UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

MICHEL CARLOS COSTA DA GAMA

ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS E POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS EM DESASTRES NATURAIS NO ESTADO DE ALAGOAS

MACEIÓ/AL
2022

MICHEL CARLOS COSTA DA GAMA

ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS E POSSÍVEIS INFLUÊNCIAS EM DESASTRES NATURAIS NO ESTADO DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Meteorologia apresentado à Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Rosiberto Salustiano da Silva Júnior

MACEIÓ/AL
2022

Catalogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

G184a Gama, Michel Carlos Costa da.
Análise de eventos extremos e possíveis influências em desastres naturais no estado de Alagoas / Michel Carlos Costa da Gama. – 2022.
54 f. : il.

Orientador: Rosiberto Salustiano da Silva Júnior.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió.

Bibliografia: f. 48-54.

1. Climatologia. 2. Estatística. 3. Desastres ambientais - Alagoas. I. Título.

CDU: 551.58:31(813.5)

Dedico este trabalho à minha família, pelo incentivo, apoio e confiança.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por todas as bênçãos que me dá, por sua fidelidade e infinita graça e misericórdia.

Agradeço a toda minha família, especialmente a meus pais, Cícero e Márcia, que infelizmente não estão mais aqui, mas certamente estariam bastante felizes por essa conquista, a cada um dos meus irmãos (Michelle, Maysa, Marcel e Carolina) por tudo que já fizeram por mim, à minha vó Iradir, que sempre me ajudou e me estendeu a mão, à minha sogra, Cícera, que tenho como uma mãe, ao meu filho, Mateus, um presente que Deus me deu, à minha esposa, Amanda, que sempre me incentivou e acreditou em mim. *"Portanto, cada um de vocês também ame a sua mulher como a você mesmo, e a mulher trate o marido com todo o respeito."* (Efésios 5:33).

Sou grato a todos os professores do ICAT/UFAL, em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Rosiberto Salustiano da Silva Júnior, que simplesmente lutou comigo para conclusão desse curso, que para mim parecia perdida, também agradeço ao Prof. Dr. Glauber Lopes Mariano, Prof. Dr. José Francisco de Oliveira Júnior e BSc. Ewerton Hallan de Lima Silva, que aceitaram fazer parte da banca examinadora e ao Prof. Hélio Soares Gomes, por ter me ajudado no período que passei como bolsista. *"Alegrai-vos na esperança, sede pacientes na tribulação, perseverai na oração"* (Romanos 12:12).

Agradeço também a todos os colegas do curso, especialmente aos meus amigos do curso, Rafael, Cley, Sara e Silvania. *"Porque todo o que é nascido de Deus vence o mundo; e esta é a vitória que vence o mundo: a nossa fé."* (1 João 5:4)

Agradeço também ao meu tio Marivan, à minha tia Luziene, aos meus amigos, Felipe, Milton, Júnior, Filipe, Jandílson, Lucas, Deivison e Ramerson, por todo apoio que me deram. *"Dediquem-se uns aos outros com amor fraternal. Prefiram dar honra aos outros mais do que a vocês."* (Romanos 12:10).

Agradeço também por todo amor, apoio, incentivo, ajuda e orações de todas as pessoas que me ajudaram. *"O evangelho é a lei perfeita que dá liberdade às pessoas. Se alguém examina bem essa lei e não a esquece, mas a põe em prática, Deus vai abençoar tudo o que essa pessoa fizer." (Tiago 1:25)*

RESUMO

Alagoas é o segundo menor estado do Brasil e faz fronteira com o Oceano Atlântico a leste, Sergipe ao sul, Pernambuco ao norte e oeste e Bahia a sudoeste. A maior parte da população alagoana se encontra nas proximidades de Maceió, maior cidade do estado e com maior concentração populacional, com mais de 30% da população na região.

Diante disto, este trabalho teve como finalidade a realização de um estudo do histórico de precipitação e temperatura no estado de Alagoas, no período de 1948-2021, afim de investigar os indicadores meteorológicos por intermédio da climatologia na prevenção dos desastres naturais. Os dados das normais climatológicas e histórico de precipitações foram coletados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e após a coleta dos dados, foram utilizados para criação de gráficos de precipitação, temperatura, entre outras variáveis meteorológicas de alguns municípios de do estado de Alagoas. No caso dos dados históricos de precipitação, foram utilizados métodos de preenchimento de falhas de dados. Já os dados para ODP (Oscilação Decadal do Pacífico) e ENOS (El Niño e La Niña), foram obtidos junto as agências internacionais NCEP/NCAR e foram aproveitados para geração de imagens a fim de analisar as precipitações e temperaturas na mesma região. Nesse estudo foi utilizado um desvio padrão e com isso foi possível identificar que anos como os de 2004, 2007 e 2017 foram considerados chuvosos e que nos anos de 2012, 2015, 2016 e 2020 foram considerados secos em Maceió/AL, assim causando desastres naturais em extremos diferentes. O município de Maceió/AL apresentou 25 registros de chuvas acima de 82,8mm/dia que por sua vez possuem grande potencial para ocasionar deslizamentos e alagamentos. O que confere ainda mais importância para análises estatísticas dos dados meteorológicos para prevenção de desastres naturais.

Palavras-Chave: Climatologia, Desastres Naturais, Tempestades.

ABSTRACT

Alagoas is the second smallest state in Brazil and is bordered by the Atlantic Ocean to the east, Sergipe to the south, Pernambuco to the north and west and Bahia to the southwest. Most of the population of Alagoas is located in the vicinity of Maceió, the largest city in the state and with the highest population concentration, with more than 30% of the population in the region.

In view of this, this work aimed to carry out a study of the history of precipitation and temperature in the state of Alagoas, in the period 1948-2021, in order to investigate meteorological indicators through statistics in the prevention of natural disasters. The data of climatological normals and history of precipitation were collected by INMET (National Institute of Meteorology) and after collecting the data, they were used to create graphs of precipitation, temperature, among other meteorological variables in some municipalities in the state of Alagoas. The data for ODP (Pacific Decadal Oscillation) and ENOS (El Niño and La Niña), were obtained from the international agencies NCEP/NCAR and were used to generate images in order to analyze precipitation and temperatures in the same region. In this study, a standard deviation was used and with this it was possible to identify which years such as 2004, 2007 and 2017 were considered rainy and that in the years 2012, 2015, 2016 and 2020 were considered dry in Maceió/AL, thus causing natural disasters in different extremes. The municipality of Maceió/AL presented 13 records of rainfall above 100mm/day, which in turn have great potential to cause landslides and flooding. This gives even more importance to statistical analysis of meteorological data for the prevention of natural disasters.

Keywords: Climatology, Natural Disasters, Storms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Registro de enxurradas em Alagoas 17
Figura 2: Habitantes em áreas de risco do estado de Alagoas (Censo 2010) 18
Figura 3: Mapa da Região Nordeste do Brasil..... 21
Figura 4: Distribuição da intensidade da precipitação diária (mm) para municípios alagoanos..... 26
Figura 5: Percentual de dias considerados secos (P < 2,4mm) com dados do INMET (a) e percentual de falhas de dados das estações automáticas do INMET (b) 27
Figura 6: Normal climatológica da precipitação pluviométrica para o município de Maceió/AL, para os períodos de 1961-1990, 1981-2010, 1991-2020 (dados do INMET)..... 29
Figura 7: Precipitação Acumulada comparado com a Temperatura Média Compensada, períodos 1961-1990 e 1981-2010 (a), 1981-2010 e 1991-2020 (b), comparado com a Umidade Relativa do Ar, períodos 1961-1990 e 1981-2010 (c), 1961-1990 e 1991-2020 (d), para Maceió/AL (dados do INMET)..... 30
Figura 7: Precipitação Acumulada e Pressão Atmosférica para os períodos 1961-1990 e 1981-2010 (e), 1981-2010 e 1991-2020 (f) e comparado com a Intensidade do Vento, períodos 1961-1990 e 1981-2010 (g), para Maceió/AL (dados do INMET) 32
Figura 8: Normais climatológicas para os municípios alagoanos, utilizando dados de estações convencionais do INMET, períodos 1961-1990 (a), 1981-2010 (b) e 1991-2020 (c)..... 34
Figura 9: Série histórica da precipitação anual para os municípios alagoanos, durante o período de 2004-2021 (dados do INMET)..... 35
Figura 10: Anos chuvosos e secos em Maceió/AL no período de 2004-2021 (dados do INMET)..... 36
Figura 11: Série histórica mensal de precipitação para os municípios alagoanos, durante o período de 2003-2021 (dados do INMET)..... 37
Figura 12: Normais Climatológicas de Precipitação (a), Temperatura do Ar (b), para o NEB, período 1948-2021 (dados NCEP)..... 38
Figura 13: Fases da ODP (Oscilação Decadal do Pacífico), para o período de 1925-1988 39

Figura 14: Anomalia de Precipitação, períodos [1948-1976] – [1948-2021] (a), [1977-1998] – [1948-2021] (c), [1999-2021] – [1948-2021] (e), Temperatura do Ar [1948-1976] – [1948-2021] (b), [1977-1998] – [1948-2021] (d) e [1999-2021] – [1948-2021] (f), para anos de ODP, fases fria e quente (fria, 1948-1976, quente, 1977-1998 e teoricamente fria, 1999-2021). 40
Figura 15: Série histórica do ONI (Índice Oceânico de ENOS), região do Pacífico Tropical referente ao Niño 34 (120°-170°W), para o período de 1950-2022 42
Figura 16: Anomalia de Precipitação para anos de El Niño (a), para anos de La Niña (b), Temperatura do Ar para anos de El Niño (c) e para anos de La Niña (d), considerados forte e muito forte (El Niño, ONI > 1,4 e La Niña, ONI < -1,4), para o NEB e período compreendido entre 1948-2021. 43
Figura 17: Variação mensal da precipitação normal para municípios alagoanos (a), Variação mensal da precipitação normal de acordo com a fase do ENOS para Arapiraca/AL (b) e Maceió/AL (c) 44
Figura 18: Avaliação da média anual comparando com a Normal Climatológica de Precipitação, 2012 – [1948-2021] (a), 2017 – [1948-2021] (b), Temperatura do Ar em 2012 – [1948-2021] (c) e 2017 – [1948-2021] (d), 2012 (seco) (e) e 2017 (chuvoso) (f), para o NEB. 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais eventos incidentes no País 16
Tabela 2: Descrição das estações meteorológicas automáticas - EMA do INMET ... 22
Tabela 3: Classificação da intensidade da precipitação acumulada em 24 horas para Maceió/AL relacionada às ordens quantílicas 23
Tabela 4: Descriminação dos períodos de acordo com a intensidade do ENOS (El Niño e La Niña) 25
Tabela 5: Anos chuvosos e secos no período de 2004-2021, com dados do INMET [precipitação (mm)] 35

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO 11
2 - REVISÃO LITERÁRIA 12
2.1 - Definição e Classificação de Desastres Naturais 12
2.2 - Prevenção Contra Desastres Naturais 13
2.3 - Enchentes e Secas no Brasil 14
2.4 - Climatologia e Desastres Naturais 19
3 - MATERIAIS E MÉTODOS 20
3.1 - Área de Estudo 20
3.2 - Descrição dos Dados 21
3.3 - Ferramentas Utilizadas 23
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES 25
4.1 - Avaliação Estatística da Intensidade das Chuvas para Municípios Alagoanos 25
4.2 - Avaliação Climatológica das Variáveis Meteorológicas para o Estado de Alagoas 29
4.3 - Avaliação ODP nos Padrões de Temperatura e Precipitação para o NEB 37
4.4 - Avaliação do ENOS nos Padrões de Temperatura e Precipitação para o NEB 41
4.5 - Avaliação de ano Chuvoso 2017 e ano Seco 2012, Comparado a Normal Climática do NEB 45
5 - CONCLUSÃO 47
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48

1 - INTRODUÇÃO

Desde o fim da Segunda Guerra Mundial cerca de 1.200 desastres naturais afetaram a vida de mais de 2,3 milhões de pessoas em todo o mundo, causando muitos danos humanos e severas perdas econômicas (SOBRAL, et al., 2010). Jannuzzi (2018) aponta que atender as demandas socioambientais requer uma estrutura de gestão eficiente, que por sua vez implica um arsenal científico de informações.

No Brasil, mais de 80% dos desastres naturais são desencadeados por fenômenos meteorológicos e os impactos sociais são função não somente dos eventos de origem atmosférica, mas também da ação humana (PIELKE e CARBONE, 2002), o que tem exigido permanente atenção dos órgãos de Defesa Civil nos últimos anos. De modo a representar os desastres naturais ocorridos em Alagoas, o estado sofreu nas últimas décadas, segundo registros da Defesa Civil de Alagoas (2014), com um ciclo regular de enchentes que devastou famílias, e ocasionou prejuízos. O estado é banhado por lagoas, rios, lagos, açudes e mares, e as grandes enchentes ocorrem aproximadamente em ciclos de 20 anos (1949, 1969, 1989, 2000 e 2010). Reforçando a ideia de relacionar estudos de series climatológicas com casos de desastres naturais, no sentido de definir padrões que possam ajudar na prevenção de desastres naturais.

Logo, compreender como estudo estatísticos no campo da climatologia exercem um papel fundamental no sentido de quantificar e interpretar séries históricas de dados meteorológicos e fazer análises multidisciplinares na intenção de mitigar os efeitos dos desastres naturais. Em cenários críticos, como estando sob influência de crise e desastres ambientais, ter parâmetros estatísticos e probabilísticos torna-se imprescindível para as análises e estudos científicos, na prevenção de desastres naturais.

Por vezes, deslizamentos e transbordamentos ocorrem no mesmo período e até de forma simultânea, por estarem ligados à ocorrência de chuva na região, que é um grande mecanismo desencadeador dos desastres naturais. Com isso, é necessário que se conheça o potencial de ocorrência dos eventos extremos no local, considerando possíveis cenários quanto a condições atmosféricas. Ou seja, é

necessário o estudo da região de modo a prever a reação dessas ocorrências frente às condições meteorológicas extremas (TORRES, et al., 2020). E segundo Torres (2020), para classificar um evento como sendo um desastre natural, seja em casos de deslizamento ou transbordamento, é necessário que haja impacto na região em relação à população humana ou ao meio ambiente.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo geral investigar os indicadores meteorológicos por intermédio da estatística na prevenção dos desastres naturais, para a região do Nordeste do Brasil, em especial para o estado de Alagoas.

2 - REVISÃO LITERÁRIA

2.1 - Definição e Classificação de Desastres Naturais

De acordo com Carvalho (2020), os desastres podem ser definidos como eventos súbitos e calamitosos que interrompem as atividades de uma sociedade ou comunidade, causando perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais que comprometem seriamente o funcionamento da sociedade.

E em 2008, o Emergency Disaster Database (EM-DAT) do Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), reclassificou os tipos de desastres em seu banco de dados (Scheuren et al., 2008). Os desastres foram classificados primeiro em dois grandes grupos: os naturais e os tecnológicos. Os naturais foram subdivididos em seis grupos: biológicos, geofísicos, climatológicos, hidrológicos, meteorológicos e extraterrestres (meteoritos), e estes por sua vez em outros 12.

1. Biológicos: a) Epidemias; b) Infestações por Insetos
2. Hidrológico: a) Inundações; b) Movimentos de Massa “úmidos”
3. Meteorológicos: Tempestades
4. Climatológicos: a) Temperaturas extremas; b) Estiagens; c) Incêndios
5. Geofísicos: a) Terremotos; b) Vulcanismo; c) Movimentos de Massa “seco”
6. Extraterrestres: Meteoritos

Considerando os critérios estabelecidos mundialmente pelo Center for Research on the Epidemiology of Disasters - Cred (2013), de acordo com a Cobrade (2012) e com base no estudo realizado por Barcellos (2016), para que um evento de chuva intensa com consequências para a população seja considerado desastre natural, pelo menos um dos seguintes critérios descritos foram atingidos: ocorrência

de desabrigados e/ou desalojados, mortes, eventos de deslizamentos de terra ou transbordamento de rios (mesmo sem vítimas), declaração de situação de emergência, ou declaração de situação de calamidade pública.

Ainda seguindo o estudo realizado por Barcellos, et al., 2016, que se propôs a fazer um diagnóstico meteorológico dos desastres naturais ocorridos em Duque de Caxias/RJ em 2009, seus resultados mostraram que 74% desses eventos ocorreram entre os meses de novembro e fevereiro, sendo 20% ocorridos no ano de 2009, onde 57% dos desastres foram associados à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), 29% a passagem de frentes frias e 14% a áreas de instabilidade local. Para os eventos de ZCAS, a faixa de maior frequência de acumulados diários de chuva variou entre 10 e 50 mm nas 24 h antecedentes, e entre 60 e 110 mm no dia do desastre. Para frentes frias, os acumulados variaram entre 40 e 110 mm, e para áreas de instabilidade entre 30 e 95 mm.

