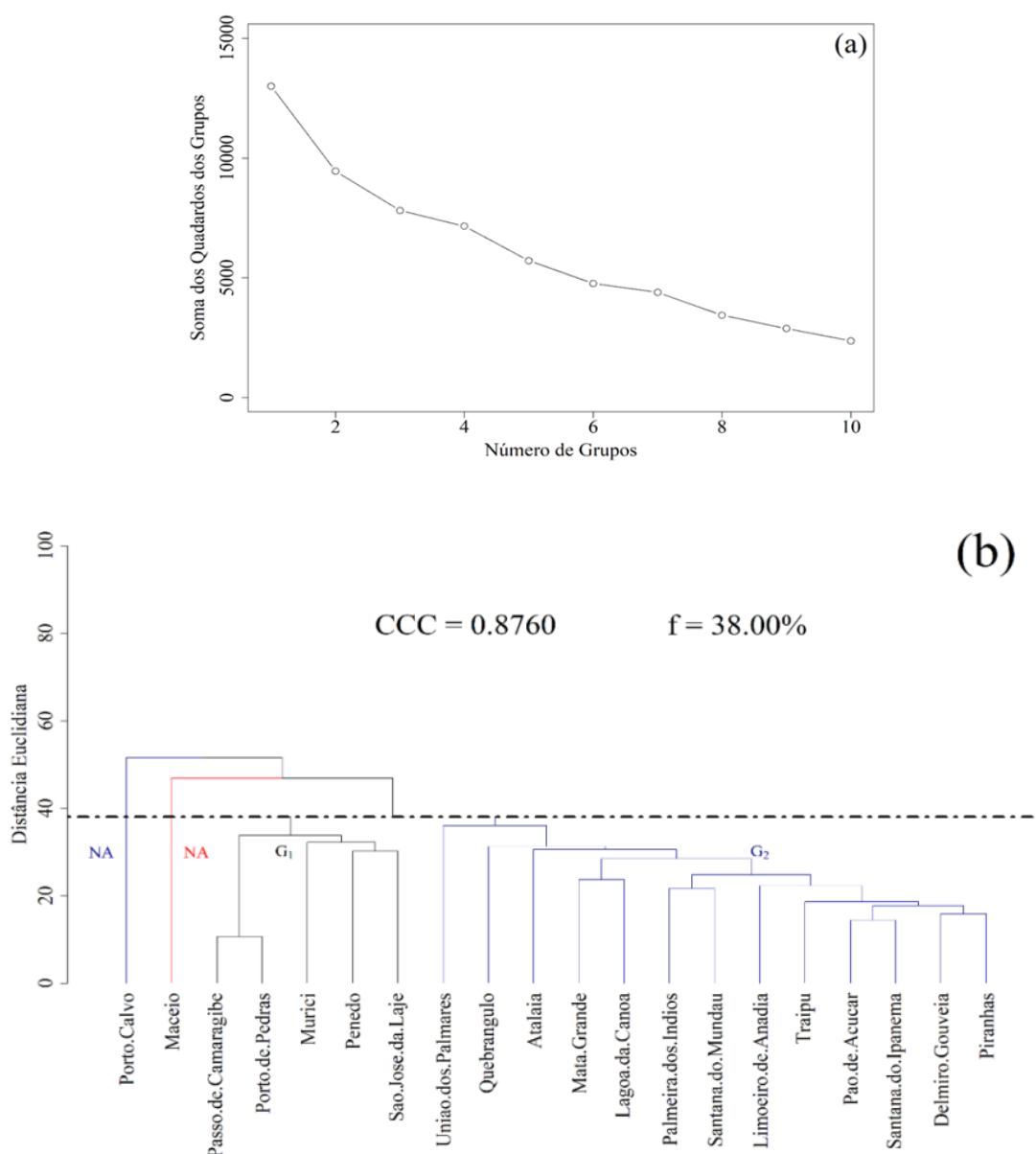
**Tabela 5:** Resumo dos métodos de análise de agrupamento aplicados à série temporal de precipitação (1960-2016) com CCC e significância, respectivamente.

Métodos	CCC	Significância
Ward	0,6175	NS
Single	0,7149	NS
Complete	0,8356	NS
Average	0,8760	S
McQuitty	0,8226	NS
Median	0,8504	NS
Centroid	0,8606	NS

**Nota:** † NS, S não é significativo e significativo, respectivamente, com teste de significância ao nível de probabilidade de 0,05.

A soma do quadrado dos clusters para as 20 estações estudadas (Figura 9a) permitiu a identificação de um número ideal de dois grupos homogêneos associados às chuvas mensais. O dendrograma é mostrado na Figura 9 (b) indica uma porcentagem de 38,00% para a linha de fenon (f, ou seja, desenho de linha na distância de ligação), e dois grupos pluviométricos homogêneos (G1 e G2) são formados. O grupo G1 ( $1503,33 \pm 243,96$  mm) é o menor grupo formado pelas estações Passo de Camaragibe, Porto de Pedras, Murici, Penedo e São José da Lage (25%), o grupo G2 ( $869,66 \pm 255,67$  mm) é o maior grupo formado (65% das estações). Ressalta-se, ainda, a formação de dois grupos não homogêneos (NA) considerados atípicos, com valores superiores à linha do fenômeno no dendrograma, correspondendo às estações Maceió e Porto Calvo ( $1865,04 \pm 37,81$  mm) - (10%), pertencentes a Mesorregião do Leste de

Alagoas. Essas estações que foram identificadas como NA se devem às características climáticas do local, que por sua vez, influenciam o regime de chuvas (SOUZA et al., 1992; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021). O CCC obtido para o dendrograma foi de 0,8760 com ajuste satisfatório ( $CCC < 0,7$ ) e indicou a adequação da técnica CA - (SOKOL e ROHLF, 1962). Resultados anteriores e semelhantes para outras regiões do Brasil (BRITO et al., 2017; TEODORO et al., 2016; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2017) corroboram com os resultados obtidos no estudo.



**Figura 9:** Soma dos quadrados dos grupos (a) e dendrograma de conexão média para grupos homogêneos de precipitação (G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>) e grupos não homogêneos (NA) - (b) para as 20 estações meteorológicas no estado de Alagoas entre 1960 a 2016.

Em relação à estatística descritiva, os grupos G1 e NA apresentaram as maiores médias mensais e desvio padrão da precipitação, ao contrário do grupo G2, com os menores valores médios mensais e desvio padrão da precipitação, destacando-se Delmiro Gouveia ( $42,49 \pm 47,72$  mm) e Piranhas ( $41,67 \pm 49,22$  mm). Para a mediana, na maioria das estações, observam-se valores da mediana abaixo da média, segundo Gois et al. (2020) isso se deve à influência dos valores extremos de precipitação (*outliers*) - (Tabela 6). - (Warrick e Nielsen, 1980). Vale ressaltar as estações no grupo G2, com valores de CV% > 100%, por exemplo, Delmiro Gouveia (CV = 112,31%), Piranhas (CV = 118,10%), Pão de Açúcar (CV = 106,40%) e Santana do Ipanema (CV = 102,72%) - (Sertão Alagoano), Palmeira dos Índios (CV = 100,10%) e Quebrangulo (CV = 112,60%) - (Agreste Alagoano) - (Figura 1 e Tabela 1). Vale destacar que as chuvas máximas foram identificadas em todos os grupos homogêneos, com destaque para as estações de Porto Calvo (855,00 mm) e Maceió (788,50 mm) - (NA), São José da Laje (829,00 mm) - (G1) e Quebrangulo (1135,00 mm) - (G2). As estações citadas destacam-se pelos maiores totais pluviométricos (LYRA et al., 2014; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021) e erosividade mensal e anual, segundo Souza et al. (2020).

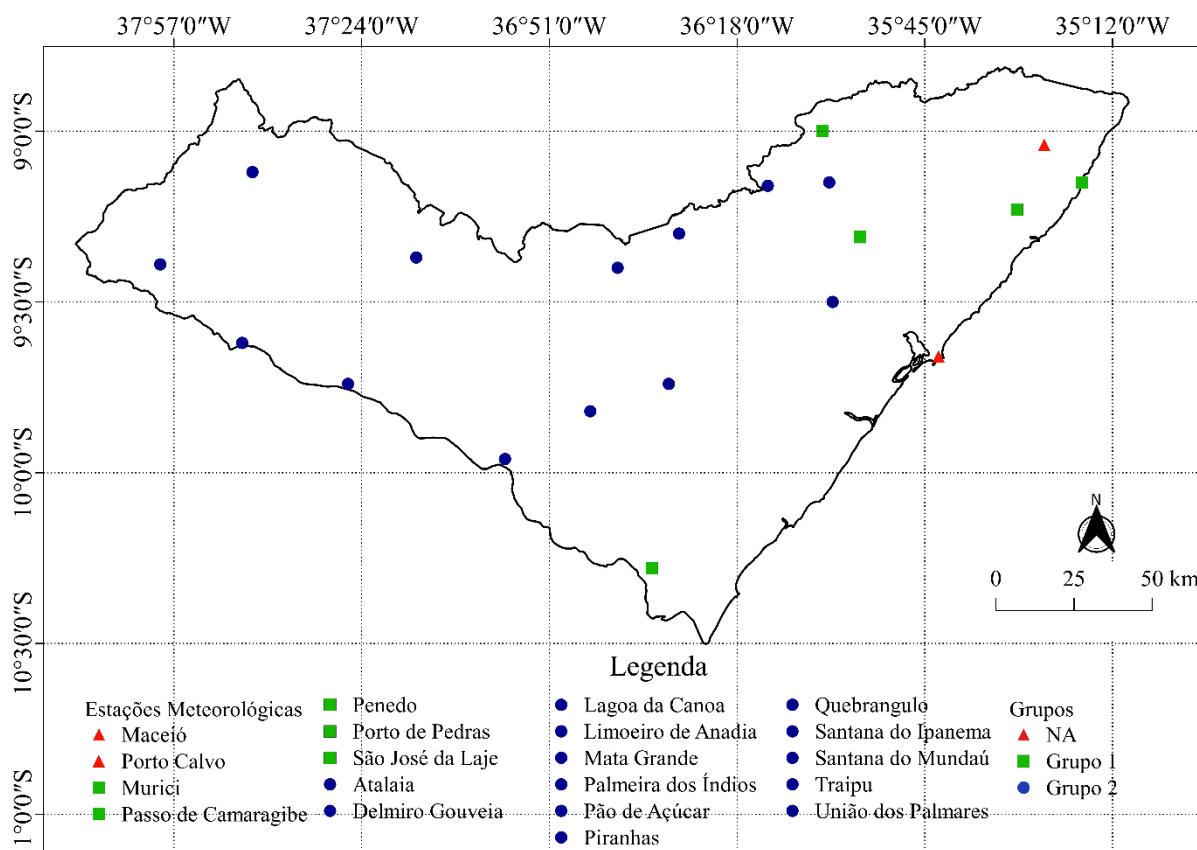
**Tabela 6:** Resumo estatístico (média, mediana, mínimo, máximo, desvio padrão - DP e coeficiente de variação - CV%) dos grupos homogêneos de precipitação (G1 e G2) e não homogêneos (NA) das 20 estações meteorológicas pertencentes ao estado de Alagoas.

Grupos	Estações	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)
G <sub>1</sub>	Murici	119,70	86,23	0,00	603,00	110,50	92,31
	Passo de Camaragibe	153,01	122,45	0,00	659,80	125,68	82,14
	Penedo	102,21	75,50	0,00	621,00	99,68	97,52
	Porto de Pedras	138,39	107,00	0,00	641,10	123,76	89,43
	São José da Laje	113,07	81,00	0,00	829,00	111,96	99,02
G <sub>2</sub>	Delmiro Gouveia	42,49	28,00	0,00	331,00	47,72	112,31
	Piranhas	41,67	26,00	0,00	354,40	49,22	118,10
	Pão de Açúcar	44,47	31,48	0,00	412,40	47,32	106,40
	Santana do Ipanema	59,16	41,00	0,00	384,00	60,77	102,72
	Mata Grande-	86,48	71,82	0,00	463,00	74,37	85,99
	Lagoa da Canoa	80,83	62,77	0,00	466,00	70,86	87,66
	Limoeiro de Anadia	77,14	54,77	0,00	535,90	74,14	96,11
	Palmeira dos Índios	76,30	53,35	0,00	394,00	76,38	100,10
	Quebrangulo	95,25	61,50	0,00	1135,00	107,25	112,60
	Traipu	55,96	42,19	0,00	367,00	51,56	92,15
	Atalaia	100,04	75,00	0,00	568,00	96,90	96,86
	Santana do Mundaú	84,65	68,10	0,58	463,00	76,19	90,00
	União dos Palmares	97,69	73,50	0,00	488,00	94,41	96,65
NA	Maceió	153,19	121,00	0,00	788,50	136,42	89,05
	Porto Calvo	157,65	131,00	0,00	855,00	121,31	76,95



### 5.5.2 Espacial

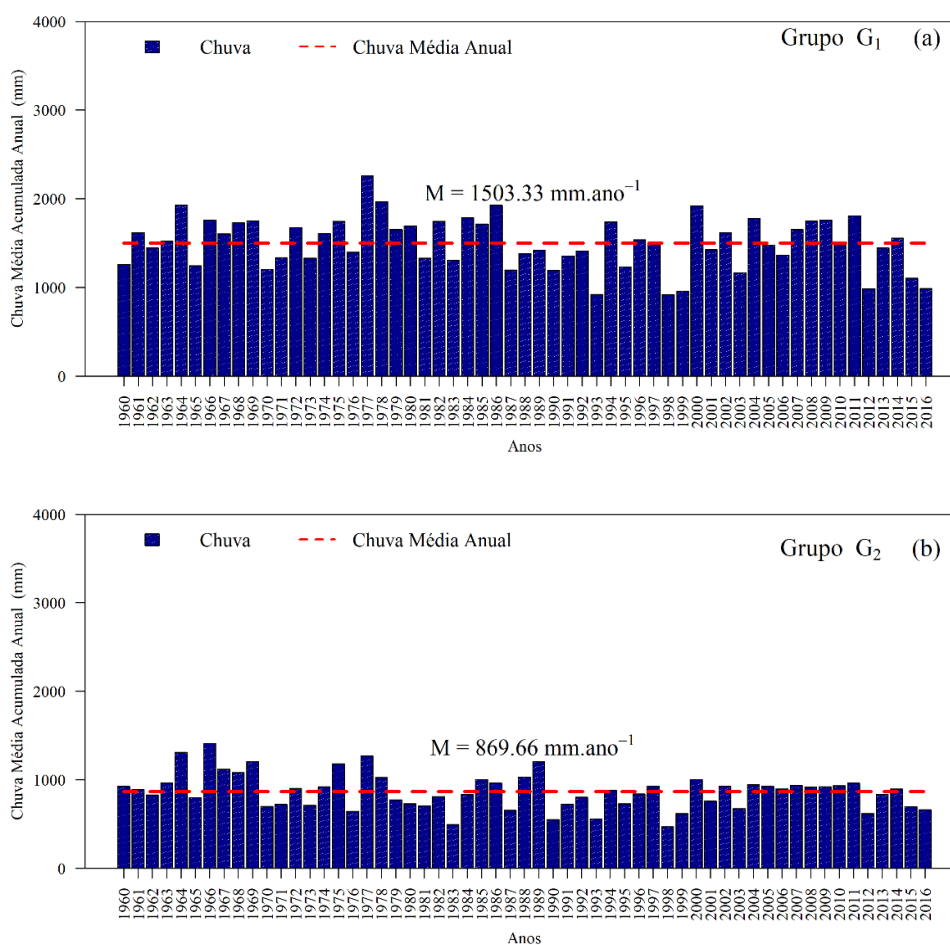
Espacialmente, o grupo G1 encontra-se apenas no litoral (Leste de Alagoas), sendo influenciado pelos seguintes sistemas meteorológicos, por exemplo, brisas marítimas / terrestres, ZCIT, CTSV, DOVA, CIVA, DOL e LI - (RAO et al., 1993; MOLION e BERNARDO, 2002; LYRA et al., 2014; SOUZA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2020; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021), enquanto o grupo G2 cobriu todas as mesorregiões climáticas de Alagoas, do litoral (Leste Alagoano) ao interior do Estado (Sertão e Agreste Alagoana) e, portanto, foi influenciado por sistemas meteorológicos multiescala - (RAO et al., 1993; LYRA et al., 2014; VALE SILVA et al., 2018; COSTA et al., 2021). As estações meteorológicas correspondentes a NA, Maceió (ID 14, Figura 1) que está localizada na Região Metropolitana de Maceió (MRM), é diretamente influenciada pelas chuvas de convecção locais e circulações combinadas das brisas lagunares e marítimas / terrestres (DA SILVA et al., 2010; CORREIA FILHO et al., 2019b; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021) e o outro é Porto Calvo (ID 13, Figura 1) localizada no extremo norte do estado e, portanto, sendo influenciado principalmente pelo ZCIT(SOUZA et al., 1992; RAO et al., 1993; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2012), seguido da brisa marítima / terrestre, CTSV, DOVA, CIVA, DOL e LI - (RAO et al., 1993; MOLION E BERNARDO, 2002; LYRA et al., 2014; SOUZA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2020; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021). Cada grupo apresentou resultados espaço-temporais distintos, mas com algumas particularidades decorrentes do desempenho de sistemas meteorológicos e fatores locais (por exemplo, relevo, continentalidade / marítima, mesoescala e circulações locais), semelhantes aos resultados obtidos por Uele et al. (2017) para o Sul de Moçambique, África do Sul e, recentemente Rodrigues et al. (2020) que determinaram cinco grupos homogêneos via produto 3B42 do satélite TRMM para todo o NEB, utilizando a técnica CA.