Já Souza (2012), na análise da precipitação diária realizada para Recife/PE, constatou-se que quando há registros de precipitação dentro da classe de Chuva Muito Forte (precipitação ≥55,3mm), sempre há escorregamentos e muitos pontos de alagamentos, ocasionando danos à população. Estes impactos também são observados quando a classe considerada é de Chuva Forte (precipitação entre 18,6mm e 55,3mm).

Estudos de limiares de precipitação que geram os deslizamentos de terra, apontam a intensidade da chuva (Huang et al., 2015) e o acumulado de chuvas em um período de tempo de até 4 dias (TATIZANA et al., 1987a, 1987b; MOLINA et al., 2015) como os principais fatores pluviométricos que desencadeiam os movimentos de massa e devem ser avaliados regionalmente para definir o limiar.

> No entanto, como os eventos de deslizamentos de terra são corriqueiros e acontecem em todo mundo, é importante a avaliação regional, considerando-se as diferenças de padrões de uso e ocupação do solo, das feições do relevo e da drenagem, das características da precipitação, dentre outros aspectos (Santos; Fragoso; Souza, 2019, p. 2).

2.2 - Prevenção Contra Desastres Naturais

Ações internacionais destacada e estabelecida pela ONU, após a Década Internacional de Redução dos Desastres Naturais (1990-1999), como a International Strategy for Disaster Reduction – ISDR, tem como objetivo o desenvolvimento de estratégias de redução dos riscos de desastres no mundo, focando, principalmente a

redução das vulnerabilidades das comunidades de modo a reduzir o risco de desastres naturais (UN-ISDR, 2004).

Contudo, reduzir os riscos passa primordialmente pela adoção de medidas preventivas adequadas pelas autoridades competentes. E tais medidas precisam de estudos prévios dos fatores que condicionam os mecanismos que promovem os desastres naturais, bem como definir padrões que indiquem o perigo e o risco.

Alguns aspectos são importantes para avaliação o perigo da ocorrência de um desastre natural, que parte da combinação das informações do meio físico (tipo de solo, declividade, clima, etc.) e do mapa de inventário de processos como os de deslizamento de terra e de erosão. Por exemplo estes mapas podem conter escalas de acordo com análises qualitativamente, classificando-se, por exemplo, baixo, médio e alto perigo.

Já os métodos estatísticos adotados para estudos que envolvem a prevenção contra desastres naturais, podem ser agrupados em três tipos principais: os empíricos; os probabilísticos e os determinísticos (Fernandes *et al.*, 2001; Savage *et al.*, 2004).

Com base em análises estatísticas, em geral, os métodos probabilísticos, as quais conferem menor subjetividade nos mapeamentos de áreas de risco (potencialmente sujeitas a desastres naturais), permite que a aplicação de técnicas estatísticas definir padrões baseadas em séries históricas e com análises prevenir desastres. Estes procedimentos baseiam-se no princípio de que os fatores que causaram a instabilidade de um determinado local no passado poderão gerar novas instabilizações no futuro (Van Westen, 1993; Guzzetti *et al*., 1999). Entretanto, deve-se destacar que, como os critérios e regras de combinação nestes métodos baseiam-se em padrões mensurados a partir de observações e/ou ensaios de campo, torna-se necessária, a disponibilidade de extensos bancos de dados sobre os processos estudados, o que é muito raro na realidade brasileira (Fernandes *et al.*, 2001).

2.3 - Enchentes e Secas no Brasil

Conforme Bandeira, Nunes e Lima (2016), o histórico de desastres naturais em território nacional advém principalmente de eventos atmosféricos extremos majorados pela intervenção social decorrente de ocupações desordenadas. Tais

ocupações ocasionam degradações e prejuízos ao meio ambiente que reverberam de forma negativa na saúde e no bem-estar dos indivíduos. Conforme um dos condicionantes da política nacional de Defesa Civil (2000), a deterioração ambiental e os desastres agravam as vulnerabilidades dos ecossistemas e deterioram as condições de vida da população.

A noção de vulnerabilidade ambiental é analisada diante de problemas ligados ao meio ambiente e sua susceptibilidade, ou seja, a fragilidade deste associado a possíveis eventos extremos que geram a exposição a riscos, (MARANDOLA, HOGAN, 2004). Conforme Saito (2011), esse processo é caracterizado por desastres socioambientais que se sobrepõem aos indicadores socioeconômicos, reforçando a exposição a múltiplos riscos. Ocorre a intensificação do processo de vulnerabilidade oriunda de processos sociais, históricos e territoriais que se relacionam com as práticas econômicas e político-institucionais que impactam pouco no combate efetivo às desigualdades.

Importa apontar que:

> O desastre apresenta duas características importantes, que podem ser combinadas ou não. A primeira é resultar em uma séria interrupção do funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade, afetando seu cotidiano através de perdas materiais e econômicas, danos ambientais e à saúde das populações. A segunda é exceder a capacidade de uma comunidade ou sociedade afetada em lidar com a situação utilizando seus próprios recursos, podendo resultar na ampliação das perdas e danos materiais, econômicos e ambientais, bem como doenças e óbitos. (FREITAS et al, 2019, p. 11)

Segundo a UFSC (2012), aponta-se que no último Atlas dos Desastres Naturais no Brasil que abrange o período de 1991 a 2012, nas décadas de 1990 e 2000 ocorreram um total de 31.909 desastres. Abaixo tem-se registros dedicados a Alagoas (Tabela 1) no qual é possível assinalar os principais desastres localizados na região, ao qual se destacam as enxurradas, inundações e alagamentos.

Tabela 1: Principais eventos incidentes no País

Tipo		COBRADE
Movimentos de Massa	Quedas, Tombamentos e rolamentos - Blocos	11311
	Quedas, Tombamentos e rolamentos - Lascas	11312
	Quedas, Tombamentos e rolamentos - Matacões	11313
	Quedas, Tombamentos e rolamentos - Lajes	11314
	Deslizamentos	11321
	Corridas de Massa - Solo/Lama	11331
	Corridas de Massa - Rocha/detrito	11332
	Subsidências e colapsos	11340
Erosão	Erosão Costeira/Marinha	11410
	Erosão de Margem Fluvial	11420
	Erosão Continental - Laminar	11431
	Erosão Continental - Ravinas	11432
	Erosão Continental - Boçorocas	11433
Inundações		12100
Enxurradas		12200
Alagamentos		12300
Ciclones/vendavais	Ciclones - Ventos Costeiros (Mobilidade de Dunas)	13111
	Ciclones - Marés de Tempestade (Ressacas)	13112
	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	13215
Tempestade Local/Convectiva - Granizo		13213
Estiagem/seca	Estiagem	14110
	Seca	14120
Tempestade Local/Convectiva - Tornados		13211
Onda de Frio - Geadas		13322
Incêndio Florestal		14131
		14132

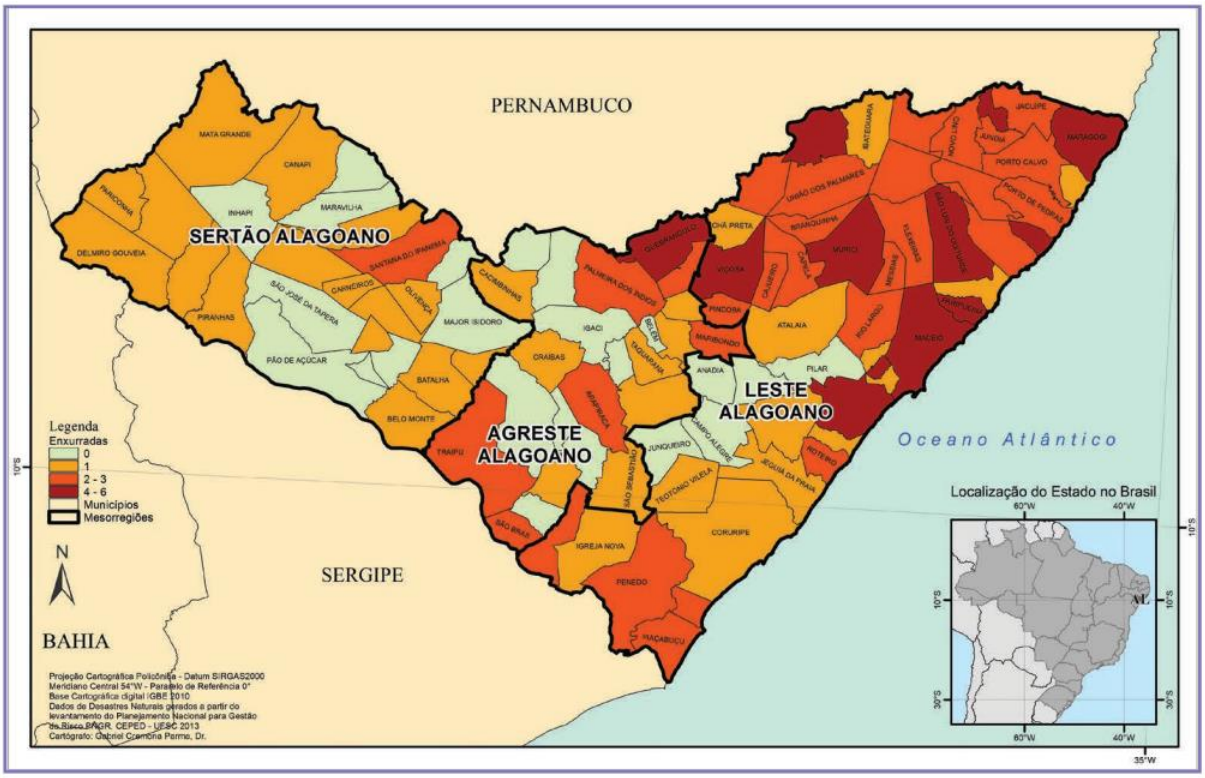
Fonte: S2iD (2013).

Legenda: COBRADE (Codificação Brasileira de Desastres)

Para Brasil (2012), enxurradas é o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar associada ao domínio fluvial e é causada por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado, além disso, apresenta grande potencial destrutivo.

Abaixo salientam-se os registros de enxurradas em Alagoas (Figura 1) considerando o último Atlas de Desastres Naturais:

Figura 1: Registro de enxurradas em Alagoas

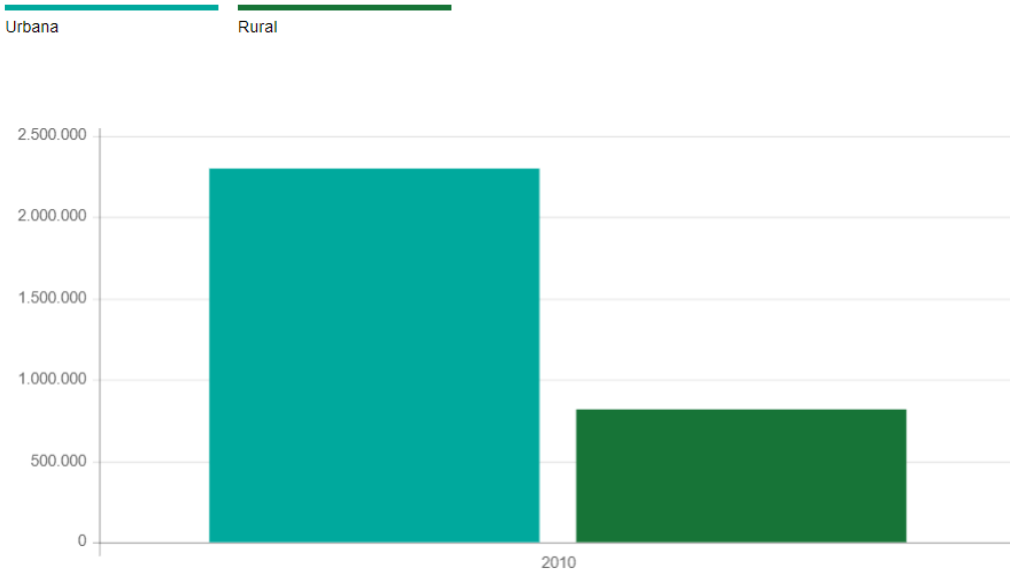


Fonte: S2iD (2013).

No caso das enchentes, observa-se tal fenômeno como resultado de ações e dinâmicas dentro dos sistemas naturais sobre a superfície terrestre. Segundo Wollmann (2015), as enchentes não se restringem apenas a majoração da vazão, abarcam também movimentos atmosféricos, processos geomorfológicos.

Nesse sentido, ressalta-se abaixo a disposição territorial da população de Alagoas no qual é possível mensurar o número de indivíduos que vivem em áreas urbanas e rurais, considerando a questão da ocupação de áreas urbanas de risco, como mostra na Figura 2.

Figura 2: Habitantes em áreas de risco do estado de Alagoas (Censo 2010)



Fonte: IBGE (2022).

Conforme Wollmann (op. cit.), os conceitos de inundação e cheia tendem a ser aplicados como sinônimos, principalmente quando se refere a periodicidade de ocorrência desses fenômenos. As enchentes acontecem sobre as mesmas áreas geomorfológicas ao menos uma vez por ano. Já os alagamentos se restringem às áreas urbanas em decorrências de chuvas fortes e a presença de solos muito impermeabilizados. As enchentes relacionam-se com as modificações no meio ambiente associadas às ações humanas que impactam no sistema climático e geomorfológico.

Em relação às secas no Brasil, segundo o CEPED (2015), esse é o tipo de desastre que mais afeta a população e segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2012), apenas na região Nordeste os danos atingiram mais de 41 milhões de pessoas afetadas entre 1991 e 2012.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), alguns dos maiores impactos das mudanças climáticas ocorrerão sobre as regiões semiáridas do planeta, inclusive sobre o NEB. Conforme Freitas (2015?), no Brasil, o Sertão nordestino aponta as menores incidências de chuvas e a limitada presença de chuva nessa região é causada basicamente pelo tipo de massa de ar aliado ao relevo, esse muitas vezes impede que massas de ar quentes e úmidas atuem sobre o local.

2.4 - Climatologia e Desastres Naturais

De acordo com Gonçalves (2003), no Brasil os eventos catastróficos se relacionam à natureza climática, ou seja, são fenômenos relacionados às variações bruscas de temperatura, oscilações hídricas, que causam impacto no meio ambiente, à população e à economia do país.

Pensando nisso, estiagem prolongadas (seca) ou períodos com chuvas rigorosas (chuvoso) são exemplos de oscilações hídricas que podem causar desastres naturais. No Brasil, o tipo de desastre que mais afeta a população é a seca e, segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2012), apenas na região Nordeste os danos atingiram mais de 41 milhões de pessoas afetadas entre 1991 e 2012 (CEPED, 2015). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2016), apenas no primeiro semestre de 2016, a seca tanto de curto quanto de longo prazo foi extrema, principalmente nos estados do Maranhão, Bahia, Piauí, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte (com os 3 últimos com maior número de municípios em estado de emergência). Ao longo do ano de 2016, todos os estados do Nordeste tiveram situação de emergência decretada (quase 1,1 mil cidades) e o estado do Ceará apresentou 5 secas seguidas desde 2011, com níveis de reservatórios em 8,8%, o pior nível em 20 anos (INMET, 2017).

De acordo com o estudo realizado por Santos, et al. (2019), para a cidade de Maceió/AL, no período 2015-2017, que trata dos índices pluviométricos limiares que geram deslizamentos, são agrupados em três grupos de acordo com a intensidade e a duração das chuvas: 1) 40 mm de precipitação diária, distribuída em duração superior a 5 h, em períodos sem chuva antecedente significativa (normalmente fora da quadra chuvosa); 2) 24 mm de precipitação diária quando o acumulado de precipitação em 15 dias for superior a 100 mm; 3) 200 mm de precipitação acumulada em 15 dias.

No tocante a classificação da intensidade da chuva que pode atingir o limiar para gerar o deslizamento, Molina, et al. (2015), classificaram a distribuição de precipitação diária em categorias por mês, e foram identificados os limiares de precipitação diária através da técnica dos quantis (XAVIER; XAVIER, 1987), considerando somente os dias com chuva e classificando conforme os limiares de precipitação associada, sendo: muito seco se o quantil $q \leq 0,15$; seco se $0,15 < q \leq$

0,35; normal se 0,35 < q ≤ 0,65; chuvoso se 0,65 < q ≤ 0,85; e muito chuvoso se q > 0,85.

A ODP e o ENOS podem ter efeitos combinados na distribuição anômala de precipitação em algumas regiões (Gershunov e Barnett, 1998), agindo "construtivamente", com anomalias fortes e bem definidas quando elas estão na mesma fase e "destrutivamente", com anomalias fracas e mal definidas quando elas estão em fases opostas (BROWN e COMRIE, 2004 apud ANDREOLI e KAYANO, 2005). A precipitação é a variável meteorológica que mais colabora para o acontecimento de desastres, seja por excesso ou escassez. No NEB, sua variabilidade interanual e intrasazonal é, principalmente, influenciada por mecanismos de escala global como eventos de ENOS (El Niño e La Niña), que são considerados como a principal causa das variações no clima em diversas regiões do globo (Kousky, 1979).

O fenômeno das secas é consequência da interação entre a circulação global da atmosfera a os oceanos tropicais, como é o caso das secas no semiárido do Brasil decorrente do fenômeno El Niño no oceano pacífico equatorial (NOBRE, 2017).

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Área de Estudo

O estudo será realizado para a região Nordeste do Brasil (NEB), com ênfase para o Estado de Alagoas, por conta principalmente as ocorrências de desastres naturais de secas prolongadas, como as secas no sertão alagoano, ou mesmo chuvas intensas causando enchente, como no caso das regiões litorâneas.

De acordo com informações obtidas junto ao site do Wikipédia (2011), a Região Nordeste em comparação com as outras regiões brasileiras, tem a segunda maior população, o terceiro maior território, o menor IDH (2017) e o terceiro maior PIB (2018). Apresenta ainda uma média anual de temperatura entre 20° e 28° C. Nas áreas situadas acima de 200 metros e no litoral oriental, as temperaturas variam de 24° a 26 °C. As médias anuais inferiores a 20 °C encontram-se nas áreas mais elevadas da Chapada Diamantina e do planalto da

Borborema. O índice de precipitação anual varia de 300 a 2000 mm. E sendo sub-regiões: meio-norte, sertão, agreste e zona da mata, ver Figura 3.

Figura 3: Mapa da Região Nordeste do Brasil

Fonte: Wikipédia (2011).

3.2 - Descrição dos Dados

Foram utilizados dados de precipitação diários, mensais e climatológicos das estações meteorológicas automáticas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia - https://portal.inmet.gov.br/). Somente para as estações do Estado de Alagoas, como mostra na Tabela 2. Estes dados observados serviram como referência para as comparações realizadas entre os períodos das normais climatológicas e análises das tendências realizadas. Abaixo os dados das EMA (Estações Meteorológicas Automáticas) do Estado de Alagoas, detalhes e descrições na Tabela 2.

Tabela 2: Descrição das estações meteorológicas automáticas - EMA do INMET.

Estação	Data Início Medições	Data Final Utilizado	Altura da Estação (m)	Distância do Oceano (km)
Maceió - MCZ	24/02/2003	31/12/2022	84,12	11,4
Palmeira dos Índios - PAL	10/07/2007	31/12/2022	278,01	91,5
Pão de Açúcar - PAO	13/07/2007	31/12/2022	20,83	137,2
Arapiraca - ARA	26/04/2008	31/12/2022	236,84	63,4
Coruripe - COR	05/09/2008	31/12/2022	82,39	12,7
São Luís do Quitunde - SLQ	08/09/2008	31/12/2022	19,00	14,0
Piranhas - PIR	19/09/2017	31/12/2022	187,00	165,9

Fonte: Autor (2022).

Para análises espaciais, foram utilizados dados de reanalises do “NCEP/NCAR Reanalysis 1”, de precipitação pluviométrica e temperatura do ar, que usa um sistema de análise/previsão de última geração para realizar a assimilação de dados usando dados passados de 1948 até o presente. Sendo utilizado dados diários de água precipitável para toda região Nordeste do Brasil, que será tratado como precipitação pluviométrica para efeito de comparação com os dados observados do INMET. Vale destacar ainda que a resolução destes dados é de 2,5° LatxLon (equivalente a aproximadamente 277,5km), maiores informações em Kalnay et al., 1996.

Separando na Tabela 3 de acordo com a intensidade estimado pelo método ONI (Índice Oceânico de ENOS), ou seja, sendo fraco [-0,5 < ONI < 0,5], moderado [-1,4 < ONI < -1 e 1 < ONI < 1,4], forte [-2 < ONI < -1,4 e 1,4 < ONI < 2], muito forte [ONI >2 e ONI < -2].

3.3 - Ferramentas Utilizadas

As análises estatísticas foram realizadas médias e acumulados temporais e espaciais, bem como avaliação da qualidade de falhas para verificar a representatividade dos dados. Para avaliar o padrão da intensidade das chuvas no município de Maceió/AL, foi baseado no estudo dos quartis (5%, 25%, 50%, 75%, 95%), de acordo com o proposto por Souza, et al, (2012). Assim chegando ao resultado abaixo (Tabela 3):

Tabela 3: Classificação da intensidade da precipitação acumulada em 24 horas para Maceió/AL relacionada às ordens quantílicas.

Classificação	Intensidade (mm)	Probabilidades
Dia Seco (DS)	2,4 < P	$P < Q_{0,05}$
Chuva Muito Fraca (Cmf)	2,4 <= P < 3,8	$Q_{0,05} <= P < Q_{0,25}$
Chuva Fraca (Cf)	3,8 <= P < 7,6	$Q_{0,25} <= P < Q_{0,50}$
Chuva Moderada (CM)	7,6 <= P < 14,4	$Q_{0,50} <= P < Q_{0,75}$
Chuva Forte (CF)	14,4 <= P < 39,8	$Q_{0,75} <= P < Q_{0,95}$
Chuva Muito Forte (CMF)	39,8 <= P < 82,8	$Q_{0,95} <= P < Q_{0,99}$
Tempestade (T)	P >= 82,8	$P >= Q_{0,99}$

Fonte: Laboratório de Modelagem Atmosférica - LABMODEL, 2022.

Para o preenchimento das falhas de dados, foram utilizadas duas estações como referência, sendo que tais estações devem estar localizadas as mais próximas possíveis, porém com climatologia semelhante. Seguiu-se os seguintes critérios abaixo:

1- Em caso do registro de dados das duas estações referências:

$$D_p = D_1.P_1+D_2.P_2$$

2- Em caso de dado de apenas uma das estações referências:

$$D_p = D_e+D_e.\Delta N_{pp\text{-}e}$$

3- Em caso de falta de dados nas duas estações referências:

$$D_p = \frac{N_m}{24D_m}$$

Obs.: Os dados são horários.

Legenda:

D_p = Dado da estação procurada;

D_1 = Dado da estação 1;

D_2 = Dado da estação 2;

P_1 = Peso da distância da estação 1;

P_2 = Peso da distância da estação 2;

D_e = Dado da estação referência;

ΔN_{pp-e} = Variação da normal da estação procurada no mês procurado com a estação referência;

N_m = Normal da estação procurada no mês procurado;

D_m = Número de dias do mês procurado.

Em relação à classificação dos anos como chuvoso ou seco, foi calculado o desvio padrão de cada estação e para esse estudo o critério foi menos rigoroso, utilizando 1 desvio padrão. O desvio é calculado pela seguinte fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{n}}$$

Onde:

σ: Desvio padrão;

x_i: Valor qualquer no conjunto de dados não posição i;

μ: Média aritmética dos dados do conjunto;

n: Quantidade total dos dados do conjunto.

Para trabalhar os dados obtidos através das agências internacionais NCEP/NCAR, foram utilizados os softwares GRADS - Grid Analysis and Display System (programa de visualização especializado em variáveis meteorológicas, http://cola.gmu.edu/grads/) e CDO - Climate Data Operators (programa especializado em tratamento de dados climatológicos, https://code.mpimet.mpg.de/projects/cdo). Com o objetivo de agilizar as análises e fazer tratamento de médias e tendências de forma temporal e espacial.

A Tabela 4 mostra a intensidade estimada pelo método ONI (Índice Oceânico de ENOS) e é classificado como sendo fraco [-0,5 < ONI < 0,5], moderado [-1,4 < ONI < -1 e 1 < ONI < 1,4], forte [-2 < ONI < -1,4 e 1,4 < ONI < 2], muito forte [ONI >2 e ONI < -2].

Tabela 4: Descriminação dos períodos de acordo com a intensidade do ENOS (El Niño e La Niña).

El Niño				La Niña		
Fraco	Moderado -	Forte	Muito Forte	Fraco	Moderado	Forte
1952-53	1951-52	1957-58	1982-83	1954-55	1955-56	1973-74
1953-54	1963-64	1965-66	1997-98	1964-65	1970-71	1975-76
1958-59	1968-69	1972-73	2015-16	1971-72	1995-96	1988-89
1969-70	1986-87	1987-88		1974-75	2011-12	1998-99
1976-77	1994-95	1991-92		1983-84		1999-00
1977-78	2002-03			1984-85		2007-08
1979-80	2009-10			2000-01		2010-11
2004-05				2005-06		
2006-07				2008-09		
2014-15				2016-17		

Fonte: SOUZA e REBOITA, 2019.

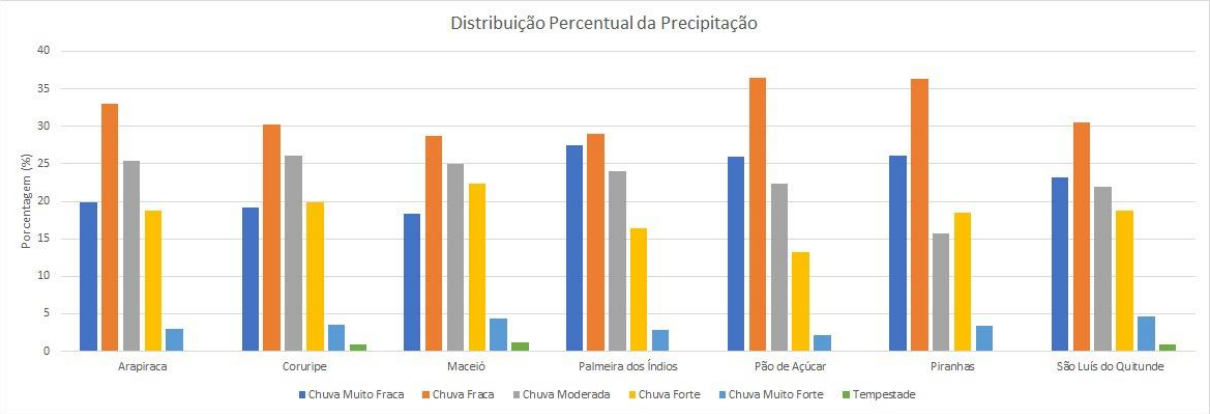
De modo a realizar análises sobre a relação do El Niño e La Niña no regime de chuvas e temperatura no NEB, usando o parâmetro de forte a muito forte (ONI > 1,4 ou ONI < -1,4) para ambos os casos. A escolha das intensidades forte e muito forte são justificadas no sentido de amplificar o sinal de influência do ENOS sobre a variabilidade dos índices de chuva e temperatura.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - Avaliação Estatística da Intensidade das Chuvas para Municípios Alagoanos

Levando em consideração os níveis de precipitação mostrados na Tabela 3 (ver tabela), e avaliando em conjunto com a Figura 4 abaixo, que mostra de forma detalhada a distribuição da intensidade das chuvas diárias ocorridas nos municípios de Maceió (MCZ), Coruripe (COR), Palmeira dos Índios (PAL), Pão de Açúcar (PAO), Arapiraca (ARA), São Luís do Quitunde (SLQ) e Piranhas (PIR), percebe-se que a maior parte dos dias esteve entre os indicadores de Muito Fracas e Moderadas. Porém, é importante salientar quanto ao percentual de ocorrências de chuvas fortes, o que é o suficiente para causar desastres naturais, como deslizamento de terra e enchentes.

Figura 4: Distribuição da intensidade da precipitação diária (mm) para municípios alagoanos com dados do INMET



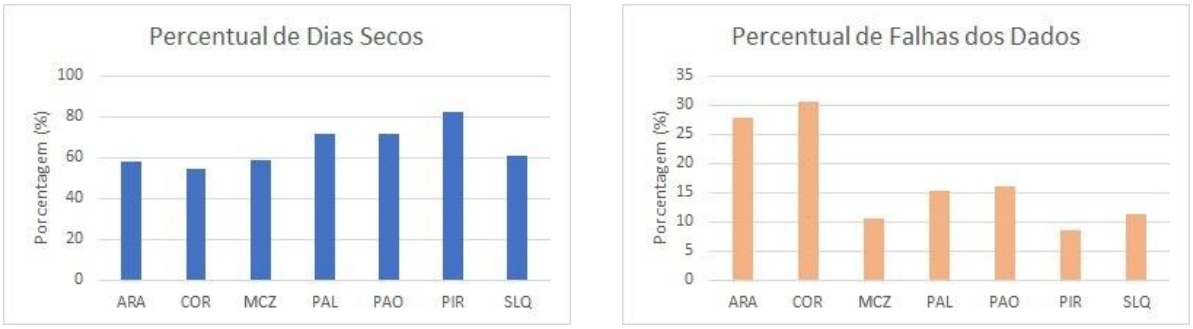
Fonte: Autor.

Também é importante informar que nessas estações observadas, há registros de chuvas muito fortes, com precipitações acima de 39,8mm/dia. Para a cidade de Maceió/AL, ocorreram 19 registros de chuvas consideradas como tempestades (acima de 82,8mm/dia), em média estes dias apresentaram precipitação de 108,8mm/dia, estando dentro de um período de dias consecutivos com chuva de média 10,2 dias, vale ressaltar ainda que 14 registros de chuva considerada como tempestades ocorreram dentro da quadra chuvosa, que é o período com maior quantidade de chuva (Abr [2], Mai [3], Jun [6], Jul [3]). Destaca-se ainda o episódio da ocorrência de 3 registros somente em 2017, que ocorreu praticamente num período de 1 mês, 27/05, 29/06 e 01/07, demonstrando o período chuvoso rigoroso deste ano, além disso, o dia mais chuvoso registrado nessa estação foi no dia 01/06/2004, precipitação de 231,8mm. No município de São Luís do Quitunde foram registradas tempestades em 17 dias e o dia mais chuvoso foi em 04/06/2010, onde a estação registrou uma quantidade de 176,2mm. Já o município de Coruripe/AL, baseando-se na classificação da intensidade da precipitação de Maceió/AL, apresentou 7 registros com chuvas superiores a 82,8mm/dia, precipitação média de 96,7mm e duração média da chuva de 7,6 dias, com destaque para o fato de 2 registros acontecerem em maio 2009 e 2017 e outro em 13/10/2013, que por sua vez foi o dia registrado com maior precipitação, 113,4mm/dia. Ou seja, os eventos e períodos mencionados demonstram potencial para causar desastres naturais e devido a intensidade e duração, e com grande recorrência na quadra chuvosa. É importante apontar o índice de chuvas fortes, que pode ter potencial para provocar

desastres naturais. Onde as estações de Maceió/AL e Coruripe/AL possuem valores consideráveis dentro de suas classificações de intensidade de chuvas.

O grande número de falhas de dados, como mostra na Figura 5(a), dificulta uma análise mais precisa sobre o clima ou mudanças climáticas para a área de estudo. Com o auxílio das Figuras 5(a) e 5(b), mostram-se os percentuais das falhas e dias secos (Precipitação abaixo de 2,4mm), não necessariamente nessa ordem. O que torna a claro a necessidade de diversificar a base de dados, utilizando hidroestimador (estimativa de precipitação por satélite), ou mesmo a utilização de modelagem atmosféricas para suprir as lacunas deixadas pelos períodos de ausência de dados.

Figura 5: Percentual de dias considerados secos (P < 2,4mm) com dados do INMET (a) e percentual de falhas de dados das estações automáticas do INMET (b).



(a) (b)

Fonte: Autor (2022).

Observa-se que em Piranhas houve um grande percentual de dias secos, chegando em torno de 82%, de forma contrária a apresentada pela estação de Coruripe cujo percentual esteve menor com dias considerados secos, cerca de 54%. Piranhas está localizada no sertão alagoano, seu índice pluviométrico está abaixo da média pluviométrica anual de Maceió, estando em torno de 575mm, tornando a região muito seca (comprovando a distribuição de dias secos). Diante do exposto nas Figuras 4, 5(a) e 5(b), a estação de Maceió mostra um padrão de distribuição da intensidade em comparação com as demais cidades, de menos indicadores de chuvas consideradas Muito Fraca e Fraca, e maiores índices de chuvas consideradas de Fortes, Muito Forte e Tempestade. Vale salientar com o auxílio da Figura 5a, que das 6 cidades avaliadas, a capital alagoana foi a terceira cidade com

maiores números de registros com dias com chuva, reforçando a análise feita por Ebbesen (2016), que afirma que a cidade de Maceió/AL, pode ser classificada como altos índices de precipitação e por isso sendo considerada como uma cidade chuvosa, corroborando a classificação climática de tropical chuvoso, com verão seco e inverno úmido. As temperaturas ficam entre 23ºC e 28ºC na região. As chuvas nesta área se concentram no inverno, registrando índices de precipitação entre 1800 e 2000mm. Para dimensionar a representatividade dos dados observados, foi realizada uma análise da consistência dos dados (falhas), e percebe-se com a ajuda da Figura 5b, que a estação que obteve mais falhas de dados foi a de Coruripe, chegando à ausência aproximada de 31% dos dados. Piranhas, por sua vez, foi a estação que obteve o menor número de falhas de dados, que foi em torno de 8%, inclusive com menos falha que a capital alagoana.