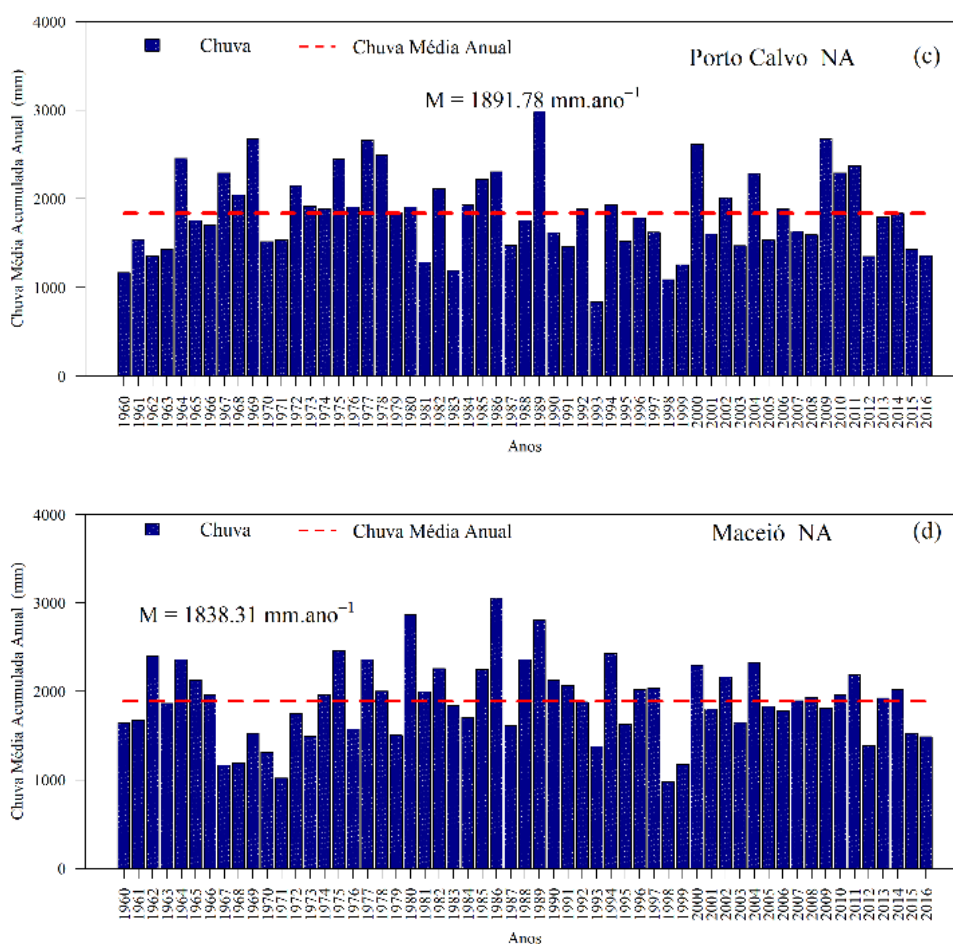


**Figura 10:** Distribuição espacial de grupos homogêneos de precipitação (Grupos 1 e 2) e grupos não homogêneos (NA) para as 20 estações meteorológicas no estado de Alagoas entre 1960 a 2016.

Com base na técnica AC, foi feita a distribuição temporal dos grupos formados (G1 e G2) e das estações NA (Porto Calvo e Maceió), conforme mostra a Figura 11. No grupo G1, os anos entre 1963 e 1976 foram marcados por anos chuvosos ( $> 1503,33 \text{ mm.ano}^{-1}$ ) na região de estudo (Figura 11a), sendo anos caracterizados pelas fases positivas de ENOS e o período pela mudança de fase ODP e, impactando nos padrões de chuvas em Alagoas e ENEB (KAYANO E ANDREOLI, 2004; LYRA et al., 2017; DA SILVA et al., 2020), assim como o grupo G1 está inserido na mesorregião Leste Alagoano, com maiores registros de chuva anual (LYRA et al., 2014; SOUZA et al., 2020; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021). De 1977 a 2016, ocorre uma redução significativa da precipitação no grupo G1, que corresponde ao menor grupo homogêneo em Alagoas definido pela CA (Figura 9) e especialmente (Figura 10). No grupo G2, ao contrário do grupo G1, houve alternância de anos chuvosos e secos devido às fases positivas e negativas do ENOS (OLIVEIRA et al., 2012; LYRA et al., 2017; COSTA et al., 2021), sendo o maior grupo homogêneo e que abrange todas as mesorregiões climáticas de Alagoas ( $> 869,66 \text{ mm.ano}^{-1}$ ) na região de estudo (Figura 11b). Na estação de Porto Calvo, houve um aumento significativo da precipitação acumulada de 2000 a 2011, exceto para o período de 1990 a 1999, os demais anos foram todos abaixo da média ( $< 1891,78 \text{ mm.ano}^{-1}$ ) -

(Figura 11c). Vale ressaltar que a estação está localizada do ambiente costeiro (Figura 1) e, portanto, a maior ocorrência de chuvas originadas pela atuação da DOVA, circulações de brisa e DOL (MOLION E BERNARDO, 2002; PONTES DA SILVA et al., 2011 ; LYRA et al., 2014; VALE SILVA et al., 2018; SOUZA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2020). A estação Maceió (Figura 11c) foi semelhante à estação Porto Calvo na formação do grupo homogêneo (NA), com diferença na sua média (1838,31 mm.ano<sup>-1</sup>). A estação Maceió tem alternância de anos chuvosos e secos, devido às fases com anomalias positivas e negativas comuns ao ENOS no ENEB (MOLION e BERNARDO, 2002; OLIVEIRA et al., 2012; LYRA et al., 2017; DA SILVA et al., 2020). Vale destacar que a estação é próxima ao complexo Lagunar Mundaú na MRM, onde ocorre um acoplamento entre as circulações de brisa marítima / terrestre e brisa lagunar, intensificando como chuvas na região (DA SILVA et al., 2010; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021), além de chuvas convectivas provocadas pelo efeito da urbanização (CORREIA FILHO et al., 2019b).





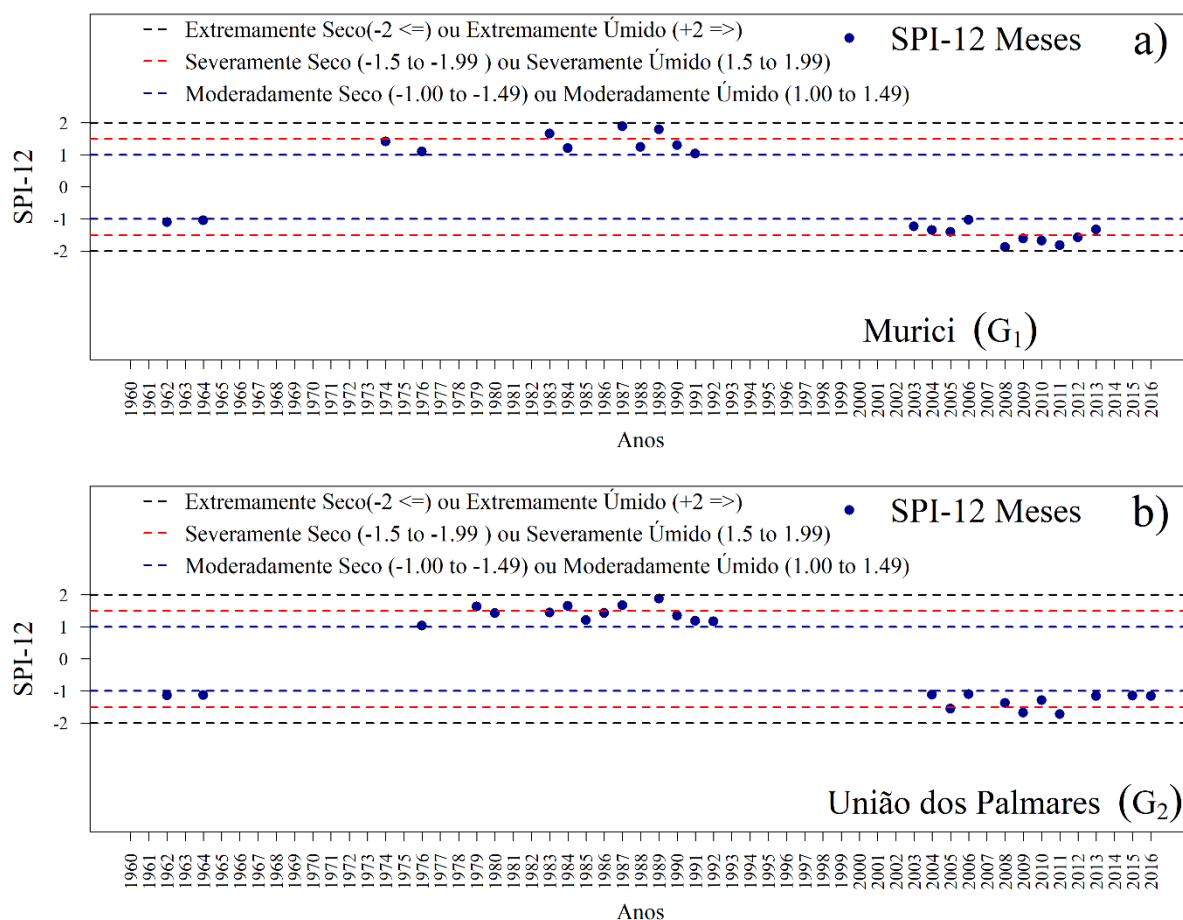
**Figura 11:** Distribuição temporal da precipitação e média anual (mm) no Grupo 1 (a), Grupo 2 (b), Porto Calvo (c) e Maceió (d) no estado de Alagoas entre 1960 a 2016.

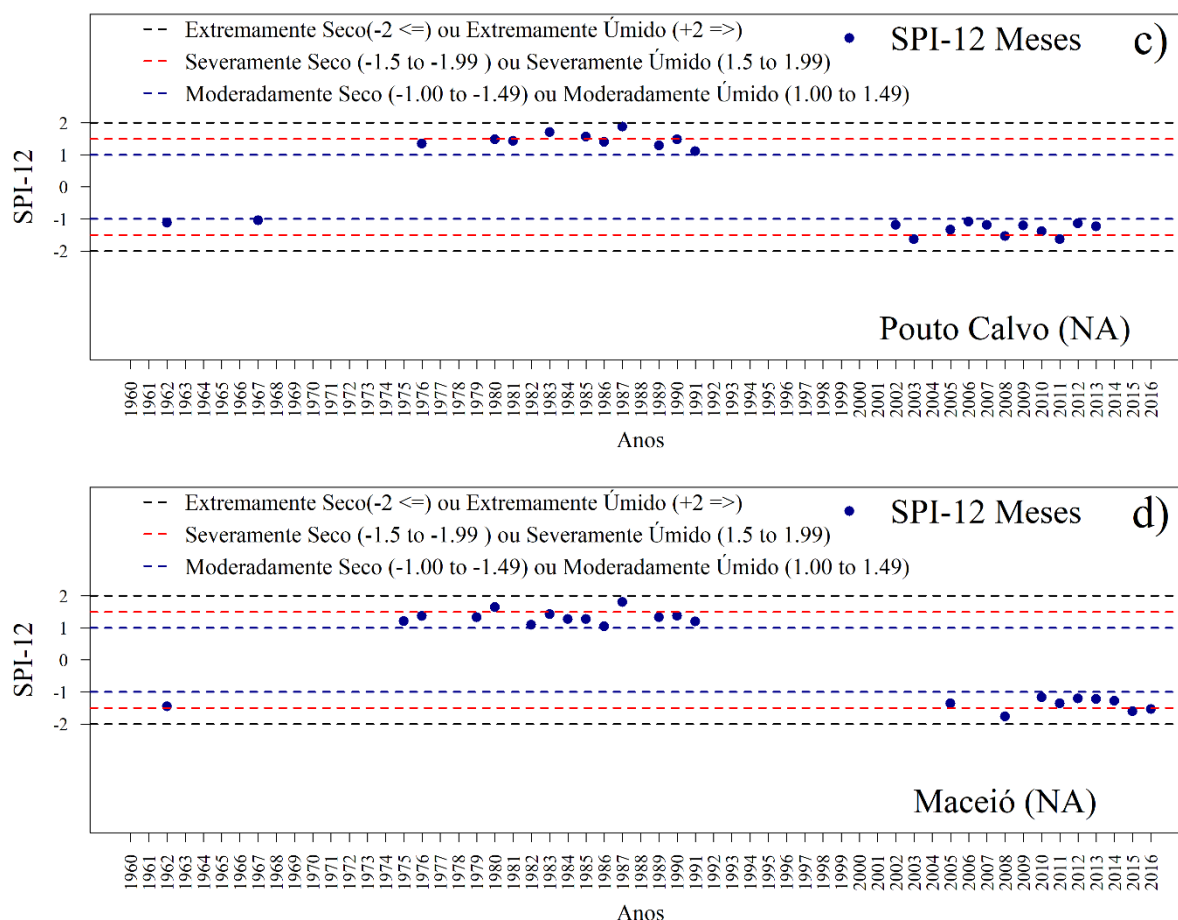
## 5.6 Análise Multivariada aplicada ao SPI-12

### 5.6.1 Anual

A distribuição temporal dos grupos homogêneos do SPI-12 no estado de Alagoas (Figura 12) mostrou que o período seco se destacou no período chuvoso. No início da série temporal houve dois eventos moderadamente secos (1962 e 1964) no grupo G1 (Figura 12 a), seguido de nove eventos alternados nas categorias úmidas entre as décadas de 1970 a 1990 e no período de 2000 a 2016, dez eventos ocorrendo nas categorias secas, conforme SPI (Tabela 2). Vale ressaltar que o período de 2000 a 2016 houve secas severas em todo NEB, sendo identificado em estudos anteriores (CUNHA et al., 2018; MARENGO et al., 2018; CORREIA FILHO et al., 2018). A variabilidade dos eventos úmidos e secos no grupo G2 (Figura 12b) foi semelhante ao grupo G1, houve dois eventos moderadamente secos (1962 e 1964), a exceção foi entre as décadas de 1970 a 1990 com doze eventos nas categorias úmidas e dez eventos secos entre 2000 e 2016. Tal similaridade entre os eventos categorizados via SPI,

podem ter sido ocasionadas em virtude de ambos os grupos homogêneos possuírem regiões pertencentes à mesorregião climática do Leste Alagoano (ALVARES et al., 2013; IBGE, 2020; SOUZA et al., 2020). Na estação Porto Calvo (Figura 12c) também houve dois eventos moderadamente secos (1962 e 1967), semelhante aos grupos G1 e G2, alternância de doze eventos nas categorias úmidas 1970 a 1992 e dez casos secos entre 2000 e 2016, ao contrário, da estação Maceió (Figura 12d), com apenas um evento severamente seco (1962) no início da série temporal, mas com o mesmo padrão nos anos 1970 a 1990 com treze casos úmidos e nove casos secos entre 2000 e 2016.





**Figura 12:** Distribuição temporal do SPI-12, estação Murici (a - grupo homogêneo G1), União dos Palmares (b - grupo homogêneo G2), Porto Calvo (c - grupo NA) e Maceió (d - grupo NA) para o período de 1960 a 2016.

A variação interanual do SPI aponta para períodos de seca e chuva em Alagoas, semelhante ao estudo realizado por Liu et al. (2018) para caracterizar secas e inundações em Quanzhou, China, com dados de 55 anos de SPI entre 1960 e 2014. Outro resultado importante encontrado no estudo foi à variabilidade do SPI-12 nas categorias úmidas nas décadas de 1970 e 1980, seguido por as categorias secas da década de 2000, e na década de 1960 com no máximo dois casos secos (Figura 9). Essa variabilidade decadal dos períodos secos e úmidos no Estado de Alagoas se deve à ação dos modos de variabilidade climática, por exemplo, ENOS, ODP e GTSMIA que atuam diretamente no regime de chuvas no estado (LYRA et al., 2017; DA SILVA et al., 2010; LYRA et al., 2017; CORREIA FILHO et al., 2019; DA SILVA et al., 2020; COSTA et al., 2021), ao contrário, Dabanlı et al. (2017) mostrou apenas o ENOS no SPI nas escalas trimestral e anual para quatro regiões de seca homogênea na Turquia, com a frequência de seca de longa duração variando de 10 a 20 anos. Grupos homogêneos de chuva próximos à região litorânea apresentam maior variabilidade nos períodos de seca e chuva do que grupos que se formaram no interior do estado (Figura 9).

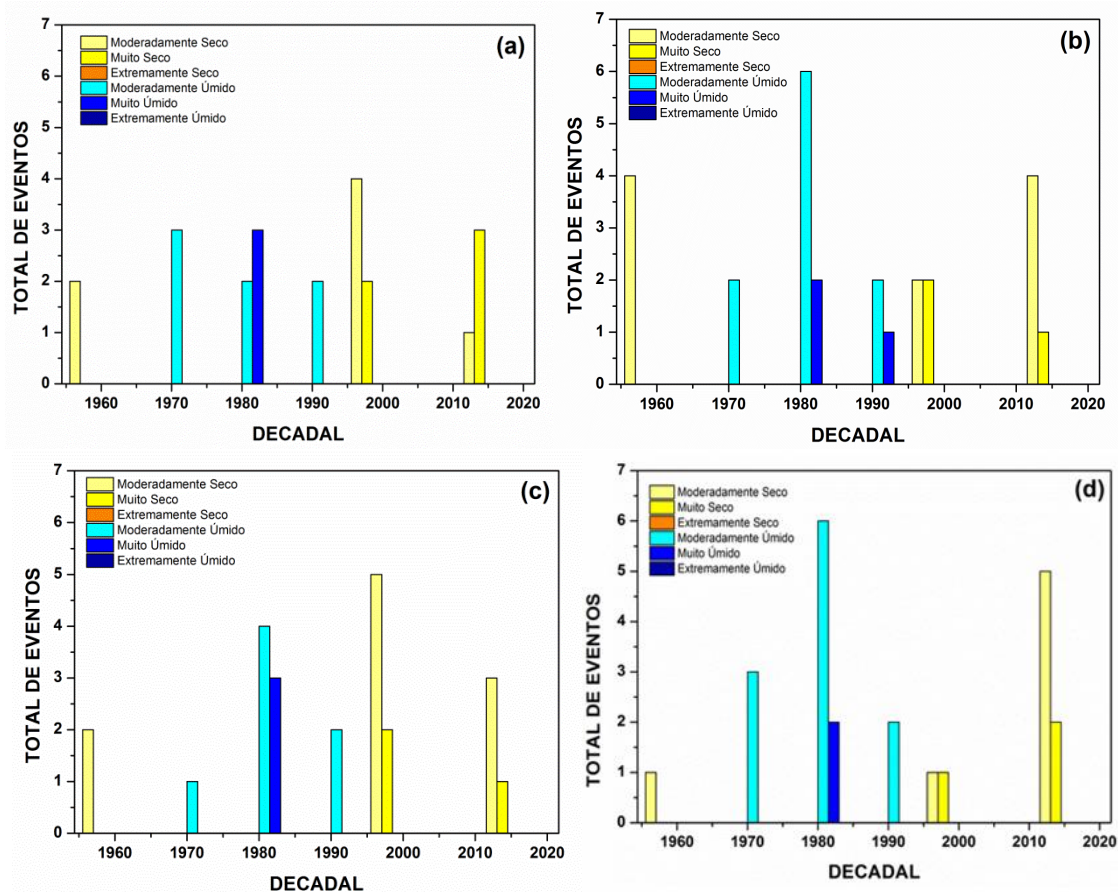
Os resultados obtidos neste estudo corroboram os achados de Oliveira et al. (2012) no estado de Alagoas para todas as categorias adotadas neste estudo. Cunha et al. (2018) recomendam o SPI para monitorar a seca no NEB devido à sua simplicidade e recurso multiescala para quantificar a umidade anormal e a seca. No entanto, o SPI é baseado em registros de dados de longo prazo coletados por estações pluviométricas, o que é o caso em nosso estudo (1960-2016).

### 5.6.2 Decadal

Na avaliação decadal dos eventos do SPI-2 para o grupo G1 (Figura 10a), houve ocorrências nas categorias de umidade moderada e muito úmida nas décadas entre 1970 e 1990, exceto para a categoria de extrema umidade, enquanto todas as categorias de seca (Tabela 2) ocorreram de 1995 a 2016 e no início da série histórica correspondente ao norte de Alagoas. O período decadal das categorias úmidas corrobora a distribuição temporal (Figura 8a) e a influência das fases ENOS, e o período pela mudança da fase ODP nos padrões de precipitação em Alagoas e ENEB (KAYANO E ANDREOLI, 2004; LYRA et al., 2017; DA SILVA et al., 2020; COSTA et al., 2021), enquanto o período decadal com maior ocorrência de categorias secas corrobora com estudos recentes realizados para a região semiárida (MARENCO et al., 2018), os biomas (CORREIA FILHO et al., 2019a) e todo o NEB (CUNHA et al., 2018). No grupo G2 (Figura 10b), houve maiores ocorrências na categoria moderadamente úmida do que muito úmida nas décadas entre 1970 e 1990; novamente, a exceção foi à categoria extremamente úmida. Na categoria seca do SPI-12, foram evidenciadas as categorias moderada e muito seca. Não houve ocorrência da categoria extremamente seca neste grupo, ao contrário do grupo G1, uma vez que o grupo G2 abrange todas as mesorregiões climáticas do estado (Figura 7). Houve semelhança entre os grupos G1 e G2, quanto à ocorrência de eventos de seca de 1995 a 2016 e no início da série histórica. Na estação de Porto Calvo, houve predominância das categorias moderadamente seca (início da década de 1960 e final da década de 1990) e úmida (décadas de 1970 a 1990), seguido da categoria muito seca (décadas de 2000 e 2010) e a categoria úmida (década de 1980) - (Figura c). O destaque para os maiores eventos úmidos e secos ocorre na categoria moderadamente seca, pois a região é influenciada pelo microclima local (SOUZA et al., 1992; MOLION E BERNARDO, 2002; NASCIMENTO e XAVIER, 2010). A estação de Maceió era semelhante à estação de Porto Calvo em relação à variabilidade das categorias do SPI (Figura 10d), exceto as categorias extremamente seca e úmida que não foram identificados em ambas às estações. Isso se deve ao fato da estação estar próxima a ambos os grupos e próxima ao



ambiente costeiro que define o padrão de eventos de chuva e seca na região semelhante aos resultados obtidos anteriormente por Oliveira Júnior et al. (2012) para Alagoas, NEB, Sobral et al. (2019) para Rio do Janeiro, Sudeste do Brasil e Uele et al. (2017) para o Sul de Moçambique, África Austral, aos aspectos fisiográficos.



**Figura 13:** Distribuição decadal do total de eventos SPI-12 e suas respectivas categorias, estação Murici (a - grupo homogêneo G1), União dos Palmares (b - grupo homogêneo G2), Porto Calvo (c - grupo NA) e Satuba (d - grupo NA) para o período de 1960 a 2016.



## 6 CONCLUSÕES

Climatologicamente, a precipitação anual no estado de Alagoas tem dois períodos bem definidos: entre 1960 e 1990 (P1) e entre 1990 e 2016 (P2). Ambos os períodos temporais se alternam entre anos chuvosos e secos, e tal variabilidade temporal está diretamente ligada ao desempenho dos modos de variabilidade climática, principalmente ENOS, com ênfase nas fases de La Niña e Neutro (anos chuvosos) e El Niño (anos secos). No índice pluviométrico mensal, verifica-se um aumento significativo nos meses chuvosos, apenas no Leste Alagoano. A influência do processo de urbanização e as mudanças no uso e ocupação do solo não são descartadas, principalmente a partir da década de 1990 e na região leste de Alagoas. Mais pesquisas sobre este tópico são necessárias com a ajuda de produtos de sensoriamento remoto orbital.

Espacialmente Alagoas segue uma classificação pluviométrica bem definida, sendo definido a partir de abril, com maiores índices pluviométricos na mesorregião Leste, principalmente na Zona da Mata e próximas ao Oceano Atlântico. No interior do estado, o Agreste é uma zona de transição entre o Leste e o Sertão em relação aos totais de chuva nos últimos 56 anos. O Sertão apresenta a menor pluviometria do Estado, exceto no mês de março com registros de chuvas. Tal variabilidade identificada no período de 56 anos é fundamental no planejamento e dimensionamento de recursos hídricos de Alagoas, visto que a economia é predominantemente baseada na agropecuária.

O método de imputação de dados é perfeitamente aplicado à série temporal de dados históricos com resultados satisfatórios para as mesorregiões climáticas de Alagoas. Vale destacar que o método pode ser aplicado para outras regiões do Brasil, visto que as falhas e lacunas temporais são recorrentes nas séries temporais de dados climáticos das principais fontes de dados do país, neste caso, INMET e ANA.

Com base na análise comparativa, através dos sete métodos de ligação da técnica de CA ao estado de Alagoas do presente estudo, o método de ligação média pode representar satisfatoriamente a distribuição de grupos homogêneos de precipitação. Vale ressaltar que outros métodos podem ser utilizados de acordo com o critério CCC, exceto o método de Ward, amplamente utilizado na literatura, mas não é adequado para as condições do presente estudo. O estado de Alagoas possui duas regiões homogêneas bem definidas pelo método de conexão média, uma no litoral (G1) e outra abrangendo as regiões mais próximas ao interior (G2) do Estado. Os dois grupos considerados atípicos, podem estar associados às

características microclimáticas locais (proximidade do ambiente costeiro) que influenciam o regime de precipitação.

O SPI anual pode identificar com sucesso os períodos secos e úmidos, com a ocorrência de eventos ENOS, independentemente da categorização, no estado de Alagoas, uma vez que o SPI-12 pode identificar as mudanças espaço-temporais de secas e chuvas no estado. Com destaque para os eventos úmidos nas décadas de 1970 a 1990 e eventos secos na década de 1960 e entre 2000 a 2016, sendo identificados em todos os grupos homogêneos, com ocorrência de seca severa no NEB. Vale destacar que as categorias do SPI-12 são altamente variáveis nas escalas anuais e decadal em ambos os grupos incluídos no estudo, a exceção são categorias extremamente secas e úmidas. Individualmente, há maior variabilidade nos períodos de seca e chuva próximas ao litoral do que no interior do estado. O estudo demonstra que tais influências ocorrem em escalas temporais diferentes (anuais e decadais) e significativamente distintas, mesmo dentro de uma área de um estado relativamente pequeno como Alagoas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J. L.; STENSRUD, D. J. **Impact of tropical Lesteerly waves on the North American monsoon.** Journal of Climate, 20(7):1219-1238p, 2007.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Monitor de secas.** Disponível em: <<http://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=5&ano=2020>> Acesso em 24/06/2020.

ALBUQUERQUE, C. S. M. **Estudos das Trajetórias dos Complexos Convectivos de Mesoescala no Nordeste Brasileiro entre os Anos de 1999 e 2009.** Maceió. 2011, 78 p, Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Ciências Atmosféricas-ICAT. Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2011.

ALBUQUERQUE, M. A. **Estabilidade em Análise de Agrupamento (Cluster Analysis).** 2005. 62f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Física e Matemática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

ALCÂNTARA, C. R. **Linha de instabilidade da Amazônia: estudo de caso e importância das características do perfil do vento na sua formação e desenvolvimento.** Ciência e Natura. UFSM-Universidade Federal de Campina Grande; Campina Grande, PB, 197-226p, 2011.

ALCÂNTARA, C. R; SOUZA, E. P; DIAS, M. A. F. S; BIAZETO, B. **Influência dos Jatos em Médios e Baixos Níveis nos Processos de Nuvem:Estudo Numérico de uma Linha de Instabilidade Amazônica.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.29, n.1, 29 - 46, 2014.

ALVARES, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK,G. **Köppen’s climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>, 2013.

ALVARES, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK,G. **Köppen’s climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>, 2013.

ALVAREZ, M. S., ·. C. S. VERA, ·. G. N. KILADIS, ·. B. LIEBMANN, C. S. VERA, G. N. KILADIS, B. LIEBMANN. **Influence of the Madden Julian Oscillation onprecipitation and surface air temperature in South America.** Clim Dyn, 2015.

ALVES, J. M. B; FERREIRA, F. F; CAMPOS, J. N. B; ASSIS, F. A. S. F; SOUZA, E. B; DURAN, B. J; SERVAIN, J; STUDART, T. M. **Mecanismos Atmosféricos Associados à**

**Ocorrência de Precipitação Intensa sobre o Nordeste do Brasil Durante janeiro/2004.**

Revista Brasileira de Meteorologia, v.21, n.1, 56-76, 2006

ALVES, J.M.B. **Um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis sobre o Nordeste do Brasil e, Atlântico Adjacente no verão de 1999.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 16, n.1.,115-122, 2001.