Com base nessas informações, é possível refletir que dos 89% dos dados observados em Maceió, cerca de 61% dos dias houve precipitação e que por volta de 3% dos dias ocorreram chuvas acima de 39,8mm/dia, classificadas entre Muito Fortes ou 82,8mm/dia no caso de Tempestades. Essas informações são de suma importância para prevenção de desastres naturais, pois a ocorrência de chuvas fortes, já é o suficiente para deixarem os municípios alagoanos em estado de emergência ou calamidade pública.

Em Piranhas, dos 92% de dados disponíveis, apenas 25% dos dias ocorreu precipitação e considerando os dias que choveu, a maior parte delas foram fracas ou muito fracas, cerca de 23% e registro de somente 1% de chuvas muito forte. Não foi registrado nenhuma tempestade, segundo a classificação seguida. Assim evidenciando ainda mais a climatologia muito seca, típica dessa região.

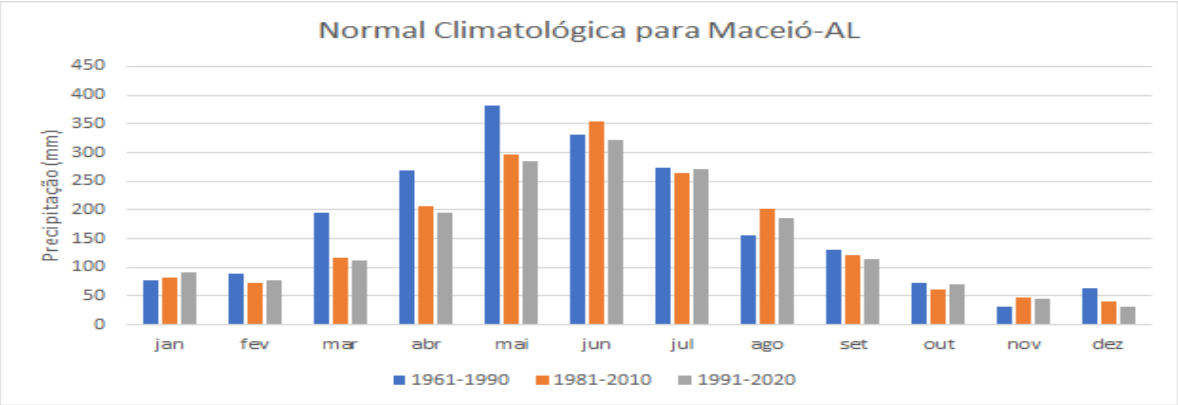
Já em Palmeira dos Índios, dos 85% de dados observados disponíveis, houve chuvas em aproximadamente 36% dos dias, sendo que 25% dessas chuvas foram fracas ou muito fracas. Devido principalmente à sua localização estando na mesoregião classificada como agreste do estado de Alagoas e estando numa altitude de aproximadamente 340 metros acima do nível médio do mar. Em termos de classificação climática, ainda com base em informações obtidas pelo Wikipédia (2022), Palmeira dos Índios possui um clima tropical semiúmido, contendo verões quentes e invernos razoavelmente frios, com período chuvoso concentrado no

inverno, especialmente entre os meses de maio a agosto. Esse clima muito quente e menos chuvoso que o úmido, faz com que a umidade relativa do ar fique baixa, o que traz prejuízos para o meio ambiente, aumentando o índice de queimadas e pode ter consequências prejudiciais para a saúde dos habitantes desse clima.

4.2 - Avaliação Climatológica das Variáveis Meteorológicas para o Estado de Alagoas

Com base nos dados da normal climatológica da precipitação acumulada para o município de Maceió, como mostra na Figura 6, houve uma mudança no mês mais chuvoso, que anteriormente era no mês de maio (período climático 1961-1990), alterou para o mês de junho (períodos climáticos 1981-2010 e 1991-2020), provavelmente associados as mudanças climáticas afetando o regime pluviométrico. Fica evidente que os meses mais chuvosos estão entre maio e julho, também é de se observar que as precipitações em maior frequência ocorridas no mês de junho, em média chegam próximas a 350mm. Em relação ao mês com menor índice de chuva, houve uma mudança do mês de novembro para o mês de dezembro, esses continuam sendo os meses com menores precipitações registradas para Maceió/AL.

Figura 6: Normal climatológica da precipitação pluviométrica para o município de Maceió/AL, para os períodos de 1961-1990, 1981-2010, 1991-2020 (dados do INMET).



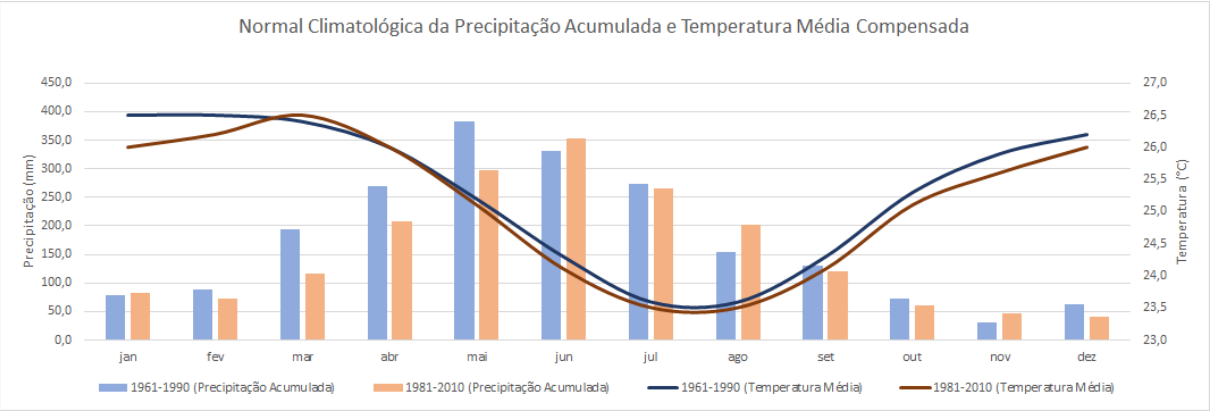
Fonte: Autor (2022).

Além da precipitação acumulada, observam-se algumas dessas mensurações como a temperatura média compensada, a pressão atmosférica, a umidade relativa do ar, a intensidade do vento, entre outros elementos do clima que são essenciais para a tomada de decisão, a gestão de riscos e a atuação frente a

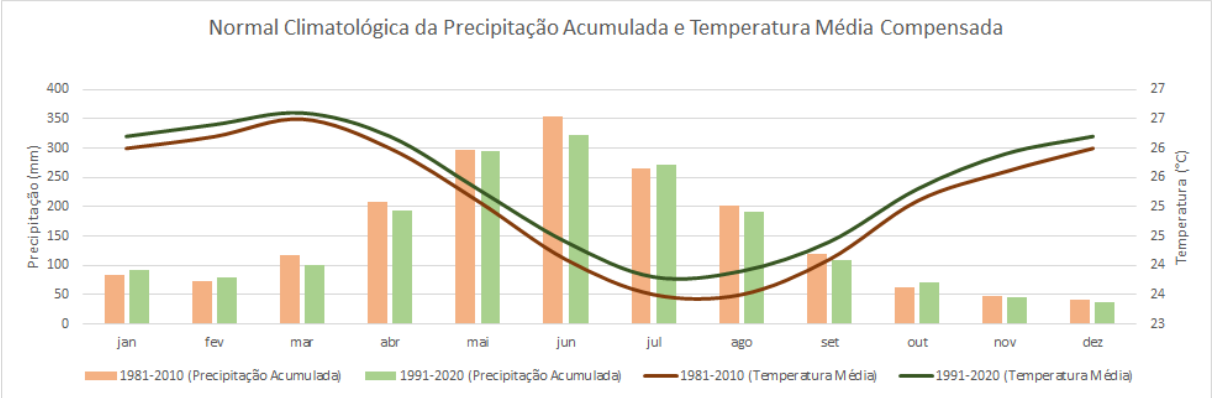
potenciais desastres naturais. Ressalta-se que esses elementos influenciam diretamente na ocorrência de desastres naturais, como salientado no primeiro capítulo. Abaixo faremos comparações desses elementos nos períodos das normais climatológicas.

É de se observar que ocorreu um decréscimo médio de cerca de 0,2°C na temperatura no período de 1981-2010, com exceção dos meses de março e abril, todos os outros meses teve decréscimo na temperatura, como mostra na Figura 7a, porém no período seguinte (1991-2020), a temperatura aumentou em média 0,3°C, como ilustra a Figura 7b. Também percebe-se que as maiores temperaturas médias aparecem no período de dezembro a abril, que são próximos a 26,5°C, por sua vez, as temperaturas médias mais baixas registradas estão entre os meses de junho e setembro, que gira em torno de 23,5°C. É importante observar, que mesmo nos dois meses mais chuvosos (maio e junho), a temperatura não está no seu mínimo médio registrado, que por sua vez, chega ao seu mínimo nos meses subsequentes, junho e agosto.

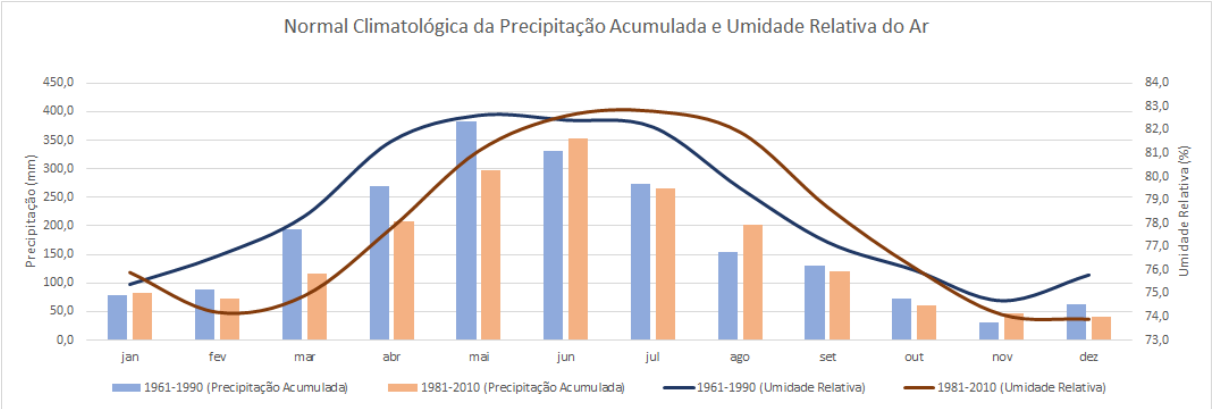
Figura 7: Precipitação Acumulada comparado com a Temperatura Média Compensada, períodos 1961-1990 e 1981-2010 (a), 1981-2010 e 1991-2020 (b), comparado com a Umidade Relativa do Ar, período 1961-1990 e 1981-2010 (c), 1961-1990 e 1991-2020 (d), para a cidade de Maceió/AL (dados do INMET).



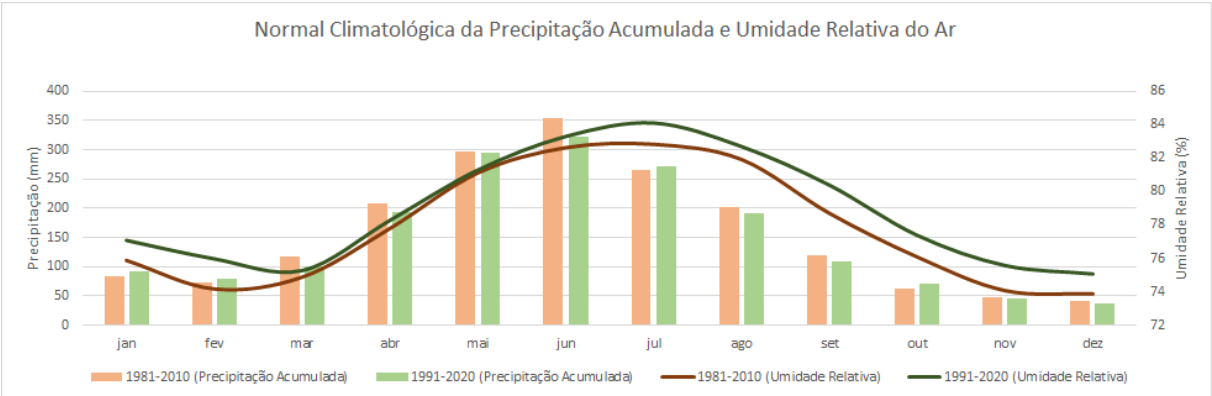
(a)



(b)



(c)



(d)

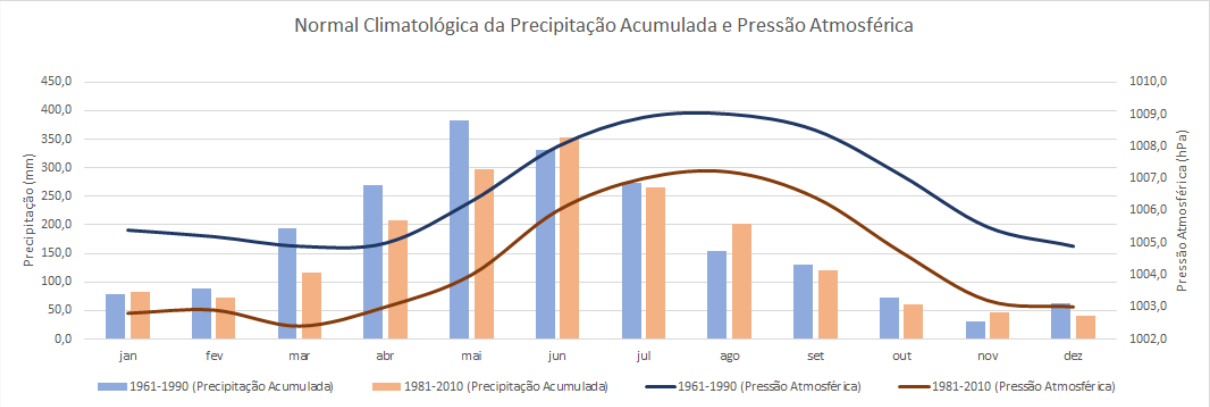
Fonte: Autor (2022).

Pode-se observar com base nas Figuras 7(c) e 7(d), que existe uma forte relação entre o comportamento da umidade relativa do ar em relação à precipitação acumulada, com uma defasagem de aproximadamente 1 mês. Além disso, assim

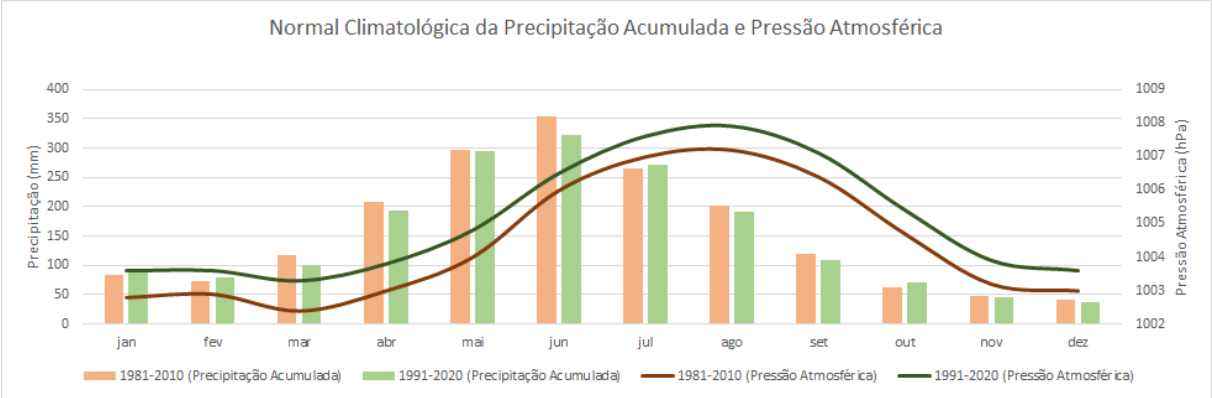
como os meses mais chuvosos em Maceió passaram de maio para junho, também ocorreu essa mudança na umidade relativa, que seguiu a linha da variável da precipitação, e teve sua máxima em cerca de 83% no período de 1961-2010, já no período 1991-2020, houve um acréscimo de 1% na máxima registrada. Enquanto sua mínima, considerando todos os períodos, foi no mês de dezembro chegando um pouco abaixo de 74% de umidade relativa do ar. Vale ressaltar, com base ainda nas referidas Figuras, a tendência da atmosfera estar mais umidade e quente no período mais recente (1991-2020), pois em termos de umidade relativa do ar também teve um leve aumento de aproximadamente 1% na umidade relativa do ar entre os períodos 1981-2010 e 1991-2020.