ALVES, K. M. A. S. **Variabilidade pluvial no semiárido brasileiro: Impactos e vulnerabilidades na paisagem da bacia hidrográfica do rio Moxotó.** Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

ANA - **Agência Nacional de Águas. Hidroweb.** 2020. Available in <http://hidroweb.ana.gov.br>.

ANA - **Agência Nacional de Águas. Hidroweb.** 2020. Available in <http://hidroweb.ana.gov.br>.

ANDRADE, F. M; ARAVÉQUIA, J. A; MARTON, E. **Modos de variabilidade sazonal associados à ZCAS.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012.

ANDRADE, K. M. **Climatologia e Comportamento dos Sistemas Frontais Sobre a América Do Sul.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2005.

ANDRADE, L. S; **Variabilidade Decadal da Zona de Convergência Intertropical e sua Influência na Pluviosidade da Região Norte do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia: Processos de Superfície Terrestre). Universidade Federal de Alagoas 73p, 2007.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. **A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 22, n.1, p.63-74, 2007.

ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. **Variabilidade, Tendência, Anomalia e Mudança Climática.** Departamento de Engenharia de Biosistemas - setor de Agrometeorologia - ESALQ/USP – 2010.

ARAÚJO JÚNIOR, L. M. SILVA, E. M, COSTA, A. A; SALES, D.C; VASCONCELOS, F. C; GUIMARÃES, S.O. **Avaliação dos recursos eólicos simulado no estado do Ceará: um**

**estudo de caso para o El Niño 97/98 e para La Niña 98/99.** Revista Brasileira de Meteorologia, p. 139–152, 2014a.

ARAÚJO JÚNIOR, L. M. SOUZA. F. F. A; SILVEIRA, C. S; DIAS, T. A. DOSS- GOLLIN J. **Análise Dos Eventos De Seca No Nordeste Setentrional Brasileiro Com Base No Índice De Precipitação Normalizada. Spi E Nordeste Setentrional**, V. Xii Simpósio De Recursos Hídricos Do Nordeste, 2014b.

ARAÚJO, J. C. **As barragens de contenção de sedimentos para conservação de solo e água no semiárido.** In: Tecnologias Apropriadas para Terras Secas, Ceará, 2006.

ARAÚJO, P. H. C; CUNHA, D. A; LIMA, J. E; FÉRES; J. G. **Efeitos da Seca Sobre a Produtividade Agrícola dos Municípios da Região Nordeste.** IX Encontro de Economia Baiana. 151-167 p, 2013.

ARAÚJO, R.F; NELSON. B. W; CHAMBERS, J. Q; TAVARES, J. V; CELES, C. H. S. **Extensão e distribuição de derrubadas por vento na Amazônia, associados a uma única linha de instabilidade em janeiro de 2005.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, 2013 .

ARAÚJO, S. M. S. **A REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE DO BRASIL: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos.** Rios Eletrônica- Revista Científica da FASETE. ano 5 n. 5, 2011.

ASA BRASIL. **Um milhão de Cisternas.** Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/>. Acesso em: 8 de set.2020.

ASENSIO, A. M; MARCOS, M; TSIMPLIS, M. N; GOMIS, D; JOSEY, S; JORDÁ, G; **Impact of the atmospheric climate modes on Mediterranean sea level variability.** Global and Planetary Change, 1-15p, 2014.

ASSUNÇÃO, M; DIAS, F. S; ROZANTE, J. R; MACHADO, L. A. T. **Complexos Convectivos de Mesoescala da na América do Sul .** In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

AVELS, T. L. B; AZEVEDO, P. V. **Caracterização dos Efeitos das Secas no Semiárido Paraibano.** Expedição do semiárido, 2013;

AZEVEDO, M. B; MEIRA, M, M. C. **A Necessidade de Uma Gestão Pública Eficaz para Amenizar os Efeitos da Seca na Região Nordeste. Gestão Ambiental e Políticas Públicas.** IX Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, XV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental e III Fórum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade, Belo Horizonte, 2017.

AZEVEDO, S. C. D.; CARDIM, G. P.; PUGA, F.; SINGH, R. P.; SILVA, E. A. **D. Analysis of the 2012-2016 drought in the northLeste Brazil and its impacts on the Sobradinho water reservoir.** Remote sensing letters, v. 9, n. 5, p. 438 - 446, 2018.

AZEVEDO, S. C. D.; CARDIM, G. P.; PUGA, F.; SINGH, R. P.; SILVA, E. A. **D. Analysis of the 2012-2016 drought in the northLeste Brazil and its impacts on the Sobradinho water reservoir.** Remote sensing letters, v. 9, n. 5, p. 438 - 446, 2018.

BAED, A. P. M; AHLONSOU, E; DING, Y; SCHIMEL. D; BOLIN, B; POLLONAI. S. **The Climate System: an Overview.** In: HOUGHTON, J.T. et al. (Eds.). . Climate Change: The Scientific Basis. CAMBRIDGE ed. Cambridge: [s.n.]. p. 87-98,2001.

BARACUHY, V; PEREIRA, J. P. G; FERREIA, A. C; SILVA, V. F; SILVA, NICOLA. **Qualidade das águas cinza tratada com fitorremediação em unidades de produção agrícola.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável -Revista Verde (Pombal - PB - Brasil) v. 10, n.1, p. 187 – 192, 2015.

BARBOSA, N. F. M; STOSIC, B. D; STOSIC, T; LOPES, P. M. O; MOURA, G. B. A; MELO, J. S. P. **Kernel smoothing dos dados de chuva no Nordeste.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.18, n.7, p.742–747, 2014.

BARROS, A. H. C., ARAÚJO, J., SILVA, A., & SANTIAGO, G. **Climatologia do Estado de Alagoas Dados eletrônicos.** Recife: Embrapa Solos, 2012. 32 p.; il. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Solos*, ISSN, 1678-0892, 2012.

BARROSO, L. B; WOLFF, D. B. **Reuso de Esgoto Sanitário Na Irrigação de Culturas Agrícolas.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 225-236, 2011;

BASTOS, F. H; CORDEIRO, A. M. N. **Fatores Naturais na Evolução das Paisagens no Semiárido Brasileiro: Uma Abordagem Geral.** REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.464–476, 2012.

BERGAMASCHI, H; DALMAGO, G. A; SANTI, A; CUNHA, G. R. **A “Seca” no Enfoque Agrônômico.** In: FEDERACITE (Org). Sustentabilidade como fator de competitividade em

sistemas agropecuários. Esteio: FEDERACITE, Federação dos Clubes de Integração e Troca de Experiência, p. 80-100, 2011.

BERRY, G.; THORNCROFT, C.; HEWSON, T. **African Lesteerly Waves during 2004-Analysis Using Objective Techniques**. American Meteorological Society, v. 135, Issue 4, 1251-1267p, 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo. Ícone, 2012.

BEZERRA, D. E. L; LIMA FILHO, P; EDNALDO JÚNIOR, B. P; AZEVEDO, P. R. L; SILVA; E. A. **Reuso de água na irrigação de mudas de mamoeiro no Semiárido brasileiro**. Revista Verde. v. 14, n.1, p.05-11, 2019.

BEZERRA, J. M. **Configuração meteorológica do verão (2013-2014) anormalmente quente das regiões Sul e Sudeste do Brasil**. 96p, Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, 2016.

BEZERRA, N. F. **Água no semi-árido nordestino**. Org.: Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido. Fundação Konrad Adenauer. Fortaleza, n 24, 2002.

BLAIN, G. C; BRUNINI, O. **Análise Comparativa dos índices de seca de Palmer, Palmer Adaptado e índice padronizado de precipitação no estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. v.22, n. n.1, p. p.105-111, 2007.

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**. Agrometeorologia. Bragantia, Campinas, v.64, n.4, p.695-705, 2005.

BLAIN, G. C; PEZZOPANE, J. R. N; PEZZOPANE, J. E. M; BONOMO, R. **Índice padronizado de precipitação aplicado às condições de seca no Estado do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.10, p.1067–1073, 2010.

BLAMEY, R. C. REASON, C. J. C. **Mesoscale Convective Complexes over Southern Africa**. American Meteorological Society, v25, 753-766p, 2012.

BORSATO, V. A; HIERA, M. D. **Onda de Calor Em outubro De 2014 e os Sistemas Atmosféricos**. Revista Equador (UFPI). Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina- Piauí. Vol. 4, Nº 3, 2015.

- BRITO, J. I. B. **Modelo Regional para Estimativa do Balanço Hídrico Aplicado à Variabilidade Climática do Nordeste do Brasil**. 2000, 148 p., Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.
- BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; SILVA, A. S.; PEREIRA, L. A. **Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano**. Engenharia Agrícola, p.102-109, Pernambuco, 2012.
- BRITO, S. S. B; CUNHA, A. P. M. A; CUNNINGHAM, C. C; ALVALÁ, R. C; MARENGO, J. A; CARVALHO, M. A. **Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid NorthLeste Brazil region**. International Journal of Climatology, 2017.
- BRITO, T. T; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F; LYRA, G. B; GOIS, G; ZERI, M. **Multivariate analysis applied to monthly rainfall over Rio de Janeiro state, Brazil**. Meteorology and Atmospheric Physics, 2016.
- BUUREN, S. V; OUDSHOORN, K.G. **Mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R**. Journal of Statistical Software. 45, 3:1-67. <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v045.i03>, 2011.
- BUUREN, S. V; OUDSHOORN, K.G. **Mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R**. Journal of Statistical Software. 45, 3:1-67. <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v045.i03>, 2011..
- CABRAL, J. J. B; ALMEIDA, H. A. **Influência do Fenômeno El-Niño Sobre o Regime Pluvial na Microrregião de Sousa, Pb**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.904 – 915, 2012.
- CAMARGO, A.P. SENTELHAS, P.C. **Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria. 5,1:89–97, 1997.
- CAMPOS, C. R. J; LIMA, E. C. S; PINTO, L. B. **Complexo Convectivo de Mesoescala Observado em 27/11/2002 no Nordeste da Argentina**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Vol. 31 - 2 / 2008 p. 23-32, 2008.
- CAMPOS, J.N.B., STUDART, T.M.C. **Secas no Nordeste do Brasil: Origens, Causas e Soluções**. In: IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas. ABRH, Foz do Iguaçu, 2001.



CANAMARY, E. A. **Avaliação de índices para fins de monitoramento e previsão de secas no Nordeste setentrional**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 133p, (2015).

CARPENEDO, C. B. **Atividade Convectiva Associada às Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar no Atlântico Tropical e Impactos Climáticos no Estado de Minas Gerais**. Ano 14 – Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, 2018.

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; WANDERLEY, H. S. **Aplicação da cadeia de Markov para dias secos e chuvosos**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.32, n.2, p.207-214, 2017.

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; WANDERLEY, H. S. **Aplicação da cadeia de Markov para dias secos e chuvosos**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.32, n.2, p.207-214, 2017.

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; SILVA, E. C. **Estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo, Alagoas baseada em métodos diretos e sua relação com o El Nino - Oscilação Sul**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 28, n. 2, p. 192–198, 2013.

CARVALHO, L. M. V; JONES, C. **Zona de Convergência do Atlântico Sul**. In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CARVALHO, L. M. V; JONES, C; LIEBMANN, B. **The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall**. American Meteorological Society. Journal of Climate, v17, 88-107p, 2004.

CARVALHO, M. A. V; OYAMA, M. D. **Variabilidade da Largura e Intensidade da Zona de Convergência Intertropical Atlântica: Aspectos Observacionais**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, n.3, 305 - 316, 2013.

CASSOL, P, B; BOHNER, T. **Os Eventos Climáticos e a sua Indissociabilidade na Saúde e na Economia Global**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. REGET/UFMS. v(5), n°5, p. 653 - 657, 2012.

CAVALCANTI IFA, KOUSKY VE. **Frentes Frias sobre o Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F. A., FERREIRA, N. J., JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. Tempo e clima no Brasil. 2009. São Paulo: Oficina de textos. Cap. 9, p. 133-147, 2009.

CAVALCANTI, I. F. A; BRAGA, R. H. M; NETO, L. S. **Linhas de Instabilidade na Costa N-NE da América do Sul**. In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Estudos relativos às mudanças climáticas e recursos hídricos para embasar o plano nacional de adaptação às mudanças climáticas**: fundamentos conceituais – mudanças climáticas e adaptação no setor de recursos hídricos. Fortaleza: 2014.

CHAVES, R. R.; CAVALCANTI, I. F. A. **Eventos extremos de precipitação sobre o sul do Nordeste**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, 2000. p. 1002-1008.

CLOVIS FILHO, G; LOPES, P. R. C; SILVA, P. C. G. **Elementos para Formulação de um Programa de Convivência com a Seca no Semi-Árido Brasileiro**. PETROLINA-PE, 2003.

CONFALONIERI, U. E. C. **Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil**. Terra Livre. v, 1. n, 20. p, 193-204. São Paulo. 2003

COREIA, F. M; GONÇALVES, W. A; ARAGÃO, M. R. S; DINIZ, M. C. S. **Mudanças na Estrutura Termodinâmica da Atmosfera na Presença de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis: Um Episódio de Precipitação Extrema no Semiárido Brasileiro**. Revista Brasileira de Geografia Física 04, 877-890p, 2012.

CORREIA FILHO, W. L. F. ; OLIVEIRA JÚNIOR, JOSÉ FRANCISCO DE ; SANTIAGO, D. B. ; TERASSI, P. M. B. ; TEODORO, P. E. ; GOIS, G. ; BLANCO, C. J. C. ; SOUZA, P. H. A. ; COSTA, M. ; SANTOS, P. J. . **Rainfall variability in the Brazilian northLeste biomes and their interactions with meteorological systems and ENSO via CHELSA product**. Big Earth Data, v. 3, p. 315-337, 2019a.

CORREIA FILHO, W. L. F. ; OLIVEIRA JÚNIOR, José Francisco de ; SANTIAGO, D. B. ; TERASSI, P. M. B. ; TEODORO, P. E. ; GOIS, G. ; BLANCO, C. J. C. ; SOUZA, P. H. A. ; COSTA, M. ; SANTOS, P. J. . **Rainfall variability in the Brazilian northLeste biomes and their interactions with meteorological systems and ENSO via CHELSA product**. Big Earth Data, v. 3, p. 315-337, 2019a.

CORREIA FILHO, W. L. F. ; SANTOS, T. V. ; SANTIAGO, D. B. ; OLIVEIRA-JÚNIOR, JOSÉ FRANCISCO DE ; AMORIM, R. F. C. . **Influence of meteorological variables on reference Evapotranspiration in the State of Alagoas, Brazil, based on multivariate analysis.** MODELING EARTH SYSTEMS AND ENVIRONMENT , v. 1, p. 1-10, 2020.

CORREIA FILHO, W. L. F., SANTIAGO, D. B., OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., SILVA JUNIOR, C. A. **Impact of Urban Decadal Advance on Land Use and Land Cover and Surface Temperature in the City of Maceió, Brazil.** *Land Use Policy*, 87, 104026. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104026>, 2019b.

CORREIA FILHO, W. L. F., SANTIAGO, D. B., OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., SILVA JUNIOR, C. A. **Impact of Urban Decadal Advance on Land Use and Land Cover and Surface Temperature in the City of Maceió, Brazil.** *Land Use Policy*, 87, 104026. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104026>, 2019b.