Nas imagens apresentadas nas Figuras 7(e) e 7(f), ficou evidente que a pressão atmosférica também diminui de intensidade em relação ao período 1961-1990 e se intensificou no período de 1991-2020, assim como vimos que também ocorreu uma diminuição na temperatura e uma leve queda na umidade relativa do ar, nesse período. É de perceber que os meses com máximo e mínimo da pressão atmosférica não se alterou. Seu máximo está entre os meses de julho e agosto, que anteriormente era 1009 hPa, passou a ser de 1007 hPa e depois chegou a 1008 hPa, já a mais baixa está registrada no mês de dezembro, no período de 1961-1990 era de um pouco mais de 1005 hPa, no período de 1981-2010 diminuiu para um pouco mais de 1002 hPa e no período seguinte aumentou para 1003 hPa.

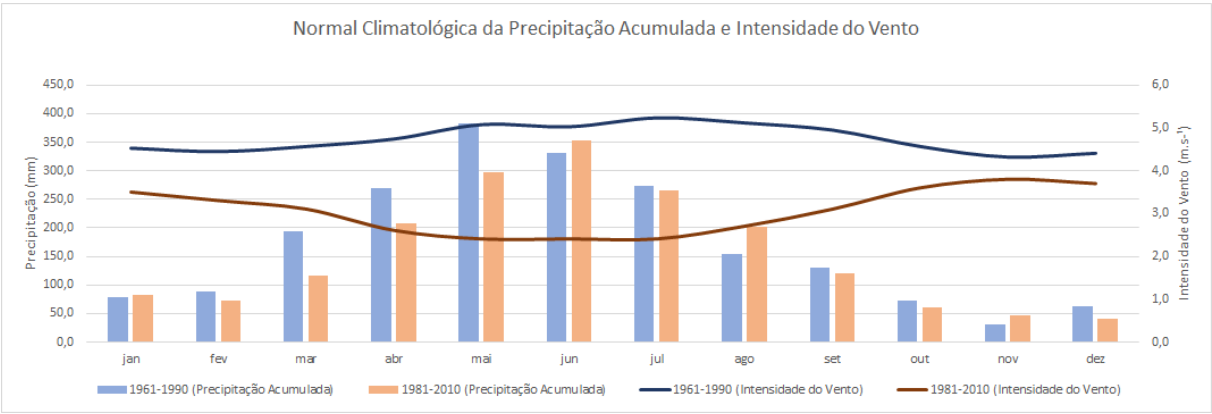
Figura 7: Precipitação Acumulada e Pressão Atmosférica para os períodos 1961-1990 e 1981-2010 (e), 1981-2010 e 1991-2020 (f) e comparado com a Intensidade do Vento, períodos 1961-1990 e 1981-2010 (g), para Maceió/AL (dados do INMET).



(e)



(f)



(g)

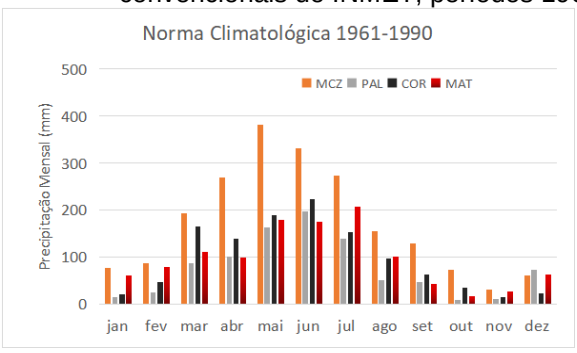
Fonte: Autor (2022).

Assim como houve queda na temperatura e na pressão, nos períodos mencionados, não foi diferente quando comparados com a intensidade do vento. Sendo importante observar com base na Figura 7(g), fazendo uma analogia com as estações do ano no Hemisfério Sul, onde no início e final do ano é a estação de Verão (dezembro-março) e inverno no meio do ano (junho-setembro), nota-se padrões distintos entre os períodos climatológicos do vento de acordo com os dados obtidos através do INMET. No qual no período climatológico entre 1961-1990, registou-se ventos mais intensos no inverno e mais fracos no verão, e inverteu durante o período de 1981-2010, sendo agora mais forte do verão e mais fracos no inverno, análise esta feita para a estação de monitoramento de Maceió/AL. Seria natural que a maior instabilidade atmosférica durante a estação do verão, proporcionasse ventos mais intensos, fato este representado no período entre 1981-

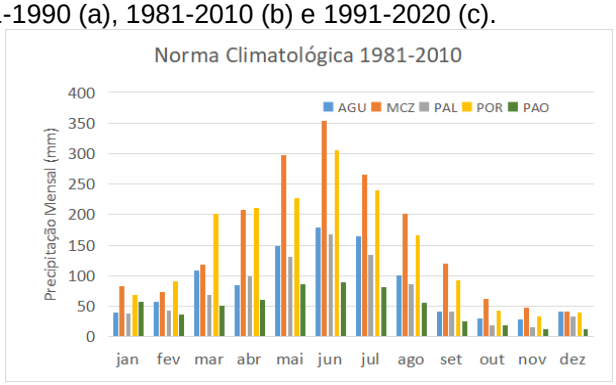
2010, contudo faz-se necessário mais estudo para avaliar o que de fato ocorreu com o período entre 1961-1990.

Já nas Figuras 8a, 8b e 8c, temos os dados da normal climatológica dos municípios de Água Branca (AGU), Maceió (MCZ), Palmeira dos Índios (PAL), Porto de Pedras (POR), Pão de Açúcar (PAO) e Mata Grande (MAT), todas estando no estado de Alagoas. Percebe-se que os municípios do interior alagoano seguem uma linha bem próxima com os padrões de máxima e mínima apresentadas na cidade de Maceió, onde o período mais chuvoso é entre abril e julho e os mais secos são os de outubro e janeiro.

Figura 8: Normais climatológicas para os municípios alagoanos, utilizando dados de estações convencionais do INMET, períodos 1961-1990 (a), 1981-2010 (b) e 1991-2020 (c).

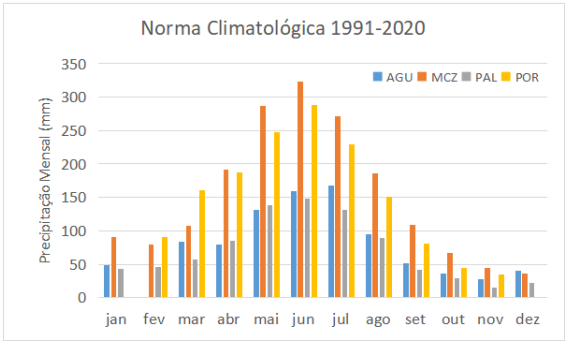


(a)



(b)

Legenda: MCZ - Maceió, PAL - Palmeira dos Índios, COR - Coruripe, MAT - Mata Grande, POR - Porto de Pedras, PAO - Pão de Açúcar, AGU - Água Branca.

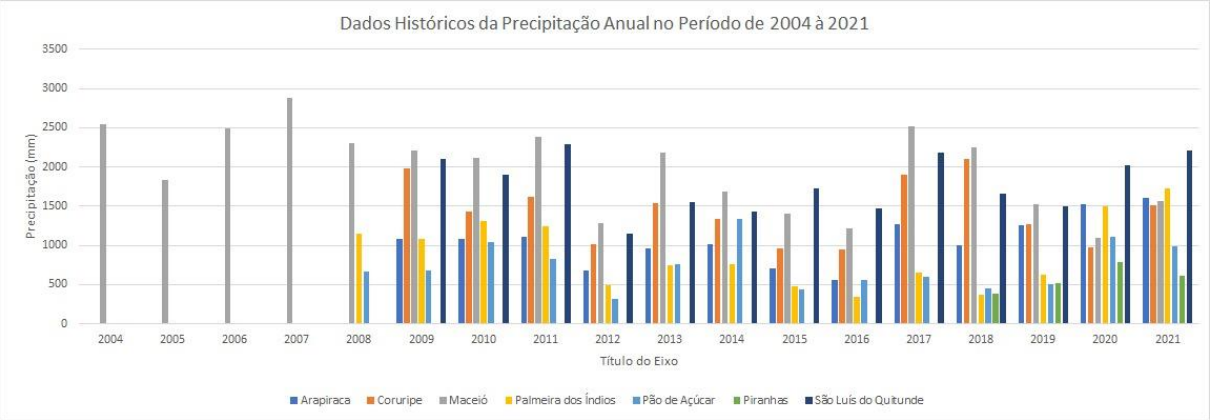


(c)

Fonte: LABMODEL (2022).

A seguir, na Figura 9, estão os resultados dos dados históricos da precipitação anual nos municípios de Maceió (MCZ), Coruripe (COR), Palmeira dos Índios (PAL), Pão de Açúcar (PAO), Arapiraca (ARA), São Luís do Quitunde (SLQ) e Piranhas (PIR) no período de 2004-2021, utilizando os métodos de preenchimento de falhas de dados, vistos anteriormente.

Figura 9: Série histórica da precipitação anual para os municípios alagoanos, durante o período de 2004-2021 (dados do INMET).



Fonte: Autor (2022).

Observando a Figura 9 em conjunto com a Tabela 5, pode-se notar que os anos chuvosos e secos, de acordo com o desvio padrão estabelecido para cada estação, nos remete ao entendimento de que os anos 2004, 2007 e 2017 foram considerados chuvosos para a capital alagoana, Maceió, que apresentou registros de precipitação acumulada anual superiores a 2500mm (equivalente a precipitação acumulada anual média, mais um desvio-padrão). Também podemos observar que 2012, 2015, 2016 e 2020 foram considerados anos secos em Maceió/AL (equivalente a precipitação acumulada anual média, menos um desvio-padrão).

Tabela 5: Anos chuvosos e secos no período de 2004-2021, com dados do INMET [precipitação (mm)].

Ano	Arapiraca	Coruripe	Maceió	Palmeira dos Índios	Pão de Açúcar	Piranhas	São Luís do Quitunde
2004			2549				
2005			1836				
2006			2486				
2007			2884				
2008			2301	1149	663		
2009	1080	1980	2210	1081	680		2107
2010	1083	1433	2116	1303	1038		1894
2011	1104	1621	2389	1241	829		2295
2012	674	1015	1285	491	323		1147
2013	962	1542	2177	743	759		1554
2014	1016	1331	1686	764	1339		1424
2015	704	968	1402	483	432		1732
2016	557	949	1215	339	563		1475
2017	1273	1899	2512	648	596		2187
2018	1007	2103	2252	366	452	383	1662
2019	1257	1267	1521	630	503	513	1503
2020	1524	980	1093	1492	1104	791	2025
2021	1602	1514	1563	1722	994	614	2216

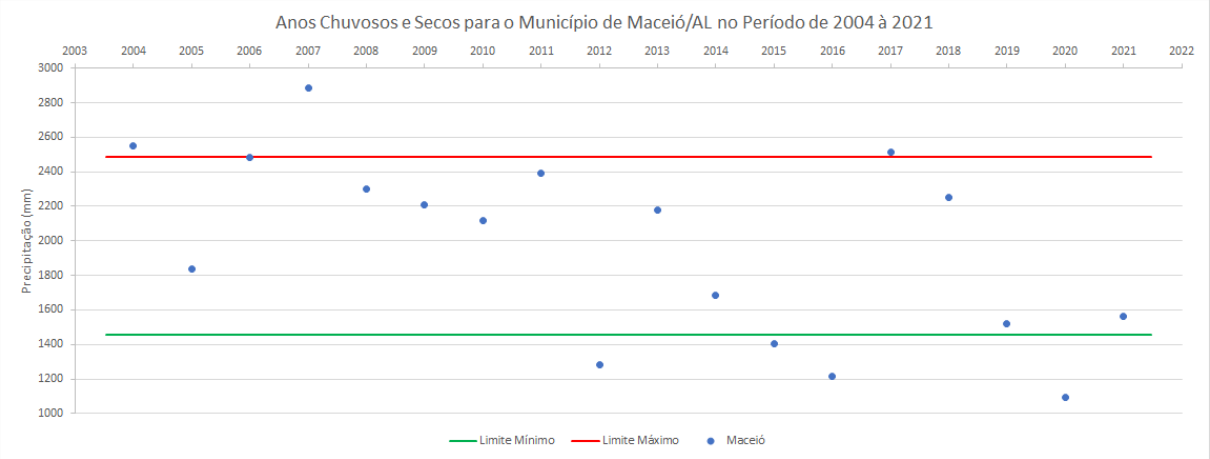
Fonte: Autor (2022).

Legenda: Vermelho - chuvoso; Verde - seco; Branco - normal; Preto - sem dados.

Em 2017, por exemplo, de acordo com a Secretaria Municipal de Comunicação de Maceió/AL (SECOM) (Secom, 2017), devido às fortes chuvas ocorridas o município de Maceió entrou em estado de emergência e de calamidade pública, e também notificando que aquele ano teve o período chuvoso mais rigoroso dos últimos 30 anos. Já em 2012, segundo a Defesa Civil de Alagoas (2012), pelo menos 33 municípios ficaram em estado de emergência em decorrência da escassez de chuvas (seca), que atingiu fortemente o NEB e causou prejuízos.

Já a Figura 10, mostra os limites de precipitação acumulada anual para classificar como ano chuvoso ou seco, com base na média e desvio-padrão. Sendo chuvoso para o caso no ano em questão superar o valor da precipitação acumulada anual mais um desvio-padrão e classificado como seco para o caso de registrar acumulado anual abaixo da média menos um desvio-padrão, sendo esta avaliação realizada para o município de Maceió/AL, para classificar os anos chuvosos e secos.

Figura 10: Anos chuvosos e secos em Maceió/AL no período de 2004-2021 (dados do INMET).

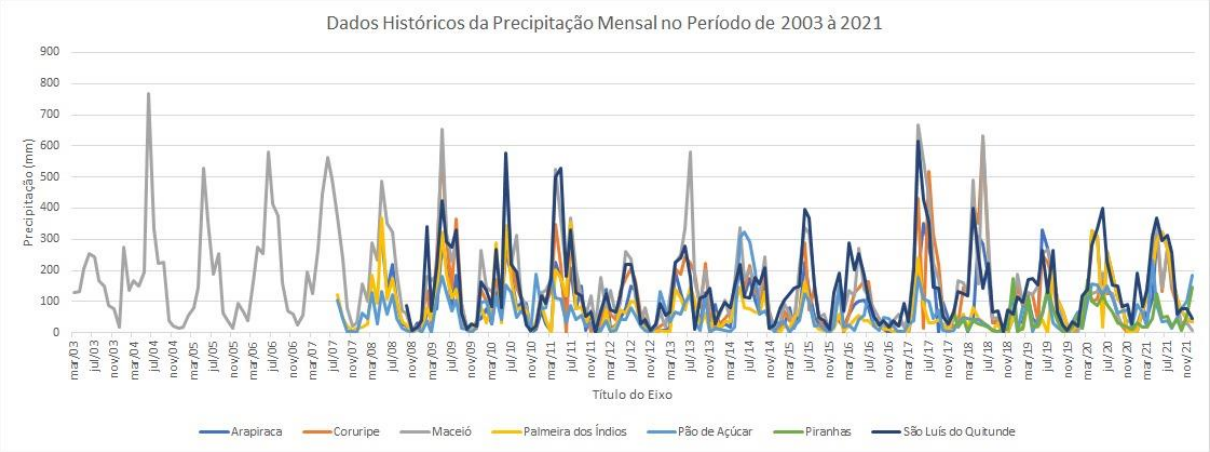


Fonte: Autor (2022).

Já com base na Figura 11, que mostra a série histórica da precipitação mensal para os municípios alagoanos, tem-se uma visão mais detalhada da variação mensal, o que facilita identificar que os meses de junho de 2004 (acumulado de aproximadamente 800mm), junho de 2007 (acumulado de aproximadamente 600mm), e maio de 2017 (acumulado de aproximadamente 700mm) foram chuvosos. Vale discutir e destacar, que diferentemente ao ocorrido em 2017, e reafirmando os anos de 2004 e 2007, a normal climatológica para os períodos 1981-2010 e 1991-2020 (como mostramos anteriormente na Figura 6), tem os máximos de

precipitação acumulada mensal ocorrendo no mês de junho. O que mostra que o ano de 2017 foi atípico em termos da distribuição mensal de precipitação, abrindo margem para necessidade de estudos mais aprofundados sobre os mecanismos produtores de chuva para este ano em especial.