CORREIA FILHO, W. L. F., SANTOS, T. V., DIOGO, A. M; AMORIM, R. F. C. **Diagnóstico da Precipitação e EVI em Dois Eventos de Seca no Nordeste do Brasil.** *Revista do Departamento de Geografia*, 35, 102-112. doi: <https://doi.org/10.11606/rdg.v35i0.140068>, 2018.

CORREIA FILHO, W. L. F., SANTOS, T. V., DIOGO, A. M; AMORIM, R. F. C. **Diagnóstico da Precipitação e EVI em Dois Eventos de Seca no Nordeste do Brasil.** *Revista do Departamento de Geografia*, 35, 102-112. doi: <https://doi.org/10.11606/rdg.v35i0.140068>, 2018.

CORREIA, F. R. S. **Zonas de Convergência Subtropicais na América do Sul:Características da circulação e fluxos de umidade.** Monografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 106p, Rio de Janeiro. 2013.

CORREIA, J. M. **Impactos dos Principais Modos de Variabilidade Climática na Potência Eólica em Portugal.** 63p. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente. Universidade de Lisboa, 2015.

CORREIA, M. G. G; GALVANI, E. **Variabilidade Espacial e Sazonal da Precipitação Pluviométrica na Bacia Hidrográfica no Rio Piquiri-PR.** *Revista do Departamento de Geografia*, V. 34, 21-30p, 2017.

CORREIA, W. L. F. F; SANTOS, T.V; DIOGO, A. M; AMORIM, R. F. C. **Diagnóstico da Precipitação e EVI em Dois Eventos de Seca no Nordeste do Brasil.** *Revista do Departamento de Geografia*, V.35, p. 102-112, 2018.

COSTA, A. G; SAOUSA, I. F; SANTOS, L. M. V; COSTA, O. A. **Sistemas Atmosféricos Atuantes no Nordeste do Brasil Durante a Estação de Verão.** In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica: Diversidades Climáticas. UFS/NPEGEO, 2004.

COSTA, C; ANDRADE, A. R. **Dinâmica da Precipitação Pluviométrica na cidade de Guarapuava, PR: Condicionantes Locais e Regionais.** *Revista Brasileira de Climatologia*, Ano 13, Vol. 21, 2017.

COSTA, J. A. **Fenômeno EL NIÑO e as Secas no Nordeste do Brasil.** *Revista Científica do IFAL, Campus Piranhas* v. 1, n. 4, p 71-82, 2012.

COSTA, M. D. S., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., SANTOS, P. J. D., CORREIA FILHO, W. L. F., GOIS, G., BLANCO, C. J. C., JARDIM, A. M. D. R. F. **Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño–Southern Oscillation.** *International Journal of Climatology*, 41, E2111-E2135. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.6835>, 2021.

COSTA, M. S; LIMA, K. C; ANDRADE, M. M. GONÇALVES, W. A. **Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil.** *Revista Brasileira de Geografia Física* V. 08 N. 05 1321-1334p, 2015.

COSTA, M.S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; SANTOS, P.J.; CORREIA FILHO, W.L.F.; GOIS, G.; BLANCO, C.J.C.; TEODORO, P.E.; SILVA JUNIOR, C.A.; SANTIAGO, D.B.; SOUZA, E.O; FERRAZ JARDIM, A.M.R. **Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño-Southern Oscillation.** *International Journal of Climatology*, v. 41, n. 1, p. 211 1- 2135, 2020.

COSTA, M.S; SANTOS, P. J; CAMPOS, N. T; NETO, H. M. B. **Comportamento do regime pluviométrico mensal para capital alagoana – Maceió.** XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009.

COSTA, R. L. **Aplicação de uma teoria termodinâmica no estudo de um vórtice ciclônico de altos níveis sobre o Nordeste do Brasil.** 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2012.

COSTA, S. B. **Balances de vorticidade e energia aplicados aos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis atuantes no Oceano Atlântico Tropical Sul e adjacências.** 2009. 85p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

COUTINHO, E. C; FISCH, G. **Distúrbios Ondulatórios de Leste (Dols) na Região do Centro de Lançamento de Alcântara-Ma.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.2, 193-203p, 2007.

CUNHA, A. P. M. A., TOMASELLA, J., RIBEIRO-NETO, G.G., BROWN, M., GARCIA, S. R., BRITO, S. B; CARVALHO, M. A. **Changes in the spatial–temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast.** *Atmospheric Science Letters*, 19(10), 1-8. doi: <https://doi.org/10.1002/asl.855>, 2018.

CUNHA, A. P. M. A., TOMASELLA, J., RIBEIRO-NETO, G.G., BROWN, M., GARCIA, S. R., BRITO, S. B; CARVALHO, M. A. **Changes in the spatial–temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast.** *Atmospheric Science Letters*, 19(10), 1-8. doi: <https://doi.org/10.1002/asl.855>, 2018.

CUNHA, G. R; PIRES, J. L; DALMAGO, G. A; SANTI, A; PASINATO, A; SILVA, A. A. G; ASSAD, E. D; ROSA, C. M. **El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações.** Revista Plantio Direto, edição 121. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS, 2011.

CUNHA, R. L. A. **Definição de Cenários de Referência para Avaliações dos Impactos das Secas.**2008. 163p. Relatório (Mestrado em Engenharia Civil- Especialização em Hidráulica). Universidade do Porto-Faculdade de Engenharia,2008.

CUNHA. R. L. A. **DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS DE REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS SECAS.** Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Hidráulica, Lisboa, 2008.

DA SILVA, D. F., LIMA, M. J. S., SOUZA NETO, P. F., GOMES, H., SANTOS SILVA, F. D., ALMEIDA, H. R. R. C., PEREIRA, M. P. S., COSTA, R. L. **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*, 13(2), 449-464. doi: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p449-464>, 2021.

DA SILVA, D. F., LIMA, M. J. S., SOUZA NETO, P. F., GOMES, H., SANTOS SILVA, F. D., ALMEIDA, H. R. R. C., PEREIRA, M. P. S., COSTA, R. L. **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*, 13(2), 449-464. doi: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p449-464>, 2020.

DA SILVA, D. F., SOUSA, F. A. S., KAYANO, M. T. **Escalas Temporais da Variabilidade Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25(3), 147-155. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000300004>, 2010.

DA SILVA, D. F., SOUSA, F. A. S., KAYANO, M. T. **Escalas Temporais da Variabilidade Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25(3), 147-155. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000300004>, 2010.

DA SILVA, V. P. R. **On climate variability in Northeast of Brazil.** *Journal of Arid Environments*, 58(4), 575-596. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2003.12.002>, 2004.

DA SILVA, V. P. R. **On climate variability in Northeast of Brazil.** *Journal of Arid Environments*, 58(4), 575-596. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2003.12.002>, 2004.

DABANLI, I., ASHOK, K. & ZEKAI, S. **Long-term spatio-temporal drought variability in Turkey.** *Journal of Hydrology*, 552, 779-792. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.07.038>, 2017..

DANTAS, V. S; AMORIM, A. C. B; COSTA, M. S; SILVA, M. S. **Downscaling dinâmico sobre o Nordeste do Brasil utilizando um modelo climático regional: impacto de diferentes parametrizações na precipitação simulada.** *Revista Brasileira de Geografia Física* v.6, n.4, 995-1008, 2013.

DEWES. C. F. **Análise da Variabilidade Climática de um Modelo do Clima da América do Sul no Presente e em 6 ka AP.** 2007, 118 p, Dissertação. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

DING, Y., XU, J., WANG, X., CAI, H., ZHOU, Z., SUN, Y., & SHI, H. **Propagation of meteorological to hydrological drought for different climate regions in China.** *Journal of Environmental Management*, 283, 111980. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111980>, 2021

DING, Y., XU, J., WANG, X., CAI, H., ZHOU, Z., SUN, Y., & SHI, H. **Propagation of meteorological to hydrological drought for different climate regions in China.** *Journal of Environmental Management*, 283, 111980. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111980>, 2021

DINIZ, A. F. **Variabilidade Climática e sua Influência na Produtividade da Cultura do Milho na Microrregião de Feira de Santa (Bahia).** Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. São Paulo, 2016.

DONI, M. V. **Análise de cluster: métodos hierárquicos e de particionamento. Trabalho de conclusão de curso.** Faculdade de Computação e Informática da Universidade Presbiteriana Mackenzie. 93p. São Paulo, 2004.

DRUMOND, A. R. M; **Anomalias de TSM no Hemisfério Sul e seu Impacto na Monção Sul Americana.** Tese de Doutorado. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade De São Paulo, 123p, 2005.

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

DUARTE, R. **Seca, pobreza e políticas públicas no Nordeste.** In: Pobreza, desigualdad social y ciudadanía. Los límites de las políticas sociales en América Latina. Buenos Aires. 2001.

EDWARDS, D. C., MCKEE, T. B. **Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Scales.** Atmospheric Science Paper No. 634, May 1–30, 1997.

EMBRAPA- **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Climatologia do Estado de Alagoas, ISSN1678-0892 Dezembro, 2012.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013.** Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 22 jan. 2021. n. 2, 289-297, 2018.

ESHETU, G., JOHANSSON, T., & GAREDEW, W. **Rainfall trend and variability analysis in Setema-Gatira area of Jimma, Southwestern Ethiopia.** *African Journal of Agricultural Research*, 11(32), 3037-3045. doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10160>, 2016.

ESHETU, G.; JOHANSSON, T.; GAREDEW, W. **Rainfall trend and variability analysis in Setema-Gatira area of Jimma, Southwestern Ethiopia**. African Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 32, p. 3037-3045. 2016.

ESHETU, G.; JOHANSSON, T.; GAREDEW, W. **Rainfall trend and variability analysis in Setema-Gatira area of Jimma, Southwestern Ethiopia**. African Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 32, p. 3037-3045. 2016.

FAGGION, F; OLIVEIRA. C. A. S; CHISTOFIDIS, D. **Uso eficiente da água:Uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v 2, n1, 187-190 p, 2009.

FEDOROVA, N.; LEVIT, V.; RODRIGUES, L. R. L.; COSTA, S. B. **Mesoscale Convective Complex Genesis and forecast in Alagoas State of Brazil**. Journal of the Georgian Geophysical Society, v.12, p.36-44, 2008.

FEDOROVA, N.; LEVIT, V.; SILVEIRA, M. H. S.; SILVA, B. F. P.; AMIRAASHVILI, A. G. **Mesoscale Convective Complexes on the NorthLesteern Coast of Brazil**. Journal of the Georgian Geophysical Society, v.13, p.36-49, 2009.

FEITOSA, S. O; SILVA, S. L; FEITOSA, H. O; CARVALHO, M, C; FEITOSA, E. O. **Crescimento do feijão caupi irrigado com diferentes concentrações efluente tratado e água salina**. Revista AGROTEC – v. 36, n. 1, p. 146-155, 2015.

FERNANDES. D. S; HEINEMANN. A. B. **Estimativa da variação da produtividade do arroz em diferentes escalas temporais do índice SPI**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.4, p.335-343, 2011.

FERNANDES. D. S; HEINEMANN. A. B; PAZ. R. L; AMORIN. A. O; CARDOSO. A. S. **Índices para a Quantificação da Seca**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Arroz e Feijão. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 48 p. Goiás. 2009.

FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. **Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, n 1, p. 15-28, 2005.

FERREIRA, G. W. S; REBOITA, M. S; ROCHA, R. P. **Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis nas Cercanias do Nordeste do Brasil: Climatologia e Análise da Vorticidade Potencial Isentrópica**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, 2019.



FERREIRA, N. J; RAMÍREZ, M. V; GAN, M. A. **Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

FERREIRA, N. J; SANCHES, M; SILVA, M. A. F. D. **Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Períodos de El Niño e La Niña**. Revista Brasileira de Meteorologia, v19, n1, 89-98p, 2004.

FIALHO, W. M. B; MOLION, L. C. B. **Extremos de chuva na costa leste do NEB: o evento de maio de 2009**. Revista Ambientale –UNEAL. Ano 3, Vol. 1, 2012.

FIORIN, D. V; MARTINS, F. R; SCHUCH, N. J; PEREIRA, E. B. **Aplicações de redes neurais e previsões de disponibilidade de recursos energéticos solares**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, 1309, 2011.

FONTENELLE, M. C; FONTENELLE, A. S; MATOS, Y. M. P; MONTEIRO, F. F. **Avaliações de Risco em Barragens: Estudo de Caso da Barragem Malcozinhado no Nordeste Brasileiro**. REEC –Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 14-nº ,2018.

FUNCEME - FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS.ZCIT - **Zona de Convergência Intertropical**: Acompanhamento. Disponível em:<<http://www.funceme.br/index.php/areas/23monitoramento/meteorol%C3%B3gico/410-zcti-zonade-convergencia-intertropical>>. Acesso em: 08/06/2020.

GABRIEL, G; H. **Modos de Variabilidade das Precipitações no Estado de São Paulo: Conexões Locais, Regionais e Remotas**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, 2017.

GALVÍNCIO, J. D; DANTAS, L. G; FERNANDES, J. G. **Sistemas que Favorecem Ocorrência de Chuva em Região Semiárida do Nordeste do Brasil: Estudo de Caso em São José do Sabugí-Pb**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 27, n. 1, jan/mar. 2010.

GARNOT, V. S. F; GROTH, A; GHIL M. **Coupled Climate-Economic Modes in the Sahel's Interannual Variability**. Ecological Economics 153 ,111–123p, 2018.

GERMANO, A. S. **Aspectos sinóticos de vórtices ciclônicos em altos níveis que provocaram precipitações externas nas cidades de Recife, Maceió e Aracaju no período de 2011 à 2015: estudo de casos**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) –

Instituto de Ciências Atmosféricas, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

GLANTZ, M. H., & RAMIREZ, I. J. **Reviewing the Oceanic Niño Index (ONI) to Enhance Societal Readiness for El Niño's Impacts.** *International Journal Disaster Risk Science*, 11, 394-403. doi: <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00275-w>, 2020.

GLANTZ, M. H., & RAMIREZ, I. J. **Reviewing the Oceanic Niño Index (ONI) to Enhance Societal Readiness for El Niño's Impacts.** *International Journal Disaster Risk Science*, 11, 394-403. doi: <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00275-w>, 2020.

GOIS, G. ; SOUZA, J. L. ; SILVA, P. R. T. ; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. **Caracterização da Desertificação no Estado de Alagoas Utilizando Variáveis Climáticas.** *Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso)*, v. 20, p. 301-314, 2005.

GOIS, G., FREITAS, W. K., BODAS TERASSI, P. M., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., & PORTZ, A. **Variabilidade anual e mensal da chuva e da temperatura do ar no município de Resende, Rio de Janeiro.** *Revista Brasileira de Climatologia*, 24(11), 67-88. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v24i0.61611>, 2019.

GOIS, G., FREITAS, W. K., BODAS TERASSI, P. M., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., & PORTZ, A. **Variabilidade anual e mensal da chuva e da temperatura do ar no município de Resende, Rio de Janeiro.** *Revista Brasileira de Climatologia*, 24(11), 67-88. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v24i0.61611>, 2019.

GOIS, G., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., SOUZA, R. F. D. P., FREITAS, W. K., BODAS TERASSI, P. M., & SOBRAL, B. S. **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*, 27, 122-157. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.66703>, 2021.

GOIS, G; FREITAS, W. K; TERASSI, P. M. B; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F; PORTZ, A. (2019). **Variabilidade Anual e Mensal da Chuva e da Temperatura do Ar no Município de Resende, Rio de Janeiro.** *Revista Brasileira de Climatologia*, 2019.

GOIS, G; OLIVEIRA JUNIOR, J. F; DELGADO, R. C; MORAES. M. **Severidade Da Seca No Estado Do Tocantins E Suas Relações Com Os Eventos De El Niño.** *Enciclopédia Biosfera*, p. 1973–1989, 2013.

GOIS, G; OLIVEIRA JUNIOR, J. F; DELGADO, R. C; MORAES. M. **Severidade Da Seca No Estado Do Tocantins E Suas Relações Com Os Eventos De El Niño**. Enciclopédia Biosfera, p. 1973–1989, 2013.

GOIS, G; OLIVEIRA JUNIOR, J. F; SILVA JUNIOR, C. A; SOBRAL, B. S; TERASSI, P; M. B; LEONEL JUNIOR, A. H. S. **Statistical normality and homogeneity of a 71-year rainfall dataset for the state of Rio de Janeiro—Brazil**. 141, 1573-1591p, 2020.

GOIS, G; OLIVEIRA JUNIOR, J. F; SILVA JUNIOR, C. A; SOBRAL, B. S; TERASSI, P; M. B; LEONEL JUNIOR, A. H. S. **Statistical normality and homogeneity of a 71-year rainfall dataset for the state of Rio de Janeiro—Brazil**. 141, 1573-1591p, 2020.

GOIS, G; OLIVEIRA JUNIOR, J. F; SILVA, J. S; JÚNIOR SILVA, J. L. C; MONTEITO, P. S. **Avaliação da Seca Através do Índice de Precipitação Padronizada (SPI) em Alguns Municípios Do Sertão Alagoano**. XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Aracaju – SE, 2007.

GOMES, H. B. **Distúrbios Ondulatórios de Leste no Nordeste Brasileiro: Climatologia e Modelagem Numérica**. Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Univerisade de São Paulo, 99p, 2012.

GOMES, U. A. F; HELLER, L. **Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade?** Eng. Sanit. Ambient. v.21, n.3, 623-633p, 2016.

GRIMM, A. M. **Variabilidade interanual do clima no Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F., FERREIRA, A.N.J.; JUSTI DA SILVA, M.G; SILVA DIAS, M.A.F. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 353–374.

GUEDES, R. V. S; MACEDO, M. J. 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, Número 23, 2012.

GUEDES, R., MACEDO, M. J., SOUSA, F. **Análise espacial de eventos de secas com base no índice padronizado de precipitação e análise de agrupamento**. Revista Brasileira De Ciências Ambientais (Online), (23), 55-65p, 2012.

GUENANG, G. M.; KAMGA, F. M. **Computation of the Standardized Precipitation Index (SPI) and its use to assess drought occurrences in Cameroon over recent decades.** Journal of Applied Meteorology and Climatology, v. 53, p. 2310-2324. 2014.

GUTIÉRREZ, N. Q. **Vortice Ciclónico En Bajos Niveles Caso Estudio: 09 De Febrero De 2004.** National Meteorology and Hydrology Service of Peru. SENAMHI. Perú – Octubre, 2004

HAO, Z.; AGHAKOUCHAK, A. **Multivariate Standardized Drought Index: A parametric multi-index model.** Advances in Water Resources. Ed. 57. p 12-18.2013.

HARREL, F. **Regression Modeling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic Regression, and Survival Analysis.** Chapter 5: Resampling, Validating, and Simplifying the Model. V.3, p. 88-103, 2001.

HARREL, F. **Regression Modeling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic Regression, and Survival Analysis.** Chapter 5: Resampling, Validating, and Simplifying the Model. V.3, p. 88-103, 2001.

HASTENRATH, S; HELLER. L . 1977 . **Dinâmica dos riscos climáticos no nordeste do Brasil .** Quart. JR Meteorol. Soc. 110 : 411 – 425, 1977.

HERDIES, A. L; SILVA, A; DIAS, M. A. F. S; FERREIRA, R. N. **Moisture budget of the bimodal pattern of the summer circulation over South America.** JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 107, NO. D20, 8075, 2002.

HILL, C. M; LIN, Y. L. **Initiation of a mesoscale convective complex over the Ethiopian Highlands preceding the genesis of Hurricane Alberto (2000).** GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 30, NO. 5, , 2003.

HIRONS, L.; KLINGAMAN, N. **La Niña - Historical Impact Analysis.** n. February 2016, p.36, 2016

HOPKINS , W.G. **A new view of statistics: Correlation coefficient.** 2009, Disponível em : <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>> Acessado em 18 de janeiro de 2020.

HOPKINS , W.G. **A new view of statistics: Correlation coefficient.** 2009, Disponível em : <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>> Acessado em 18 de janeiro de 2020.

HOUNSOU-GBO. G.A., SERVAIN, J., ARAUJO, M., MARTINS, E.S., BOURLES, B., CANAIX, G., **Oceanic Indices for Forecasting Seasonal Rainfall over the Northern Part of Brazilian Northeast**. *Am J Clim Change* 5, 261-274, 2016.

HUANG, B., THORNE, P. W., BANZON, V. F., BOYER, T., CHEPURIN, G., LAWRIK, J. H., ... & ZHANG, H. M. (2017). **Extended reconstructed sea surface temperature, version 5 (ERSSTv5): upgrades, validations, and intercomparisons**. *Journal of Climate*, 30(20), 8179-8205. doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1>, 2017.

HUANG, B., THORNE, P. W., BANZON, V. F., BOYER, T., CHEPURIN, G., LAWRIK, J. H., ... & ZHANG, H. M. (2017). **Extended reconstructed sea surface temperature, version 5 (ERSSTv5): upgrades, validations, and intercomparisons**. *Journal of Climate*, 30(20), 8179-8205. doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1>, 2017.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 22 de janeiro de 2021.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 22 de janeiro de 2021.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área da unidade territorial: Área territorial brasileira**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: [cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama](http://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama). Acesso em: 22 de janeiro de 2021.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área da unidade territorial: Área territorial brasileira**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: [cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama](http://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama). Acesso em: 22 de janeiro de 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**, 2010. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário de 2017**. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br). Acesso em: 22 de janeiro de 2021.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas, 2019**. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269\\_1.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269_1.pdf). Acesso em: 22 de janeiro de 2021.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2020. Disponível em: [:<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al.html>](https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al.html). Acesso em: 16 de novembro de 2020.

ISHIZAWA, Y. B; BARBOSA, A. G; MENDES, L. A. **Análise da influência dos fenômenos El Niño e La Niña na oscilação da precipitação na bacia do rio Piauí, Sergipe.** 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente Bento Gonçalves – RS, Brasil, 2018.

JARDIM, A. M. D. R. F., DE QUEIROZ, M. G., JÚNIOR, G. D. N. A., DA SILVA, M. J., & DA SILVA, T. G. F. **Estudos climáticos do número de dias de precipitação pluvial para o município de Serra Talhada-PE.** *Revista Engenharia na Agricultura*, 27(4), 330-337. doi: <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i4.875>, 2019.

JARDIM, A. M. D. R. F., DE QUEIROZ, M. G., JÚNIOR, G. D. N. A., DA SILVA, M. J., & DA SILVA, T. G. F. **Estudos climáticos do número de dias de precipitação pluvial para o município de Serra Talhada-PE.** *Revista Engenharia na Agricultura*, 27(4), 330-337. doi: <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i4.875>, 2019.

JARDIM, A. M. D. R. F., SILVA, T. G. F., SOUZA, L. S. B., JÚNIOR, G. D. N. A., ALVES, H. K. M. N., SÁ SOUZA, M., MOURA, M. S. B. **Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity.** *Journal of Arid Environments*, 188, 104464. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>, 2021a.

JARDIM, A. M. D. R. F., SILVA, T. G. F., SOUZA, L. S. B., JÚNIOR, G. D. N. A., ALVES, H. K. M. N., SÁ SOUZA, M., MOURA, M. S. B. **Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity.** *Journal of Arid Environments*, 188, 104464. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>, 2021a.

JARDIM, A. M. R. F., SANTOS, H. R. B., ALVES, H. K. M. N., FERREIRA-SILVA, S. L., SOUZA, L. S. B., ARAUJO JUNIOR, G. N., SOUZA, M. S., ARAUJO, G. G. L., SOUZA, C. A. A., & SILVA, T.G.F. **Genotypic differences relative photochemical activity, inorganic and organic solutes and yield performance in clones of the forage cactus under semi-arid environment.** *Plant Physiology and Biochemistry*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.03.011>, 2021b.

JOHNSON, R. A., & WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis.** New Jersey: Prentice Hall, 642, 1982.

JUNGER, W. L. **Análise, imputação de dados e interfaces computacionais em estudos de séries temporais epidemiológicas**. 2008. 178 f. Tese (Doutorado), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Medicina Social, Rio de Janeiro, 2008.

JUNGER, W. L. **Análise, imputação de dados e interfaces computacionais em estudos de séries temporais epidemiológicas**. 2008. 178 f. Tese (Doutorado), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Medicina Social, Rio de Janeiro, 2008.

KAYANO, M. T., ANDREOLI, R. V. **Decadal variability of northern northeast Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies**. *Journal of Geophysical Research*, 109(C11), 1-8. doi: <https://doi.org/10.1029/2004JC002429>, 2004.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. **Clima da região Nordeste do Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A.; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

KELMAN, J. G. **Garantia de água no semiárido nordestino**. *Revista Plenarium*, v. 1, p. 3, 2016.

KOUSKY, V. E . 1979 . **Influências frontais no Nordeste do Brasil** . *Seg. Tempo Rev.* 107 : 1140 - 1153 .

KOUSKY, V. E . 1980 . **Variação diurna da precipitação no Nordeste do Brasil** . *Seg. Tempo Rev.* 108 : 488 - 498 .

KROLOW. I, R, C; PELLEGRINI, A; ALAVREZ, J. W. R; KROLOW, D. R. V; TROIAN, A; SANTOS, D. R; REICHERT, J. M. **Fenômenos El Niño e La Niña em duas bacias hidrográficas na Mesorregião Centro Ocidental Rio-grandense: Assentamento Alvorada**. *Revista NERA, Presidente Prudente* Ano 20, nº. 37 pp. 294-316, 2017.

KUNDU, S., KHARE, D., MONDAL, A. **Analysis of spatial and temporal variation in rainfall trend of Madhya Pradesh, India (1901–2011)**. *Environment Earth Science*, 73(1), 8197–8216. doi: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3978-y>, 2015.

LISS, S; KUMAR, A. SNYDER, P. K; KAWALE. J; STEINHAEUSER, K; SEMAZZI, F. H. M; GANGULY, A. R; SAMATOVA, N. F; KUMAR, V. **Different Modes of Variability over the Tasman Sea: Implications for Regional Climate**. *Journal of Climate*, v27, 8466-8486p, 2014.

- LIMA, M. J. S; CAVALCANTE, I. B. S; MENDONÇA, H. S; NETO, P. F. S; SILVA, S. D; AMORIM, D. O. C; SILVA, D. F. **Classification, quantification and occurrence of extreme climate events in the three mesorregions of the state of Alagoas (BR)**. *Ciência e Sustentabilidade – CeS*. v. 4, n. 2, p. 151-172, jul./dez. 2018.
- LIMA, R. C. C; CAVALCANTE, A. M. B; MARÍN, A. M. P. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA-PB, 2009p, 2011.
- LINDEMANN, D. S; JUSTINO, F. B. A. **Influência dos Modos de Variabilidade Climática na Temperatura em Superfície na Antártica**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.30, n.2, 214 – 222p, 2015.
- LINHEIRA, G; OLIVEIRA, F. H. **Seca e Sensoriamento Remoto: Identificação e Mapeamento na Bacia Hidrográfica do Peixe – Sc Entre 2001 e 2010 Utilizando o Ndvi**, Instituto de Geociências, UNICAMP-Campinas-SP, 2017.
- LIU, D., YOU, J., XIE, Q., HUANG, Y. & TONG, H. **Spatial and Temporal Characteristics of Drought and Flood in Quanzhou Based on Standardized Precipitation Index (SPI) in Recent 55 Years**. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 6, 25-37. doi: 10.4236/gep.2018.68003, 2018.
- LUCENA, A. J; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F; GOIS, G; MIRANDO, V. V. V. **Eventos de El Niño e a Sua Influência nas Chuvas da Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro/RJ**. Ano 16 – Vol. 27 – 2020.
- LYRA, G. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; ZERI, M. **Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, NorthLeste of Brazil**. *International Journal of Climatology*, v. 34, n. 13, p. 3546-3558, 2014.
- LYRA, G. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; ZERI, M. **Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, NorthLeste of Brazil**. *International Journal of Climatology*, v. 34, n. 13, p. 3546-3558, 2014.
- LYRA, G. B; OLIVEIRA JÚNIOR; J. F; GOIS, G; ZERI, G. C; M. ZERI. **Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies**. *Meteorol Atmos Phys* 129, 157-171 (2017).
- LYRA, G. B; OLIVEIRA JÚNIOR; J. F; GOIS, G; ZERI, G. C; M. ZERI. **Rainfall variability over Alagoas under the influences of SST anomalies**. *Meteorol Atmos Phys* 129, 157-171 (2017).



LYRA, M. J. A.; BONFIM, O. E. T.; JANUÁRIO, I. F.; SILVA, Y. U.; MESQUITA, G. A. L.; CAVALCANTE, L. C. V. **Aplicação de metodologias distintas no comportamento pluviométrico de Maceió/AL**. v.9 - n.3. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 2018.

LYRA, M. J. A.; CAVALCANTE, L. C. V.; LEVIT, V.; FEDOROVA, N. **Complexos convectivos de mesoescala sobre o Nordeste do Brasil e fenômenos adversos associados**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.9, n.3, p.95-103, 2018.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUZA, F. A. S.; DANTAS, F. R. C. **Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil**. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.

MACHIWAL, D.; MADAN, K. J. **Caracterizando a dinâmica da chuva-água subterrânea em um sistema aquífero de rocha dura usando séries temporais, sistema de informação geográfica e modelagem geoestatística**. *Hidrological Processes*, 2014.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V. **Influência do el niño e la niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás cprm / SGB** - Serviço Geológico do Brasil, Porto Alegre, RS, Brasil Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás ( IFG ), Goiânia, GO, Brasil. v. 1997, n. 1997, p. 429–440, 2013.

MARENGO, J. A. **Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI**. Biodiversidade 26. 2º edição, BRASÍLIA – DF, 2007.

MARENGO, J. A. **Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin**. *Theoretical and Applied Climatology*. v.78, p.79-96, 2004.

MARENGO, J. A., ALVES, L. M., ALVALA, R., CUNHA, A. P., BRITO, S., & MORAES, O. L. **Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), 1973-1985. doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>, 2018.

MARENGO, J. A., ALVES, L. M., ALVALA, R., CUNHA, A. P., BRITO, S., & MORAES, O. L. **Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), 1973-1985. doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>, 2018.

MARENGO, J. A., ALVES, L. M., BESERRA, E., LACERDA, F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**, in: Medeiros, S. de S., Gheyi, H.R., Galvão, C. de O., Paz, V.P da S. (Orgs.). Recursos Hídricos e Regiões Áridas e Semiáridas. INSA, Campina Grande, pp. 383- 416, 2011.

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; ZEE, D.; PINTO, H. S. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Disponível em: [http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf). Acesso em Maio de 2021.

MARENGO, J. A; CUNHA, A. P; ALVES, L. M. **Seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico**. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São Paulo, Brasil, 2 Centro de Ciências do Sistema Terrestre – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST/INPE), São Paulo, Brasil, 2016.