Figura 11: Série histórica mensal de precipitação para os municípios alagoanos, durante o período de 2003-2021 (dados do INMET).



Fonte: Autor (2022).

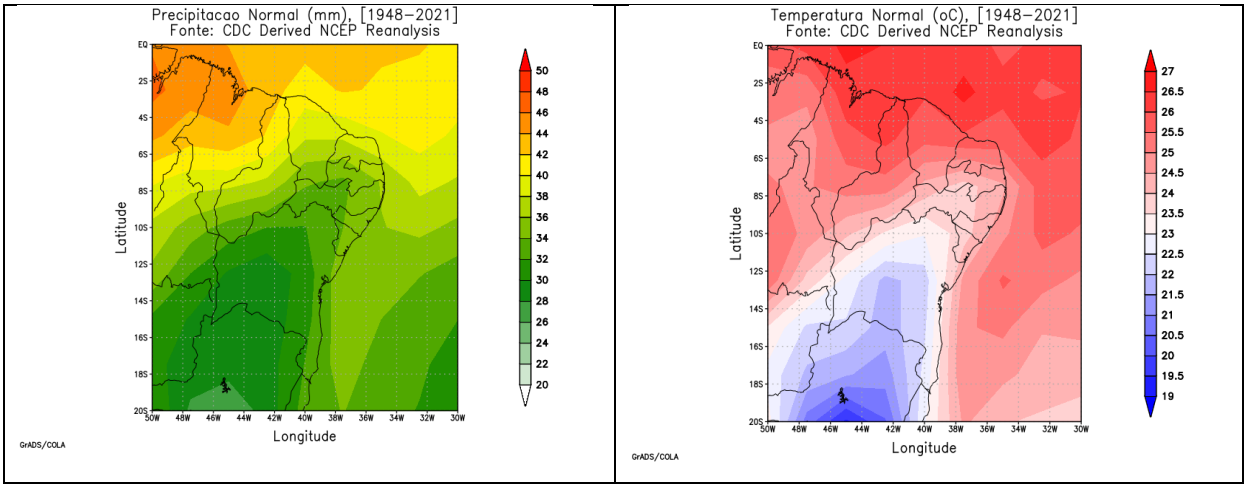
A partir dos resultados das precipitações registradas na estação de Maceió, em seis dias choveu o esperado para o mês de maio. Foram registrados 382mm entre os dias 23 e 28. Segundo o site Terra (2017), Maceió foi o município que mais choveu no mês de maio e que as fortes chuvas registradas no mês de maio deixaram a capital de Alagoas em situação de calamidade pública.

4.3 - Avaliação ODP nos Padrões de Temperatura e Precipitação para o NEB.

Baseado nos estudos realizados por Cavalcanti e Ambrizzi, 2009; Grimm, 2009b. As principais configurações de teleconexões que afetam a variabilidade climática global e, em particular da América do Sul, estão associadas aos fenômenos El Niño Oscilação Sul - ENOS e a Oscilação Decadal do Pacífico – ODP. Portanto, reforçando a importância de relacionar os fenômenos de ENOS e ODP, com os regimes de precipitação e temperatura do ar para a região do NEB.

Para servir de parâmetro, as Figuras 12(a) e 12(b), traz os resultados das normais climatológicas para as variáveis precipitação pluviométrica e temperatura do ar, de acordo com o período de disponibilidade de dados NCEP entre os anos de 1948 - 2021. Vale salientar a intenção de demonstrar os padrões das variáveis numa visão espacial compreendendo todo o NEB (Nordeste Brasileiro), e pode-se destacar com base na Figura 12a, o regime pluviométrico mais rigoroso na região Norte do NEB (Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte), e também destaque para a região litorânea, possivelmente explicados pela ação da ZCIT no Norte do NEB e brisas marítimas na região litorânea. Em termos de temperatura do ar, Figura 12b, observa-se também temperaturas mais elevadas na região Norte e litorânea do NEB, atribuído principalmente a maior disponibilidade de calor e diminuição da amplitude térmica nestas regiões.

Figura 12: Normais Climatológicas de Precipitação (a), Temperatura do Ar (b), para o NEB, período 1948-2021 (dados NCEP).



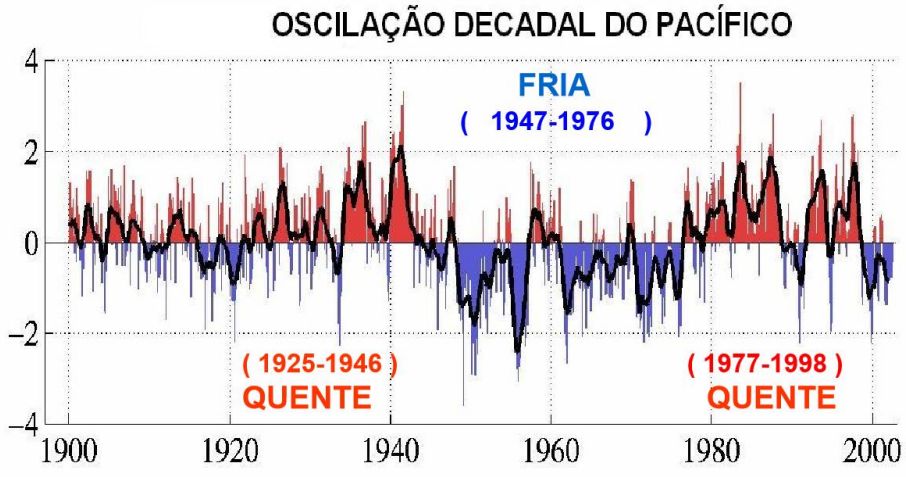
(a) (b)

Fonte: LABMODEL (2022).

No sentido de avaliar a influência da ODP (Oscilação Decadal do Pacífico) sobre o regime de chuvas e temperatura no NEB, buscou-se confrontar os períodos das fases quente e fria da ODP, com a normal climatológica de forma espacial. A Figura 13 mostra os períodos fases Fria 1947-1976 (Mais La Niña) e quente 1977-1998 (Mais El Niño), e teoricamente teria uma nova fase Fria 1999 - 2021 (Mais La Niña). Vale ressaltar que por questões de disponibilidade o primeiro período referente a fase Fria será 1948-1976.

Pela relação existente entre a ODP fria e maior ocorrência de La Niña, espera-se o regime de chuvas mais rigoroso e acima da média climatológica para o NEB, e o contrário sendo aplicado para a ODP quente e maior ocorrência de El Niño, como ilustra a Figura 13.

Figura 13: Fases da ODP (Oscilação Decadal do Pacífico), para o período de 1925-1988.

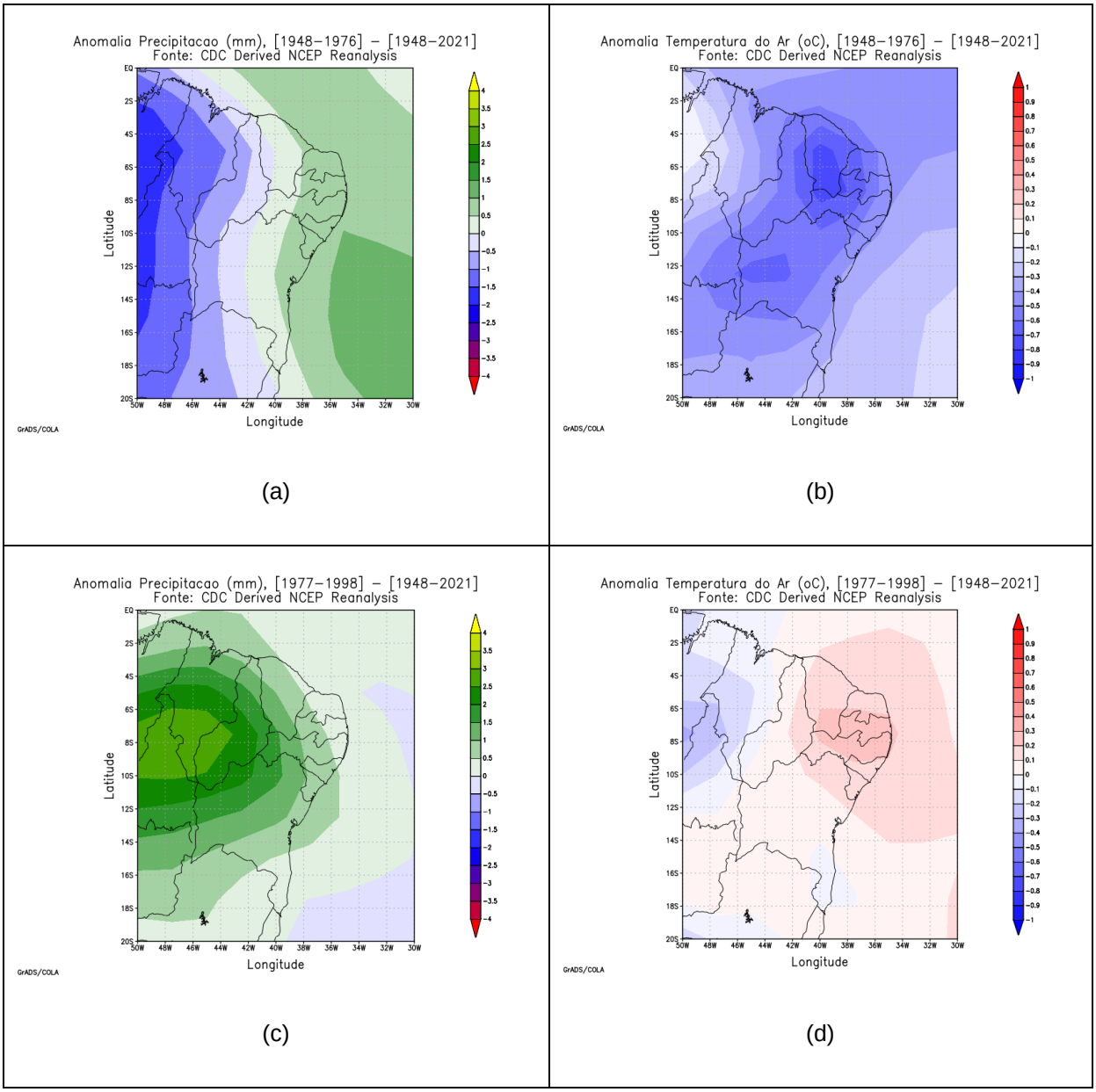


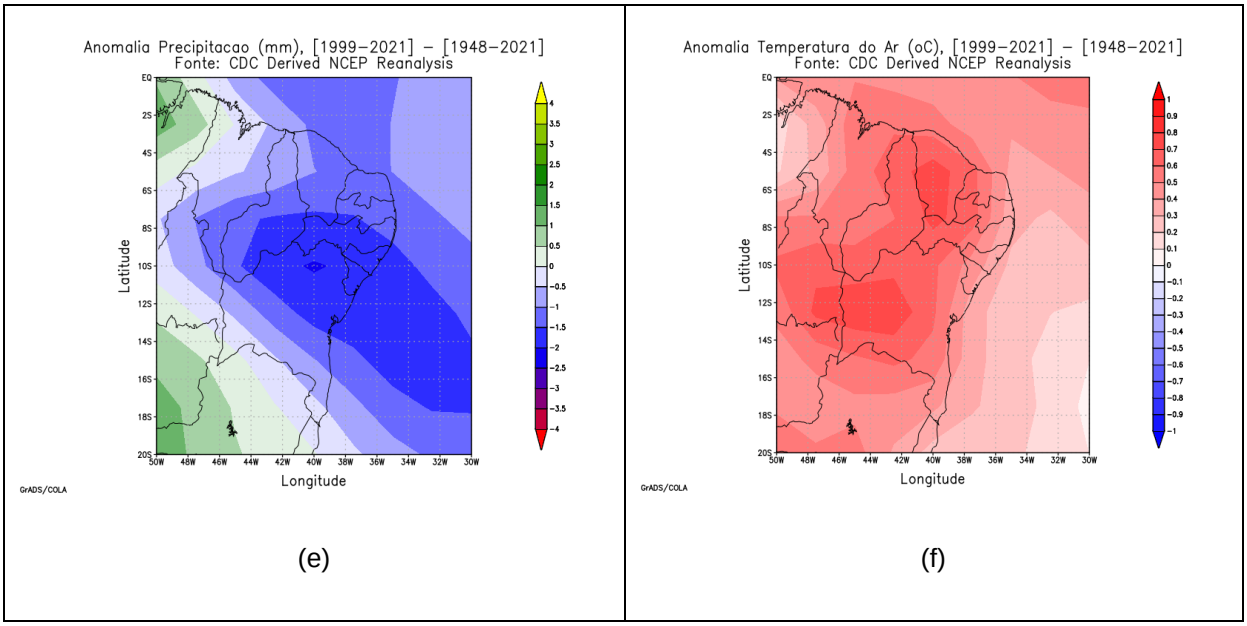
Fonte: Souza e Reboita (2021).

Seguindo o raciocínio de fazer o cruzamento de informações da fase a ODP e regimes de chuva e temperatura, a Figura 14a, mostra que a fase fria da ODP de 1948-1976 gera uma anomalia positiva de precipitação no litoral Leste nordestino da ordem de 1mm acima da normal climática. Já para a temperatura do ar Figura 14b, neste mesmo período observa-se uma anomalia negativa de temperatura da ordem de -0,4°C, possivelmente associadas a maior incidência de La Niña. De forma contrária, na fase quente da ODP, período entre 1977-1998 (maior ocorrência de El Niño), percebe-se com o auxílio das Figuras 14c e 14d, uma menor anomalia positiva de precipitação (~+0,5mm) e temperaturas acima da média (~+0,3°C) para o litoral do NEB, em destaque para os Estados de Pernambuco e Paraíba. No período mais recente da ODP (teoricamente fase fria) entre 1999-2021, com base nas Figuras 14(e) e 14(f), notou-se chuvas ainda menos intensas (~-1mm) e temperaturas ainda acima da média climatológica (~+0,3°C) para a região litorânea do NEB. Ainda com base nos resultados mais recentes da relação ODP e regimente de chuvas e temperaturas, pode-se afirmar que possivelmente não se tem a fase da ODP bem definida no período entre 1999-2021, ou seja, existe a possibilidade de

duração mais curta da fase da ODP (15 ou 10 anos) similar aos períodos antes de 1925, ver Figura 13, logo serão necessários novos estudos para avaliar tal hipótese.

Figura 14: Anomalia de Precipitação, períodos [1948-1976] – [1948-2021] (a), [1977-1998] – [1948-2021] (c), [1999-2021] – [1948-2021] (e), Temperatura do Ar [1948-1976] – [1948-2021] (b), [1977-1998] – [1948-2021] (d) e [1999-2021] – [1948-2021] (f), para anos de ODP, fases fria e quente (fria, 1948-1976, quente, 1977-1998 e teoricamente fria, 1999-2021).





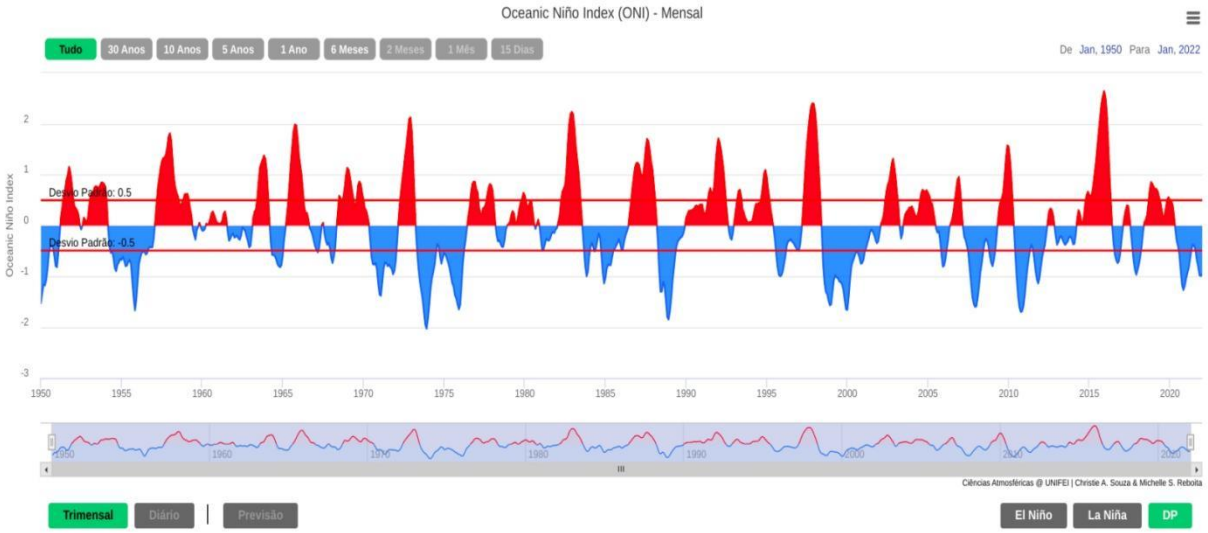
Fonte: LABMODEL (2022).