MARENGO, J. A; VALVERDED, M. C. **Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4**. Revista Multiciência, Campinas, Edição no. 8, Mudanças Climáticas, 2007.

MARTINS, E. S. P. R; NYS, E. MOLEJÓN, C; BIAZETO, B; SILVA, R. F. V; ENGLE. N. **Série Água Brasil 10. Monitor de secas do Nordeste, em busca de um novo paradigma para a festão de secas**. Brasília, DF, 2015.

MARTINS, E. S. P. R; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C. **O clima da Região Nordeste entre 2009 e 2017: monitoramento e previsão**. Parc. Estrat. Brasília-DF. v. 22. n. 44.p. 63-80. 2017.

MAURICIO, M. S; SILVA, A, J; NETO, N. G. F; SILVA, P. L. F; BORGES, P. F. **Influência dos Eventos Climatológicos El Niño E La Niña na Precipitação Pluviométrica em Microrregiões do Estado da Paraíba**. CONIDIS- Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Paraíba-Brasil, 2016.

MAY, S. **Estudo de Viabilidade do Aproveitamento de água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

MCGREGOR, G. **Hydroclimatology, modes of climatic variability and stream flow, lake and groundwater level variability: A progress report**. Progress in Physical Geography.2017, Vol. 41(4) 496–512p, 2017.

- MCKEE, T. B., DOESKEN, N. J., & KLEIST, J. (1993, January). **The relationship of drought frequency and duration to time scales.** In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183), 1993.
- MEDEIROS, F. C; NEGRÃO, A. C. **Aperfeiçoamento de Ferramentas Estaduais de Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito do Progestão.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2018.
- MEDEIROS, R. M. **Variabilidade Decadal da Precipitação em Microrregiões do Piauí – Brasil.** *Revista de Geografia (Recife)* V. 34, No. 1, 2017
- MELO, A. B. C; CAVALCANTI, I. F. A; SOUZA, P. P. **Zona de Convergência Intertropical do Atlântico.** In: FERREIRA, N. J; DIAS, M. A. F. S; SILVA, M. G. A. J. (Orgs.). *Tempo e Clima no Brasil*, São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- MELO, A.B.C.; NOBRE, P.; MELO, M.L.D.; SANTANA, S.C.; **Estudo Climatológico Da Posição Da Zcit No Atlântico Equatorial E Sua Influência Sobre O Nordeste Do Brasil** ,2000.
- MELO, D. C. D. **Propagação de secas na bacia do Rio Paraná: do evento climático ao impacto hidrológico.** Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, São Paulo, 2017.
- MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- MENDONÇA, J. O; **Seca na Bahia: Prejuízos para o setor agrícola (2012-2016).** *Conj. & Planej.*, Salvador, n.192, p.91-109. 2017.
- MENEGHETTI, G. T; FERREIRA, N. J. **Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro.** *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1685-1689, 2009.
- MISHRA. A. K; SINGH. V. P. **A review of drought concepts.** *Journal of Hydrology*. Ed. 391. p 202-2016. 2010.
- MODARRES, R., & SARHADI, A. **Statistically-based regionalization of rainfall climates of Iran.** *Global and Planetary Change*, 75(1-2), 67-75. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.10.009>, 2011.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S. O. **Dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro**. In: XI congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro. Anais do XI CBMET. Rio de Janeiro, RJ: SBMET, 2000.

MOLION; J. C. B; BERNARDO, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro**. Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v.7, n. 1, p. 1-10, 2002.

MOLION; J. C. B; BERNARDO, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro**. Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v.7, n. 1, p. 1-10, 2002.

MORAIS, M.D.C. **Vórtice Ciclônico de Altos Níveis no Nordeste do Brasil: Estudo Observacional e Numérico**. 2016, p. 263. Tese (Doutorado). São José dos Campos, INPE, 2016.

MOSCATI MCDL , GAN MA . 2007 . **Variabilidade da precipitação no período chuvoso da zona semiárida do Nordeste do Brasil (NEB) e sua relação com o regime de ventos** . Int. J. Climatol. 27 : 493 – 512, 2007.

MOSCATI, M, C L; GAN, M. A. **Uso de Índices Climáticos para Identificar Eventos de Chuva Extrema no Interior Semi-Árido Sul do Nordeste do Brasil (NEB)**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/CPTEC), 2006.

MOURA, A.D; SHUKLA, J . 1981 . **Sobre a dinâmica das secas no Nordeste do Brasil: observações, teoria e experimentos numéricos com um modelo de circulação geral**. J. Atmos. Sci. 38 : 2653 – 2675, 1981.

MOURA. G. B. A; ARAGÃO. J. O. R; MELO, J. S. P; SILVA. A. P. N; GIONGO, P. R; LACERDA, F. F. **Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.4, p.462–469, 2009.

MURTA, R, M; TEODORO, S. M; BONOMO, P; CHAVES, M, A. **Monthly rainfall in levels of probability by the gamma distribution for two places of the southwest of Bahia state**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 5, p. 988-994, set./out., 2005.

NASCIMENTO, F, W, D, S; SILVEIRA, C, S; MARCOS JÚNIOR, A. D; TEXEIRA FILHO, A. R. S. **Análise da Variabilidade do Índice Padronizado de Precipitação (Spi) para O Sistema Jaguaribe Metropolitano**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

NASCIMENTO, F.C.A. **Padrões climáticos associados à periodicidade de eventos extremos de precipitação no Estado do Maranhão**. 2014. 108p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

NASCIMENTO, P. T. S; XAVIER, R. A. **Análise pluviométrica do estado de Alagoas**. Simpósio Alagoano de Gestão Ambiental, Arapiraca-AL, Brasil, p. 11-19. 2010.

NERY, J. T; FACHIN, M. P; TANAKA, L. K; PAIOLA, L. M.; MARTINS, M. L.O. F; BARRETO, L. E. G. S; TANAKA, I. **Caracterização das precipitações pluviométricas mensais para os Estados de Alagoas, Pernambuco e Sergipe**. Acta Scientiarum 20(4):515-522, 1998.

NEVES, D. J. D; ALCÂNTARA, C. R; SOUZA, E. P. **Estudo de Caso de um Distúrbio Ondulatório de Leste sobre o Estado do Rio Grande do Norte – Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 4, 490-505, 2016.

NOAA/CPC - **National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction Center. Cold & Warm Episodes by Season**. [online]. Available at: <[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)>. Acessado em 21 novembro 2020.

NOAA/CPC - **National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction Center. Cold & Warm Episodes by Season**. [online]. Available at: <[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)>. Acessado em 21 novembro 2020.

NOBRE, P. MELO, A. B. C. **Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000**. Revista Climálice. Publicação on line. 2001.

NOBRE, P.; MELO, M. L. D.; SANTANA, S. C. ; MELO, A. B. C. **Estudo Climatológico da Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua Influência sobre o Nordeste do Brasil**. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000.

NÓBREGA, R. S; SANTIAGO, G. A. C. F. **Tendência de Temperatura na Superfície do Mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e Variabilidade de Precipitação em Pernambuco**. Mercator, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 107-118, 2014.

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

NUNES, B. N. **Estudo de Caso de Sistemas Meteorológicos em Altos Níveis Sobre a América do Sul: Análise Sinótica.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, 2017.

NUNES, R; RODRIGUES, R. P; ARÚJO, E. P. **Gerenciamento da demanda de água é o caminho para propiciar a sua preservação.** Universitas: Arquit. e Comun. Social, Brasília, v. 5n. 1/2, p. 1-10, 2008.

OBERMAIER, M; ROSA, L. P. **Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica.** Estudos avançados 27 (78), 2013.

OGUNGBENRO, S. B., MORAKINYO, T. E. **Rainfall distribution and change detection across climatic zones in Nigeria.** *Weather and Climate Extremes*, 5–6, 1-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.10.002>, 2014.

OGUNGBENRO, S. B., MORAKINYO, T. E. **Rainfall distribution and change detection across climatic zones in Nigeria.** *Weather and Climate Extremes*, 5–6, 1-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.10.002>, 2014.

OLGUIN, G. A; SANDOVAL, C. E. **Modes Of Variability Of Annual And Seasonal Rainfall In Mexico.** Journal Of The American Water Resources Association, Vol. 53, No. 1, 2017.

OLGUIN, G. A; SANDOVAL, C. E. **Modes Of Variability Of Annual And Seasonal Rainfall In Mexico.** Journal Of The American Water Resources Association, Vol. 53, No. 1, 2017.

OLÍMPIO, J. L. S. **Análise Multicritério do Risco de Desastres Naturais: Um Estudo Sobre a Seca na Região Nordeste do Brasil.** 2017, 242 p., Tese ( Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OLIMPIO, J. L. S; VIEIRA, P. M. B; ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L. **Episódios pluviais extremos e a vulnerabilidade socioambiental no município de Fortaleza: o evento do dia 27/02/2012.** Geo UERJ, ano 15, n. 24, v. 1, p. 181-206, 2013.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., CORREIA FILHO, W. L. F., SANTIAGO, D. B., GOIS, G., COSTA, M., SILVA JUNIOR, C. A., TEODORO, P. E., & FREIRE, F. M. **Rainfall in Brazilian Northeast via in situ data and CHELSA product: mapping, trends, and socio-**

**environmental implications.** *Environmental Monitoring And Assessment*, 193(1), 263-281. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09043-9>, 2021.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., CORREIA FILHO, W. L. F., SANTIAGO, D. B., GOIS, G., COSTA, M., SILVA JUNIOR, C. A., TEODORO, P. E., & FREIRE, F. M. **Rainfall in Brazilian Northeast via in situ data and CHELSA product: mapping, trends, and socio-environmental implications.** *Environmental Monitoring And Assessment*, 193(1), 263-281. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09043-9>, 2021.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., LYRA, G. B., GOIS, G., BRITO, T. T., & MOURA, N. D. S. H. D. **Análise de homogeneidade de séries pluviométricas para determinação do índice de seca IPP no estado de Alagoas.** *Floresta e Ambiente*, 19(1), 101-112. doi: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.011>, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., LYRA, G. B., GOIS, G., BRITO, T. T., & MOURA, N. D. S. H. D. **Análise de homogeneidade de séries pluviométricas para determinação do índice de seca IPP no estado de Alagoas.** *Floresta e Ambiente*, 19(1), 101-112. doi: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.011>, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, J. F; LYRA, G. B; GÓIS, G; BRITO, T. T; MOURA, N. S. H. **Análise de Homogeneidade de Séries Pluviométricas para Determinação do Índice de Seca IPP no Estado de Alagoas.** *Floresta e Ambiente*. 101-112 p. 2012.

OLIVEIRA, L. B. **Uso e Manejo da Água na Região Semiárida do Nordeste do Brasil.** *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, Recife, vols. 11/12, p.50-64,2015b.

OLIVEIRA, N. L; MARCUZZO, F. F. N; BARROS, R. G. **Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso.** *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37 n. 4, p. 284-297, 2015.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., XAVIER, F. M. G., TEODORO, P. E., GOIS, G., & DELGADO, R. C. **Cluster analysis identified rainfall homogeneous regions in Tocantins state, Brazil.** *Biosci. J. (Online)*, 333-340. doi: <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n2-32739>, 2017.

OMM-Organización Meteorológica Mundial y Asociación **Mundial para el Agua (2016): Manual de indicadores e índices de sequía** (M. Svoboda y B.A. Fuchs). Programa de gestión integrada de sequías, Serie 2 de herramientas y directrices para la gestión integrada de sequías. Ginebra. 2016.

PALA, Luiz Otávio de Oliveira. Revisitando a estimação de coeficiente de determinação. 2019. 112 f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2019.

PEREIRA, E. R. R. **Índices Pluviométricos na Análise da Intensidade e Variabilidade Regional das Chuvas no Nordeste do Brasil**. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande. CAMPINA GRANDE-PB, 2014.

PEREIRA, E. R. R.; FREITAS, J. C.; ANDRADE, A. R. MACEDO, M. L. A.; NETO SILVA, M. F. **Variabilidade do número de dias de chuva no estado de Alagoas**. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.5, n.1, p.7-26, 2012.

PERES, T. C.; MAIER, E. L. B. **Análise da Variabilidade espaço-temporal da precipitação no Brasil: SOI e PDO**. XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. o evento do dia 11/06/2019. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2019.

PETTITT, A. N. **A non-parametric approach to the change-point problem**. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28(2), 126-135. doi: <https://doi.org/10.2307/2346729>, 1979.

PINHEIRO, J. U; **Vórtices Ciclônico em Altos Níveis Sobre o Nordeste do Brasil e Mudanças Climáticas: Análise para o Clima Atual e Cenários Futuros**. 95p. 2015. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Embrapa. São Paulo, 2008.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Embrapa. São Paulo, 2008.

PLAIA, A; BONDÌ, A.L. **Single imputation method of missing values in environmental pollution data sets**. *Atmospheric Environment*, 2006.

PLAIA, A; BONDÌ, A.L. **Single imputation method of missing values in environmental pollution data sets**. *Atmospheric Environment*, 2006.

PONTES DA SILVA, B.F.; FEDOROVA, N.; LEVIT, V.; PERESETSKY, A.; BRITO, B.M. **Sistemas Sinóticos Associados às Precipitações Intensas no Estado de Alagoas**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, n. 3, p. 323- 338, 2011.



PONTES DA SILVA, B.F.; FEDOROVA, N.; LEVIT, V.; PERESETSKY, A.; BRITO, B.M. **Sistemas Sinóticos Associados às Precipitações Intensas no Estado de Alagoas**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, n. 3, p. 323- 338, 2011.

PRAMUDYA, Y., ONISHI, T., SENGE, M., HIRAMATSU, K; NUR, P. M.. **Evaluation of recent drought conditions by standardized precipitation index and potential evapotranspiration over Indonesia**. *Paddy and Water Environment*, 17(3), 331-338. doi: <https://doi.org/10.1007/s10333-019-00728-z>, 2019.

PRAMUDYA, Y., ONISHI, T., SENGE, M., HIRAMATSU, K; NUR, P. M.. **Evaluation of recent drought conditions by standardized precipitation index and potential evapotranspiration over Indonesia**. *Paddy and Water Environment*, 17(3), 331-338. doi: <https://doi.org/10.1007/s10333-019-00728-z>, 2019.

PRAMUDYA, Y.; ONISHI, T.; SENGE, M.; HIRAMATSU, K.; PRASETYO, M. R. N. **Evaluation of recent drought conditions by standardized precipitation index and potential evapotranspiration over Indonesia**. *Paddy and Water Environment*, v. 17, p. 331-338. 2019.

QGIS - **Quantum Geographic Information System**. **Quantum GIS Geographic Information System**. v. 3.4.6. Open Source Geospatial Foundation Project, 2019.

QGIS - Quantum Geographic Information System. Quantum GIS Geographic Information System. v. 3.4.6. Open Source Geospatial Foundation Project, 2019.

QUIRING, S. M. **Developing Objective Operational Definitions for Monitoring Drought**. Department of Geography. Journal Applied Meteorology and Climatology, v,48, p.1217-1229, EUA- Texas,2009.

R Core Team (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria**. <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/3.6.3/>

R Core Team (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria**. <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/3.6.3/>

RAMALHO, M. I. V. L. **Avaliação da seca global num clima em mudança**. Tese de mestrado em Ciências Geofísicas. Universidade de Lisboa, através da Faculdade de Ciências, 2013.

RAO. V. B; GIAROLLA, E; KAYANO, M. T; FRANCHITO, S. H. **Is the Recent Increasing Trend of Rainfall over NorthLeste Brazil Related toSub-Saharan Drought?.** Journal of climate, v19, 4448-4453p, 2006.

REBOITA, M. S; CAMPOS. B; SANTOS, T; GAN, M. A; CARVALHO, S. B. **Análise sinótica e numérica de um VCAN no Nordeste do Brasil.** Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física. v. 10, n. 01, p. 41-59, 2017.

REBOITA, M. S; GAN, M. A; ROCHA, R. F; AMBRIZZI, T. **Regimes de Precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica.** Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 2 p. 185-204, 2010.

**Reflexões a partir da Construção da Barragem de Bocaína, Picos- PI.** Vozes, Pretérito & Devir Dossiê Temático. Ano VII, Vol. XI, Nº I, 2020.

RISBEY. J. S; MCINTOSH, P. C; POOK, M. J. **Synoptic components of rainfall variability and trends in southLeste Australia.** Int. J. Climatol. 33: 2459–2472p, 2013.

ROBERTS, M. J.; SCHLENKER, W. **Is agricultural production becoming more or less sensitive to extreme heat? Evidence from U.S. corn and soybean yields.** NBER – National Bureau of Economic Research. Working Paper 16308, ago. 2010.

ROCHA, C. C; LEITE, M. A. **A seca de 1979 a 1983 no Semiárido Piauiense:**

RODIGHERI, G; FONTANA, D. C; SHAPIRINI, L. P; MENDES, A. P. S. F; DALMAGO, G. A. **Análise espectro-temporal de NDVI e área da soja cultivada frente ao La Niña de 2012.** Agrometeoros, Passo Fundo, v.27, n.1, p.63-72, 2019.

RODRIGUES, M. L. G; FRANCO. D; SUGAHARA. S. **Climatologia de Frentes Frias no Litoral de Santa Catarina. Brasil.** Revista Brasileira de Geografia. V. 22, n. 2, p. 135-151, 2004.

RODRIGUES, M.T. **Acoplamento do modelo hidrológico MGB ao modelo atmosférico WRF visando estimar vazão na Bacia do Rio Paraíba do Meio - AL/PE.** 2012.103p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Alagoas, Brasil, 2012

ROSSATO, L.; MARENGO, J. A.; ANGELIS, C. F. D.; PIRES, L. B. M.; MENDIONDO, E. M. **Impact of soil moisture over Palmer Drought Severity Index and its future projections in Brazil.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 22, 2017.

SAGA. System for Automated Geoscientific Analyses. Versão 2.0.2. 2005. Disponível em <http://www.saga-gis.org>.

SAMAPAIÓ, Y; SAMPAIO, G. R. **Impactos Da Seca Sobre a Economia Do Semiárido – Emprego, Renda e Sua Distribuição –E Implicações Para à Política De Combate à Seca.** Economia e Desenvolvimento, Recife (PE), v. 12, nº 2, 2013.

SANSIGOLO, C. A; REIS, T. G. **Probabilidades de Precipitações Sazonais no NE Do Brasil Associadas a Eventos Extremos de Enos.** XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014.

SANTOS, D. B.; SANTANA, G. S.; AZEVEDO, D. O; SILVA, A. J. P.; SILVA NETO, M. D. **Captação de água de chuva para fins agropecuários no semiárido.** In: **Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas, estudos e aplicações.** p. 76-97, Bahia, 2012.

SANTOS, F. S; GOMES, H. B; BARROS, G. V. P; ALVES, L. E. R; SILVA, D. F; COSTA, R. L. SILVA, F. D. S; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F; **Análise Sazonal dos Parâmetros Biofísicos Utilizando o Sensor MODIS para o Estado de Alagoas.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35, n. Especial, 955-968, 2020.

SANTOS, J. F; PULIDO-CALVO, I; PORTELA, M. M. **Spatial and temporal variability of droughts in Portugal.** *Water Resources Research*, VOL. 46, W03503, 2010.

SANTOS, L, S; BARBOSA, A, G; MENDES, L, A. A. **A Influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña com a intensidade da precipitação na bacia do rio Sergipe, Brasil.** 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente Bento Gonçalves – RS, Brasil, 2018.

SANTOS, R. S. **Avaliação da Relação Seca/ Produtividade Agrícola Considerando Cenários de Mudanças Climáticas.** *Dissertação*, 117 p. Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2008.

SARAIVA, V. M; KOING, A. **Produtividade do Capim-Elefante-Roxo Irrigado com Efluente Doméstico Tratado no Semiárido Potiguar e suas Utilidades.** *HOLOS*, Ano 29, Vol 1, 2013.

SARMENTO, F. J. **Mudanças Climáticas: Impactos sociais, econômicos e ambientais no semi-árido brasileiro.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

SELUCHI, M. E. **Padrões Sinóticos Associados a Situações de Deslizamentos de Encostas na Serra do mar.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006.

SILVA, A. O. **Aplicação Dos Índices De Palmer E Bhalme & Mooley Na Avaliação Da Seca No Estado Do Ceará.** 2011, 94 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) –Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011a.

SILVA, A. O; PEREIRA, T; A. S. **Distribuição Pluviométrica no município de Delmiro Gouveia – AL.** Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014.

SILVA, A. R; SANTOS, T, S; QUEIROZ, D. E, GUSMÃO, M. O; SILVA, T. G. F. **Variations in rainfall anomaly index in semi-arid.** Journal of Environmental Analysis and Progress. V. 02 N. 04 377-384p, 2017.

SILVA, B. F. P. **Contribuição dos Distúrbios Ondulatórios de Leste para a chuva no Leste do Nordeste do Brasil:** evolução sinótica média e simulações numéricas. 2011, 123 p. Dissertação. (Pós-Graduação em Ciências Atmosféricas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011b.

SILVA, D, F, ; LIMA, M. J. S; SOUZA NETO, P. F; GOMES, H. B; SILVA, F. D. S; ALMEIDA, H. R. R. C; PEREIRA, M. P. S; COSTA, R. L. **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.02, 449-464p, 2020.

SILVA, E. B; MACÊDO, K. G; FEITOSA, A. K; ARAÚJO NETO. J. R. **Variação Espacial da Precipitação das Cidades do Centro do Sul do Estado do Ceará, Brasil.** Perspectivas online, Ciências Exatas e Engenharia, 2016.

SILVA, F. D. S; CORREIA, M. F; ARAGÃO; SILVA. J. M. **Convecção linearmente organizada na área de Petrolina, semi-árido do nordeste do brasil: aspectos em meso e grande escala.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.3, 292-304, 2008.

SILVA, I. J. L. **Análise Quantitativa das Primeiras Águas de Chuva para Fins Não Potáveis na Cidade de Delmiro Gouveia-AL.** UFAL, 2019, 53p. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Federal de Alagoas. Delmiro Gouveia, Alagoas, 2019.

SILVA, M. J; GALVÍNIO J, D; COSTA, V. S. O. **Abordagem Interdisciplinar sobre a Influência da Zona de Convergência Intertropical — ZCIT no Nordeste Brasileiro.** Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais, Recife, v. 6, n. 1, p 107-117, 2017.

SILVA, P. W. **Variabilidade Climática em Series Hidrológicas: Identificação, Origens e Contribuição a eventos extremos.** UFPR, 2018, 160p. Dissertação de Mestrado – Programa

de Pós-Graduação em Engenharia e Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

SILVA, P. W; GRIMM, A. M. **Determinação de Modos de Variabilidade Climática em Séries de Chuva e Vazão**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

SILVA, V. P. **Distúrbios Ondulatórios de Leste: estudos de caso que afetaram a costa leste do NEB**. Campina Grande: UFCG, 2011, 73p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2011c.

SILVA, V. P. R. **On climate variability in NorthLeste of Brazil**. Journal of Arid Environments. v58, 575–596p,2004.

SILVA, V. P. R; PEREIRA, E. R. R; AZEVEDO, P. V; SOUSA, F. A. S; SOUSA, I. F. **Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n.2, p.131–138, Campina Grande, PB, 2011.

SILVEIRA, M. H. S. **Complexos convectivos de mesoescala do estado de Alagoas**. Maceió: 2010. 65p. Instituto de Ciências Atmosféricas- ICAT. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Trabalho de conclusão de curso, 2010.

SILVEIRA, S. R. **Índice de Severidade de Seca de Palmer Modificado para as Condições Climáticas do Estado do Rio Grande Do Sul**. 2019, 127p. Tese Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água. Universidade Federal de Pelotas, 2019.

SOUZA, C. L. O; NOGUEIRA, V. F. B; NOGUEIRA, V. S. **Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. v.12, n 4, p. 740-747, 2017.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T. AMBRIZZI, T. **The regional precipitation over Lesteern amazon/northLeste Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.19, n.2, p.113-122. 2004.

SOUZA, E. M; AQUINO, J. R. **A Grande Seca e Seus Efeitos na Produção Agropecuária do Rio Grande Do Norte (2012-2016)**. Revista GeoNordeste, São Cristóvão, Ano XXIX, n. 2, p. 174-195. 2018.

SOUZA, E.O; COSTA, M.S; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F; GOIS, F; MARIANO, G. L; COSTA, C. E. S; CORREIA FILHO, W. L. F; SANTIAGO. **Estimativa e Espacialização da**

**Erosividade em Mesorregiões Climáticas no Estado de Alagoas.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 35, n. Especial, 769-783, 2020.

SOUZA, E.O; COSTA, M.S; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F; GOIS, F; MARIANO, G. L; COSTA, C. E. S; CORREIA FILHO, W. L. F; SANTIAGO. **Estimativa e Espacialização da Erosividade em Mesorregiões Climáticas no Estado de Alagoas.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 35, n. Especial, 769-783, 2020.

SPINOZA, E. **Distúrbios Ondulatórios de Leste na Região Tropical. Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise Climática.** Disponível: <[climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/18.html](http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/18.html)>. Acessado em: 13 de jun. de 2020.

STEINEMANN, A. **Drought Indicators And Triggers:A Stochastic Approach To Evaluation.** Journal Of The American Water Resources Association. P 1217-1233, 2003.

SUDENE- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Nova delimitação Semiárido,** 2018.

TAKEMI, T. **Convection and precipitation under various stability and shear conditions: Squall lines in tropical versus midlatitude environment.** Atmospheric Research 142 (2014) 111–123p, 2014.

TAVARES, M. **Meteorologia Espacial.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, no. 4, Dezembro, 2000.

TEODORO, P. E.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; CUNHA, E. R.; CORREA, C. C. G.; TORRES, F. E.; BACANI, V. M.; GOIS, G.; RIBEIRO, L. P. (2015) **Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Mato Grosso do Sul State, Brazil.** Meteorology and Atmospheric Physics (Print) 128, 2015.

TESSLER, M. G; GOYA, S. C. **Processos Costeiros Condicionantes do Litoral Brasileiro.** Revista do Departamento de Geografia, v.17 11-23p, 2005.

TIGKAS, D; VANGELIS, H; TSAKIRIS, G. **An Enhanced Effective Reconnaissance Drought Index for the Characterisation of Agricultural Drought.** Environ. Process,137-148p, 2017.

TIGKAS, D; VANGELIS, H; TSAKIRIS, G. **DrinC: a software for drought analysis based on drought indices.** EarthScience Informatics, 8(3):697-709p, 2015.

TIGKAS, D; VANGELIS, H; TSAKIRIS, G. **Drought characterisation based on an agriculture-oriented standardized precipitation index**. Theoretical and Applied Climatology, 2018.

TIGKAS, D; VANGELIS, H; TSAKIRIS, G. **Implementing Crop Evapotranspiration in RDI for Farm-Level Drought Evaluation and Adaptation under Climate Change Conditions**. Water Resources Management, 2020.

TIGKAS, D; VANGELIS, H; TSAKIRIS, G. **Implementing Crop Evapotranspiration in RDI for Farm-Level Drought Evaluation and Adaptation under Climate Change Conditions**. Water Resources Management, 2020.

TIGKAS, D; VANGELIS, H; TSAKIRIS, G. **The Drought Indices Calculator (DrinC)**. Proceedings of 8th International Conference of EWRA, 1334-1342p, 2013.

TRAJKOVIC, S; GOCIC, M. **Spatiotemporal characteristics of drought in Serbia**. Journal of Hydrology 510 (2014) 110–123p, 2014.

TSAKIRIS, G; VANGELIS, H. **Towards a drought watch system based on Spatial SPI**. **Water Resources Management**, v. 18, p. 1-12, 2004.

TUCCI, C. E. M; HESPANHOL, I; NETTO, O. M. C. **Cenários Da Gestão Da Água No Brasil: Uma Contribuição Para A “Visão Mundial Da Água”**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 5 n.3 31-43 p, 2000.

TUCCI, C. E. M; HESPANHOL, I; NETTO, O. M. C. **Cenários Da Gestão Da Água No Brasil: Uma Contribuição Para A “Visão Mundial Da Água”**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 5 n.3 31-43 p, 2000.

UELE, D. I; LYRA, G. B; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. **Variabilidade Espacial e Intranual das Chuvas na Região Sul de Moçambique, África Austral**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n. 3, 473-484, 2017p.

**Using Objective Techniques**. American Meteorological Society, v. 135, Issue 4, 1251-1267p, 2007.

VALADÃO, C. E. A., P. S. LUCIO, R. R. Chaves, L. M. V CARVALHO, C. E. A. VALADÃO, 2015: **MJO Modulation of Station Rainfall in the Semiarid Seridó, NorthLeste Brazil Madden-Julian Oscillation, Intraseasonal, Raingauge**. Atmospheric and Climate Sciences, p. 408-417, 2015.

VAZ, J. C. M. **Análise das Ondas de Leste sobre a Costa Leste do Nordeste do Brasil para o período entre 1999-2009.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2011, 88p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

VICENTE, L. A; ZHANG, X; BROWN, R. D; FENG, Y; MEKIS, E; MILSEWSKA, E. J; WAN, H; WANG, X. L. **Observed Trends in Canada's Climate and Influence of Low-Frequency Variability Modes.** Journal of Climate, v28, 4545-4560p, 2015.

VIEGAS, J. ANDREOLI, R. V; KAYANO, M. T; CANDIDO, L. A; SOUZA, R. A. F; HALL, D. H; SOUZA, A. C; GARCIA, S, R; TEMOTEO, G. G; VALENTIN, W. I. D. **Caracterização dos Diferentes Tipos de El Niño e seus Impactos na América do Sul a Partir de Dados Observados e Modelados.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 34, n. 1, 43-67p, 2019.

WALDO ESPINOZA, J. C. L.-C. **IMPACTOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA EN LAS LLUVIAS DEL PERÚ (1965-2007).** Revista Brasileira de Meteorologia, v. Vol. 29, n. n.2, p.171–182, 2014

WANDERLEY, H. S; AMORIM, R. F. C; CARVALHO, F. O. **Variabilidade Espacial e Preenchimento de Falhas de Dados Pluviométricos Para O Estado de Alagoas.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.27, n.3, 347 - 354, 2012.

WANDERS, N.; WADA, Y. **Human and climate impacts on the 21st century hydrological drought.** Journal of Hydrology, 2015.

WILLMOTT, C.J. **On the validation of models.** Physical Geography. 2:184-194, 1981.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning.** Washington, USDA, 1978. 58p. (Agriculture HandBook, 537).

XAVIER, T. M. B. S; XAVIER, A. F. S; DIAS M. A. F. S; DIAS, P. L. S. **Interrelações Entre Eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a Chuva nas Bacias Hidrográficas do Ceará.** Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 8, n. 1, p. 111-126, 2003.

ZANELLA, M. E. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino.** Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, n. 36, volume especial, p. 126-142, 2014.