Nascimento Júnior e Sant'anna Neto (2015) também relatou dificuldades em comprovar a relação direta da ODP com o regime de chuvas, apontando uma correlação de moderada-fraca para esta comparação. E ventilou também a necessidade de ampliar as investigações com relação atuação de outros fenômenos meteorológicos como o caso do Dípolo do Atlântico, Sistemas Convectivos de Mesoescala, entre outros.

4.4 - Avaliação do ENOS nos Padrões de Temperatura e Precipitação para o NEB.

Tendo em vista a relação da ODP com o ENOS (El Niño Oscilação Sul), e ainda seguindo a linha de raciocínio de que as variações dos padrões de TSM (Temperatura da Superfície do Mar) do oceano Pacífico, ocasionando mudanças nos padrões da circulação geral da atmosfera (Célula de WALKER), em outras palavras, interferindo indiretamente no regime de chuvas e temperatura da região do NEB. A Tabela 3 (ver), junto com a Figura 15, mostram os períodos e intensidade do ENOS (fase quente El Niño e fase fria La Niña).

Figura 15: Série histórica do ONI (Índice Oceânico de ENOS), região do Pacífico Tropical referente ao Niño 3.4 (120°-170°W), para o período de 1950-2022.

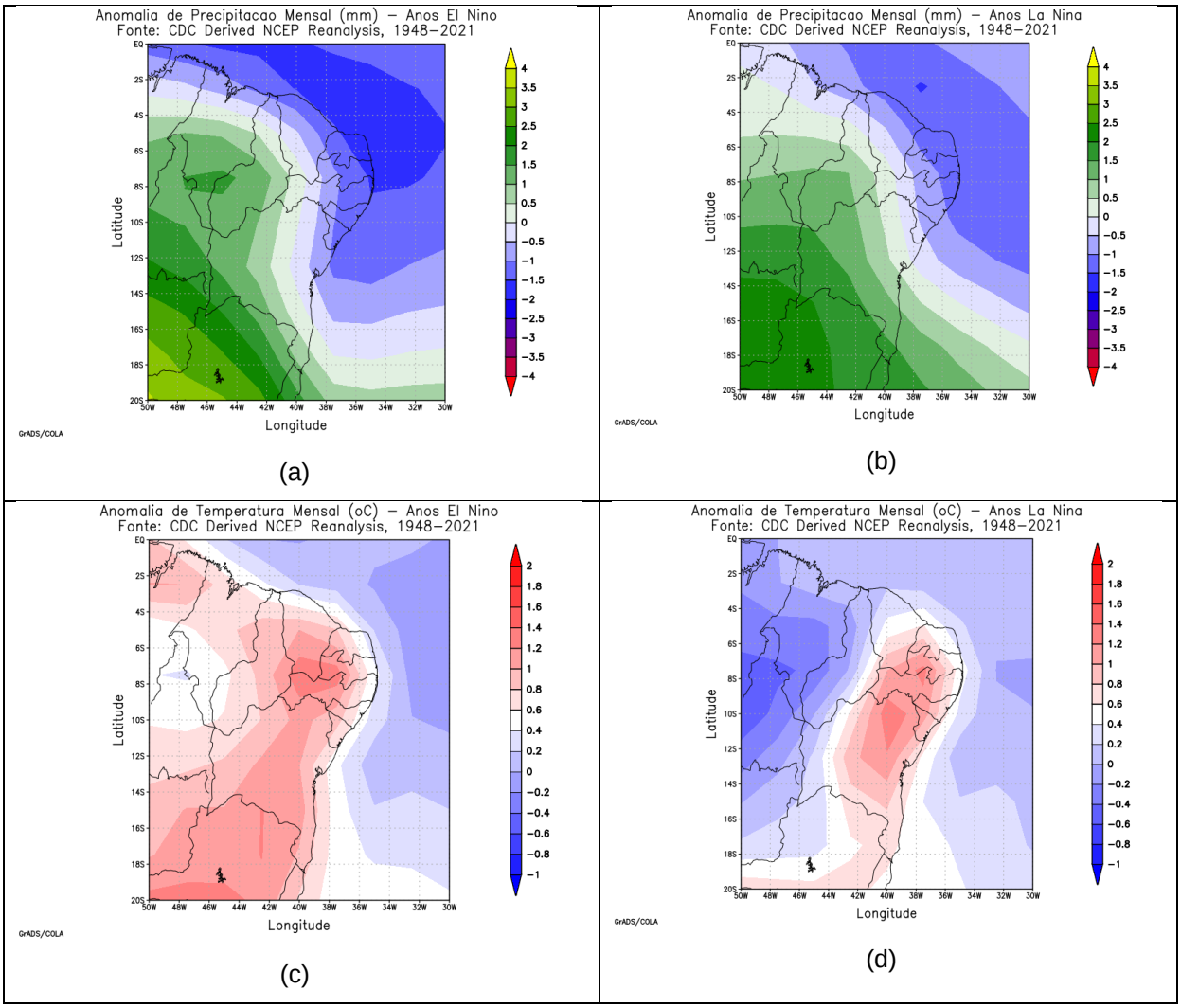


Fonte: Souza e Reboita (2021).

Em anos de El Niño comparados com a normal climatológica, fica evidente que o litoral Nordestino sofre com a diminuição do regime de chuvas (anomalia negativa de -1mm e -1,5mm, ver Figura 16a. Já em anos de La Niña, Figura 16b a anomalia de precipitação ainda é negativa -0,5 e -1mm, porém menos intensa, também para o litoral nordestino. Contudo esperava-se que a anomalia para anos de La Niña ficasse positiva, porém os resultados indicam que outros fenômenos interferem nesta relação ENOS e chuva no NEB, como por exemplo Dípolo do Atlântico ou mesmo estação do ano.

Já para a temperatura do ar, Figuras 16(c) e 16(d), fica evidenciado uma anomalia positiva de temperatura na região do sertão nordestino para ambos os casos de ENOS, da ordem de 1,8°C, ou seja, um aquecimento acima da média. Também é de se observar que a zona de transição continente-oceano no litoral Leste do NEB, parece não sofrer influência do ENOS.

Figura 16: Anomalia de Precipitação para anos de El Niño (a), para anos de La Niña (b), Temperatura do Ar para anos de El Niño (c) e para anos de La Niña (d), considerados forte e muito forte (El Niño, ONI > 1,4 e La Niña, ONI < -1,4), para o NEB e período compreendido entre 1948-2021.



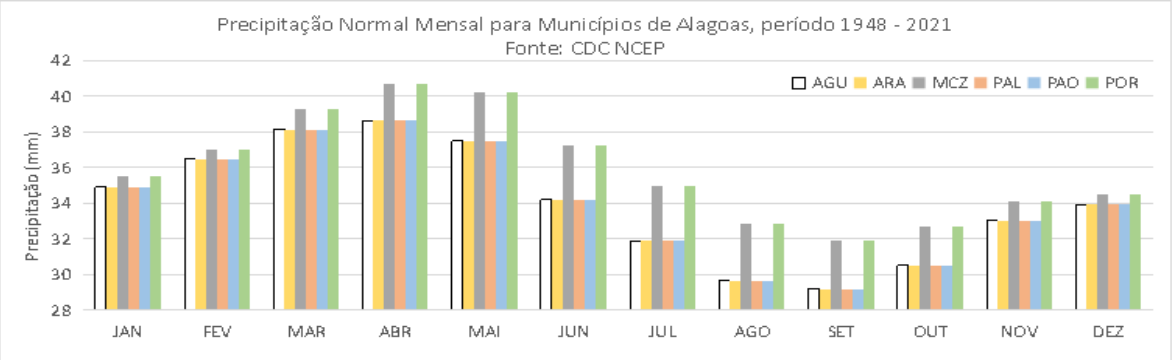
Fonte: LABMODEL (2022).

De modo a avaliar a influência do ENOS sobre municípios alagoanos, a Figura 16 normal climatológica da precipitação média mensal entre os anos de 1948-2021, dados do NCEP, em comparação aos anos de El Niño forte e moderado e La Niña forte e moderado, para os municípios de Arapiraca e Maceió do Estado de Alagoas.

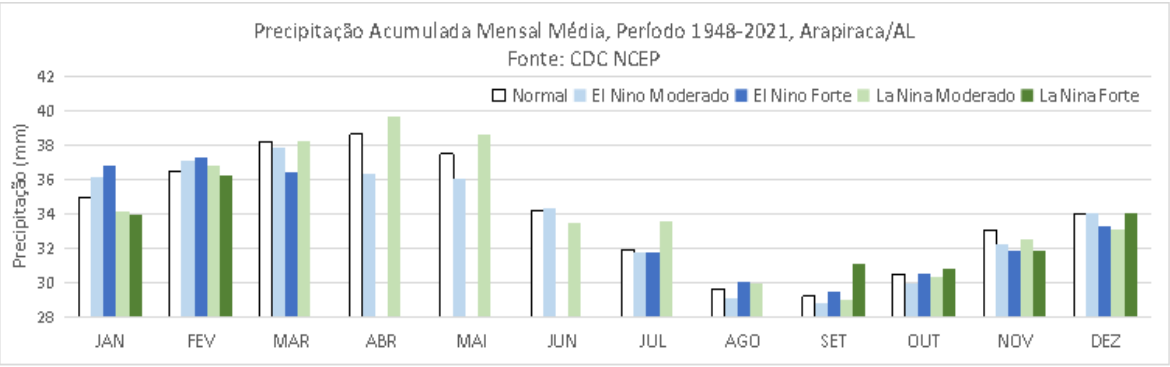
Com base na Figura 17a, o trimestre consecutivo mais chuvoso de acordo com a normal climatológica extraídas dos dados NCEP, são os meses de março, abril e maio, e os mais secos são agosto, setembro e outubro. Já avaliando o ENOS para os municípios de Arapiraca, Figura 17b, e Maceió, Figura 17c, as chuvas ficam

menos intensas em anos de El Niño e mais intensas em anos de La Niña quando comparado as normais climatológicas (trimestre chuvoso e seco). Vale destacar ainda que para Arapiraca e Maceió não ocorrem El Niño forte na estação do Outono e La Niña forte nas estações do Outono e Inverno.

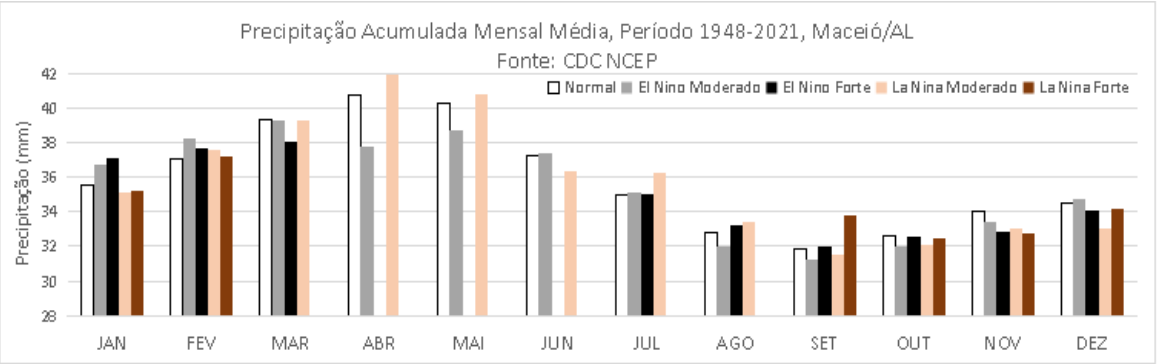
Figura 17: Variação mensal da precipitação normal para municípios alagoanos (a), Variação mensal da precipitação normal de acordo com a fase do ENOS para Arapiraca/AL (b) e Maceió/AL (c). Fonte: LABMODEL (2022)



(a) Legenda: AGU - Água Branca; ARA – Arapiraca; MCZ – Maceió; PAL - Palmeira dos Índios; PAO - Pão de Açúcar; POR - Porto de Pedras.



(b)

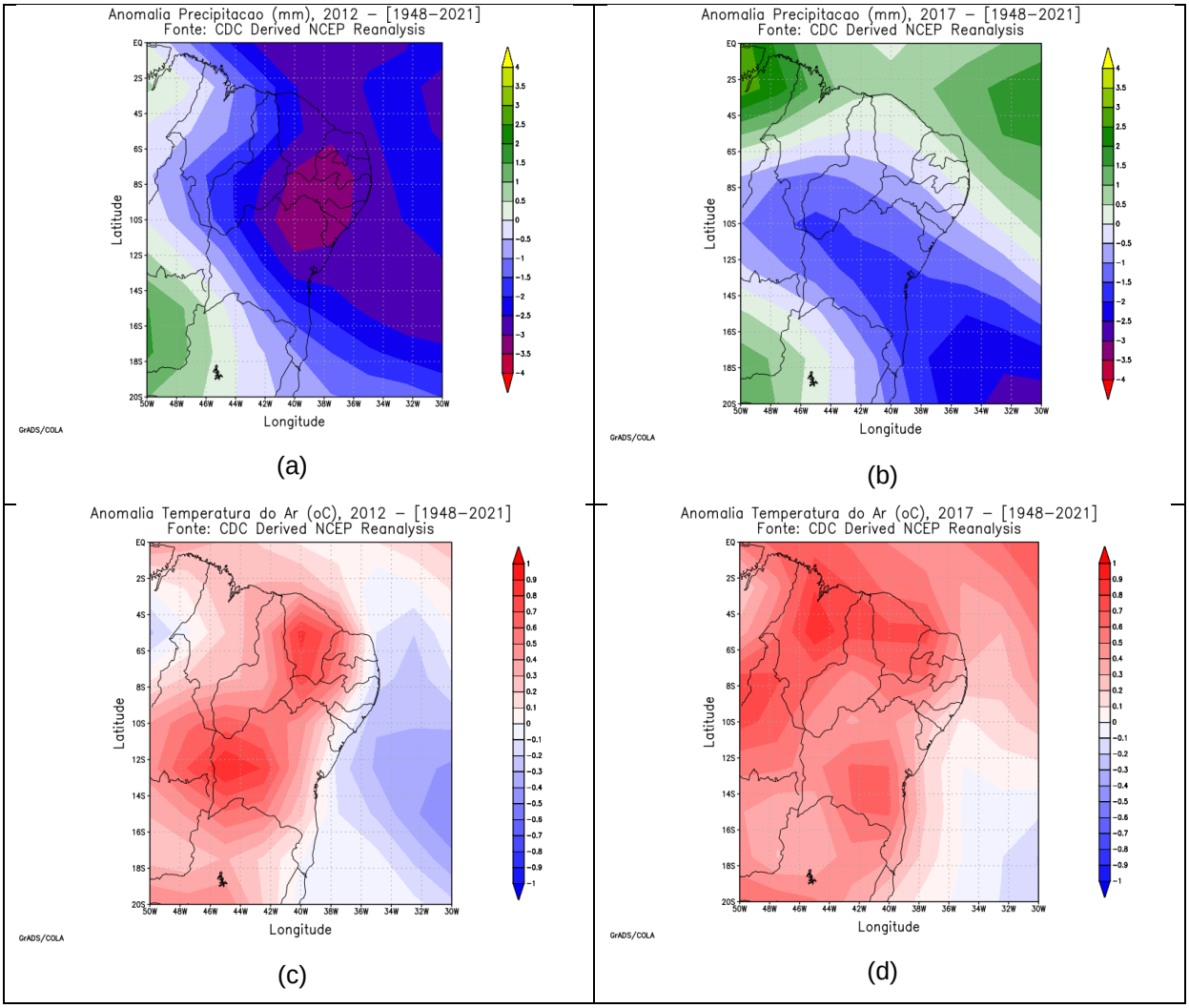


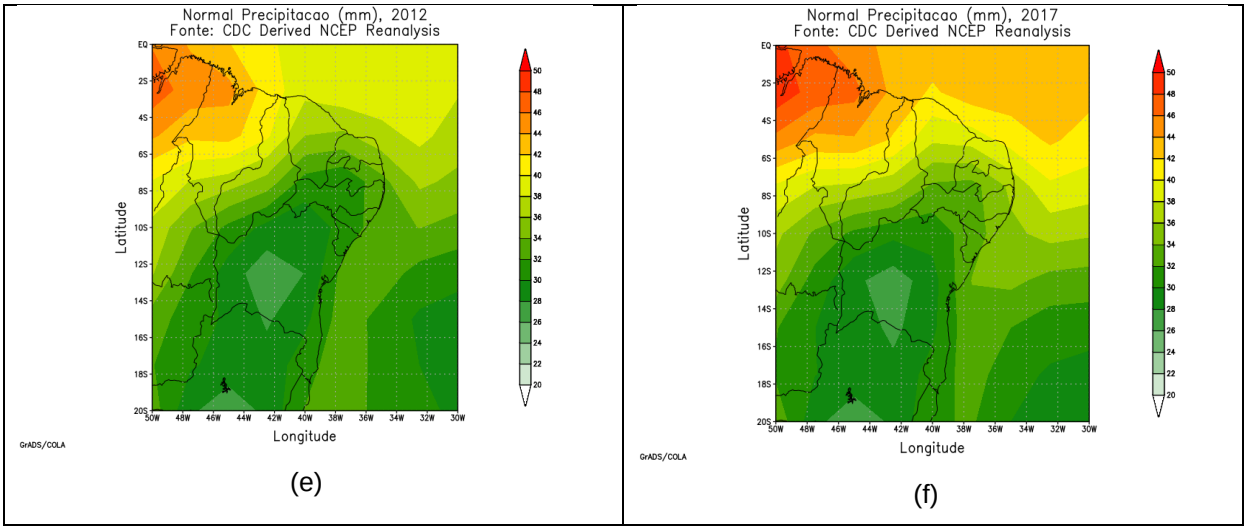
(c)

4.5 - Avaliação de ano Chuvoso 2017 e ano Seco 2012, Comparado a Normal Climática do NEB.

Com o auxílio da Figura 18a, fica evidente que o ano de 2012 apresentou uma forte anomalia negativa de precipitação na região do sertão (~-3,5mm) e litoral Leste (~-3mm) nordestino. Em especial Alagoas apresentou chuvas abaixo da média normal da ordem de 3mm. Porém em 2017 apresentou chuvas próximos a normal climatológica, e Alagoas teve chuvas da ordem de 0,5mm abaixo da média. Em termos de temperatura do ar, o Estado de Alagoas esteve dentro da média climática em 2012 (Figura 18c) e ligeiramente mais quente em 2017 (Figura 18d), por conta da diminuição da amplitude térmica devido a maior umidade.

Figura 18: Avaliação da média anual comparando com a Normal Climatológica de Precipitação, 2012 – [1948-2021] (a), 2017 – [1948-2021] (b), Temperatura do Ar em 2012 – [1948-2021] (c) e 2017 – [1948-2021] (d), 2012 (seco) (e) e 2017 (chuvoso) (f), para o NEB.





Fonte: LABMODEL (2022).

5 - CONCLUSÃO

O Estado de Alagoas, em função da sua localização na região Nordeste, tem como principais características climáticas as irregularidades da precipitação pluviométrica. Porém, fica evidente, que a quadra chuvosa em Alagoas é entre abril e julho. Esse período é o que causa mais desastres naturais no estado, pois fortes chuvas se concentram nesse período e foram registrados índices consideráveis de precipitação acima de 40mm, sendo mais que o suficiente para causar enchentes, deslizamentos de terra, entre outros. Consequentemente, a população alojada em áreas de risco, sofrem principalmente por conta das fortes chuvas e pela falta de planejamento para o período da quadra chuvosa, o que aumenta a importância dos registros de dados históricos e normais climatológicas para o estudo do clima dos municípios, estados ou regiões.

As variações da ODP influenciam diretamente no clima dos continentes e os resultados das anomalias mostram que na fase fria de 1948-1976 teve um aumento na precipitação e diminuição na temperatura em relação as normais climatológicas, o que coincide com o maior número de La Niña nesse período. Já na fase quente no período de 1977-1998, embora tenha mais ocorrência de El Niño, a anomalia da precipitação permaneceu positiva, porém na metade do valor do período anterior, já a temperatura aumentou nessa fase quente, o que já era esperado. Em relação ao período mais recente da ODP (1999-2021), mostrou-se duvidoso e precisa ser melhor avaliado quanto a fase se é fria ou quente.

Esse estudo também mostra, que o fenômeno El Niño provoca uma diminuição de precipitação no litoral nordestino. O mesmo acontece em anos de La Niña, porém de uma forma menos intensa. Os resultados indicam que outros fenômenos interferem nesta relação ENOS e chuva no Nordeste brasileiro, como por exemplo, Dípolo do Atlântico ou mesmo estação do ano. Já em relação à temperatura do ar, os resultados mostram um aquecimento acima da média na região do sertão nordestino para ambos os casos de ENOS. Além disso, foi observado que a zona de transição continente-oceano no litoral Leste do Nordeste Brasileiro, aparentemente não sofre influência do ENOS.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL (Brasil). **Geral Chuvas fortes provocam quatro mortes em Maceió.** Brasília-DF: Kelly Oliveira, 27 maio 2017. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-05/chuvas-em-maceio-leva-morte-de-quatro-pessoas. Acesso em: 11 abr. 2022.

BANDEIRA, A. P. N.; NUNES, P. H. S.; LIMA, M. G. S.. **Gerenciamento De Riscos Ambientais Em Municípios Da Região Metropolitana Do Cariri (Ceará).** Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XIX, n. 4 n p. 65-84 n out.-dez. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n4/pt_1809-4422-asoc-19-04-00081.pdf. Acesso em: 23 jan. 2022.

BARBIERI, José Carlos; SILVA, Dirceu da. **Desenvolvimento sustentável e educação ambiental:** uma trajetória comum com muitos desafios. RAM, Rev. Adm. Mackenzie (Online), São Paulo, v. 12, n. 3, p. 51-82, June 2011 . Disponível em: < https://www.scielo.br/scielo.phmp?script=sci_arttext&pid=S1678-69712011000300004f>. Acesso em: 15 fev 2022.

Barcellos, P.C.L., et al., Diagnóstico Meteorológico dos Desastres Naturais Ocorridos nos Últimos 20 Anos na Cidade de Duque de Caxias, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, 319-329, 2016

BERCHIN, Issa Ibrahim; CARVALHO, Andréia de Simas Cunha. **O papel das Conferências internacionais sobre o meio ambiente para o desenvolvimento dos regimes internacionais ambientais:** de Estolcomo à Rio +20. Unisul, 2015. Disponível em: https://www.unisul.br/wps/wcm/connect/7c137789-3183-40e6-ac62-1dcca60f5b48/artigo_gt-ca_issa-andreia_vii-spi.pdf?mod=ajperes. Acesso em: 15 fev 2022.

BRASIL. ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS 1991 A 2012. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES**, [s. l.], v. Amazonas, ed. 2, p. 42, 2012.

CAMARGO, Alexandre de Paiva Rio. **Sociologia das estatísticas: possibilidades de um novo campo de investigação.** História, Ciências, Saúde-Manguinhos [online]. 2009, v. 16, n. 4. Disponível em: https://www.scielo.br/j/hcsm/a/qVSzkDBfZ5MnTvWXQDzdCPc/?lang=pt#. Acesso em: 23 jan. 2022.

CAVALCANTI; I, F, A; AMBRIZZI, T. **Teleconexões e suas influencias no Brasil.** In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). Tempo e clima no Brasil. Oficina de Textos. 2009, p. 318-335

CEPED (Brasil). A SECA NO NORDESTE DO BRASIL: UM ESTUDO SOBRE AS PRINCIPAIS POLÍTICAS PÚBLICAS E MÉTODOS DE PREVISÃO. **I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos e Desastres:** Rio de Janeiro, RJ, Brasil – 11 a 14 de Outubro de 2017, [s. l.], p. 2, 2017.

DEFESA CIVIL. **Política nacional de Defesa Civil.** Brasília, 2000. Disponível em: http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/Pol%C3%ADtica-Nacional-de-Defesa-Civil.pdf. Acesso em: 23 jan. 2022.

DEFESA CIVIL DE ALAGOAS (Brasil). **Prejuízos com a seca superam os R$ 52 milhões em Alagoas.** Disponível em: https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2012/05/18/prejuizos-com-a-seca-superam-os-r-52-milhoes-em-alagoas.htm. Acesso em: 10 abr. 2022.

DO MÉDIO VALE DO ITAJAÍ (AMMVI), SC. **ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO MÉDIO VALE DO ITAJAÍ GRUPO DE TRABALHO DE TERRAPLANAGEM**, [s. l.], p. 19, 2012.

EBBESEN, Lucas. **Clima de Alagoas.** [S. l.], 1 ago. 2016. Disponível em: https://www.infoescola.com/geografia/clima-de-alagoas/. Acesso em: 9 abr. 2022.

FREITAS, Carlos Machado de. **Avaliação de riscos como ferramenta para a vigilância ambiental em Saúde.** Inf. Epidemiol. Sus, Brasília, v. 11, n. 4, p. 227-239, dez. 2002. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-16732002000400005. Acesso em: 23 jan. 2022.

FREITAS et al, C. M. **Mudanças Climáticas, Redução de Riscos de Desastres e Emergências em Saúde Pública nos níveis Global e Nacional.** niciativa Brasil Saúde Amanhã. Prospecção Estratégica do Sistema de Saúde Brasileiro, 2019. Disponível em: https://saudeamanha.fiocruz.br/wp-content/uploads/2020/02/FREITAS-CARLOS-et-al-Mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas-redu%C3%A7%C3%A3o-de-riscos-de-desastres-e-emerg%C3%AAncias-em-sa%C3%BAde-p%C3%BAblica.pdf. Acesso em: 17 fev. 2022.

FREITAS, Eduardo de. **A Seca no Nordeste**; Brasil Escola, 2015?. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/brasil/a-seca-no-nordeste.htm. Acesso em 10 de abril de 2022.

GARCIA, Maria del Mar Hidalgo. Rio+20: **um comienzo hacia el desarrolo sostenible. Instituto Español de Estudios Estratégicos.** Documento Informativo, 37/2012, 2012. Disponível em: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_informativos/2012/DIEEEI37-2012_RIO20_CambioRumboSalvarPlaneta_MMHG.pdf. Acesso em: 17 fev. 2022.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano de Salvador.** In: MONTEIRO, C. A. de F; MENDOÇA, F. (orgs.).: Clima Urbano. São Paulo: Contexto. 2003. p. 69-91.

GRIMM, A. M. **Clima da região Sul do Brasil.** In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). Tempo e clima no Brasil. Oficina de Textos. 2009a, p. 260 -275.

G1 (Brasil). **Com histórico de cheias em Alagoas, estado aprendeu a recomeçar do zero:** Estado sofreu grandes cheias em 1949, 1969, 1989, 2000 e 2010. Desaparecidos, mortes, cidades devastadas e traumas se repetem.. Maceió-AL: Natália Souza, 18 jun. 2014. Disponível em: https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2014/06/com-historico-de-cheias-em-alagoas-estado-aprendeu-recomecar-do-zero.html. Acesso em: 11 abr. 2022.

IBGE. **Síntese da População.** 2022. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama. Acesso em: 23 jan. 2022.

IGNÁCIO, Sérgio Aparecido. **Importância da Estatística para o processo de conhecimento e tomada de decisão.** Curitiba, 2010. Disp

JANNUZZI, Paulo de Martino. **A importância da informação estatística para as políticas sociais no Brasil**: : breve reflexão sobre a experiência do passado para considerar no presente. R. bras. Est. Pop. 2018; Belo Horizonte, 35 (1), 2018.
Kalnay et al.,The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-470, 1996.

MACHADO, Isis Laynne de Oliveira; GARRAFA, Volnei. **Proteção ao meio ambiente e às gerações futuras: desdobramentos e reflexões bioéticas.** Saúde debate 44 (124) 08 Maio 2020Jan-Mar 2020. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/snpgcs/article/view/1522. Acesso em: 17 fev. 2022.

MARANDOLA, HOGAN. **Desastres naturais e geotecnologias:** vulnerabilidade - caderno didático nº 6. São José dos Campos: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2004.

Molina, E., Cardoso, A., & Nogueira, F. (2015). **Relação precipitação-deslizamento no Município de São Bernardo do Campo - SP.** *Ciência e Natura*, 37, 46-54. http://dx.doi.org/10.5902/2179460X16214.

MOREIRA, Paula Gomes. **A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e seu legado na política ambiental brasileira.** v. 1 n. 1 (2011): Anais do Seminário Nacional da Pós-Graduação em Ciências Sociais – UFES, 2011. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/snpgcs/article/view/1522. Acesso em: 17 fev. 2022.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. N.; SANT'ANNA NETO, J. L., CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO PARANÁ: A OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO - ODP, **Revista Ra'e Ga** (www.ser.ufpr.br/raega), Curitiba, v.35, p.314 - 343, 2015.

PHYSICAL SCIENCES LABORATORY (Estados Unidos). **NCEP/NCAR Reanalysis 1:** Summary. Boulder, CO, 20 out. 2014. Disponível em: https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html. Acesso em: 4 fev. 2022.

PIELKE JR., R.A.; CARBONE, R. "Weather impacts, forecasts and policy: an integrated perspective", **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 83, n.12,(Mar.), p. 393-402, 2002.

Portal Brasil. **Plano Safra tem papel fundamental para a agricultura familiar, diz ministro.** Disponível em: http://www.brasil.gov.br/governo/2016/04/agricultura-familiar-com-r-28-9-bi-para-garantir-alimento-namesa-das-familias. Acesso em: 07 abr. 2022.

SAITO, S. M. **Desastres naturais e geotecnologias:** vulnerabilidade - caderno didático nº 6. São José dos Campos: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2011.

Santos, D.L., et al., **LIMIAR DE PRECIPITAÇÃO COM POTENCIAL DE GERAR DESLIZAMENTOS NOS COMPLEXOS DE RISCO EM UMA ZONA URBANA**, REGA, v. 16, e12, 2019

SCHEUREN, J. M.; LE POLAIN DE WAROUX, O.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D.; PONSERRE, S. (2008). **Annual Disaster Statistical Review The !umbers and Trends 2007.** Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Brussels, 64 p.

SILVESTRE, Miriam Rodrigues. **Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica: diagnóstico e propostas.** Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341579662_PRINCIPIOS_DA_ESTATISTICA_APLICADA_A_CLIMATOLOGIA_E_ANALISES_DE_SERIES_TEMPORAIS. Acesso em: 17 fev. 2022.

SOUZA, C. A. de; REBOITA, M. S. Ferramenta para o Monitoramento dos Padrões de Teleconexão na América do Sul. **Terrae Didatica**, Campinas, SP, v. 17, n. 00, p. e02109, 2021. DOI: 10.20396/TD.V17I00.8663474

SOUZA, V. M. et al. 2012, Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE, **Revista Brasileira de Geografia Física**, pp 250-268.

SOBRAL, André et al. Desastres naturais – sistemas de informação e vigilância: uma revisão da literatura. **Artigo de Revisão**, [s. l.], p. 390, 2010.

S2iD. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais.** 1991 a 2012. Brasil, 2013. Disponível em: https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/. Acesso em: 17 fev. 2022.

Tatizana, C., et al (1987a). **Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos, serra do mar, mun. de Cubatão.** In 5o Congr. Bras. Geol. Eng. (pp. 225-236). São Paulo: ABGE.

Tatizana, C., et al (1987b). **Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas da serra do mar, município de Cubatão.** In 5o Congr. Bras. Geol. Eng. (pp. 237-248). São Paulo: ABGE.

TERRA. **Surpreendente chuva de maio de 2017 no Brasil:** Quase 700 mm em Maceió, o maior acumulado no país. [S. l.], 3 jun. 2017. Disponível em: https://www.terra.com.br/noticias/climatempo/surpreendente-chuva-de-maio-de-2017-no-brasil,5218a4d72d43a961efe50eb8d07c2ff2lq172icx.html#:~:text=Quase%20700%20mm%20em%20Macei%C3%B3%2C%20o%20maior%20acumulado%20no%20pa%C3%ADs&text=O%20total%20de%20chuva%20que,escassa%20e%20rara%20em%20maio. Acesso em: 10 abr. 2022.

Torres, G.P., et al., **ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E DESLIZAMENTOS NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS – RJ**, S&G 15 (2020), pp. 38-45

UNIFEI (Brasil). **Oceanic Niño Index (ONI).** Campinas-SP: SOUZA, C. A. de; REBOITA, M. S. 2021. Disponível em: https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/indice?id=oni. Acesso em: 9 abr. 2022.

UFSC (Brasil). PROPOSTA DE REGULAMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES DE TERRAPLANAGEM PARA OS MUNICÍPIOS DA ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS

WIKIPÉDIA. **Palmeira dos Índios**. [S. l.], 2022. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Palmeira_dos_%C3%8Dndios. Acesso em: 05 abr. 2022.

WIKIPÉDIA. **Região Nordeste do Brasil**. [S. l.], 2011. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Nordeste_do_Brasil#Refer%C3%AAncias. Acesso em: 30 mar. 2022.

WOLLMANN, Cássio Arthur. Revisão teórico-conceitual do estudo das enchentes nas linhas de pesquisa da geografia física. **Revista Eletrônica Geoaraguaia.** Barra do Garças-MT. V 5, n.1, p 27 - 45. Janeiro/Julho. 2015.