



Universidade Federal de Alagoas
Instituto de Ciências Atmosféricas
Curso de Bacharelado em Meteorologia



PEDRO HENRIQUE DE ALMEIDA SOUZA

Dinâmica da Chuva na Região Metropolitana de Maceió via Produtos de Precipitação (CHELSA e CHIRPS)

Maceió - AL
Fevereiro, 2022

PEDRO HENRIQUE DE ALMEIDA SOUZA

Dinâmica da Chuva na Região Metropolitana de Maceió via Produtos de Precipitação (CHELSA e CHIRPS)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. José Francisco de Oliveira Júnior

Maceió - AL
Fevereiro, 2022

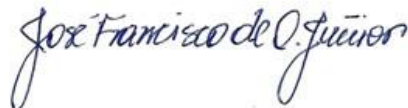
FOLHA DE APROVAÇÃO

PEDRO HENRIQUE DE ALMEIDA SOUZA

Dinâmica da Chuva na Região Metropolitana de Maceió via Produtos de Precipitação (CHELSA e CHIRPS)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia, aprovado em 04 de Março de 2022.

Banca examinadora



Prof. Dr. José Francisco de Oliveira Júnior

Universidade Federal de Alagoas

(Orientador)



Prof. Dr. Washington Luiz Félix Correia Filho

Universidade Federal do Rio Grande



Prof. Dr. Hélio Fábio Gomes Barros

Universidade Federal de Alagoas



MSc. Dimas de Barros Santiago

Universidade Federal de Campina Grande



ATA DE APRESENTAÇÃO PÚBLICA DO TCC

ALUNO: PEDRO HENRIQUE DE ALMEIDA SOUZA

ORIENTADOR: JOSE FRANCISCO DE OLIVEIRA JÚNIOR

TÍTULO DO TRABALHO: DINÂMICA DA CHUVA NA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ VIA PRODUTOS DE PRECIPITAÇÃO (CHELSA E CHIRPS)

DATA: 04 / 03 / 2022 HORA: 08:00

LOCAL: Vídeo conferência – <https://meet.google.com/dmd-ktdq-xzx>

BANCA EXAMINADORA

PRESIDENTE: DR. JOSE FRANCISCO DE OLIVEIRA JÚNIOR (UFAL)

SEGUNDO COMPONENTE: DR. WASHINGTON LUIZ FÉLIX CORREIA FILHO (FURG)

TERCEIRO COMPONENTE: DOCTORANDO DIMAS DE BARROS SANTIAGO (UFCG)

QUARTO COMPONENTE: Dr. HELIOFÁBIO BARROS GOMES (UFAL)

QUADRO DE AVALIAÇÃO

Banca Examinadora	Apresentação	Conteúdo	Domínio Do Assunto	Média Parcial	Assinatura
Presidente	9,0	9,0	9,0	9,0	<i>Jose Francisco de Oliveira Junior</i>
Segundo Componente	9,0	9,0	9,0	9,0	<i>Washington Luiz Felix Correia Filho</i>
Terceiro Componente	9,0	9,0	9,0	9,0	<i>Dimas de Barros Santiago</i>
Quarto Componente	9,0	9,0	9,0	9,0	<i>Heliofabio Barros Gomes</i>

MÉDIA FINAL: 9,0

COMPROVANTE DE ENTREGA DA VERSÃO FINAL DO TCC

O TCC obteve média final _____, conforme quadro de avaliação acima, homologado por esta coordenação.

Entregue na versão final no dia ____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) Coordenador (a):

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

Aos meus pais, pelo apoio que tenho recebido desde o começo dos meus estudos antes mesmo da graduação em Meteorologia, assim como todo o suporte que foi me dado no decorrer dessa jornada que basicamente está chegando ao fim e logo mais começarei uma nova jornada em busca do Mestrado.

Também quero agradecer ao meu irmão por sempre me entender e estar do meu lado me apoiando como sempre, em qualquer caminho que eu queria seguir. Agradecer a minha namorada pela paciência nesses tempos difíceis de pandemia, pela ajuda em determinados momentos da minha vida e principalmente durante o meu TCC. Pois é muito melhor passar por dificuldades e problemas com pessoas que não estão apenas do seu lado e sim traçando uma jornada junto a sua, te apoiando e tendo orgulho de suas conquistas e te erguendo nos momentos mais difíceis sempre que for preciso.

Aos meus amigos pelo suporte nos últimos 5 anos.

Ao Laboratório LAMMA que faço parte a 2 Anos.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. José Francisco de Oliveira Júnior, pelas orientações dentro e fora do laboratório, pelos seus ensinamentos de vida e apoio durante a minha jornada até aqui e sei que continuarei tendo este apoio durante a minha carreira como Meteorologista.

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 – Região Metropolitana de Maceió e a sua elevação (m) juntamente com as 7 estações pluviométricas, respectivamente	20
Figura 2 - Diagrama de espalhamento (1:1) dos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) versus os dados observados de chuva (mm) nos períodos: chuvoso (a-b), seco (c-d) e transição (e-f), respectivamente	26
Figura 3 - Relação da chuva anual (mm) pelos produtos de precipitação CHELSA e CHIRPS com o crescimento populacional da RMM baseado nos últimos censos do IBGE (1980, 1991, 2000 e 2010).....	28
Figura 4 - Distribuição da precipitação anual (mm) dos produtos CHELSA (A) e CHIRPS (B) na RMM	31
Figura 5 - Distribuição da precipitação sazonal (mm) dos produtos CHELSA (A) e CHIRPS (B) na RMM	33
Figura 6 - Distribuição da precipitação no período de Transição (mm) dos produtos CHELSA (A) e CHIRPS (B) na RMM.	35
Figura 7 - Distribuição da precipitação no período Chuvoso (mm) dos produtos CHELSA (A) e CHIRPS (B) na RMM.	37

LISTA DE TABELAS

	pág.
TABELA 1 - Estações meteorológicas automáticas (EMA) da Região Metropolitana de Maceió com suas coordenadas geográficas (latitude e longitude, °), altitude (m) e período	17
TABELA 2 - Coeficiente de correlação de Pearson (r) e a sua respectiva classificação	18
TABELA 3 - Resumo dos indicadores estatísticos (EPE, RMSE, R ² e r) das estações meteorológicas pertencentes aos municípios da RMM a partir do produto CHIRPS.....	21
TABELA 4 - Resumo dos indicadores estatísticos (EPE, RMSE, R ² e r) das estações meteorológicas pertencentes aos municípios da RMM a partir do produto CHELSA	22
TABELA 5 - Quantificação dos valores de precipitação obtidos pelos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) no período Anual	32
TABELA 6 - Quantificação dos valores de precipitação obtidos pelos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) no período de Seca	33
TABELA 7 . Quantificação dos valores de precipitação obtidos pelos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) no período de Transição	35
TABELA 8 . Quantificação dos valores de precipitação obtidos pelos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) no período Chuvoso	37

RESUMO

A chuva é uma variável climática que modifica completamente a paisagem geográfica. A sua distribuição espaço-temporal é de extrema relevância no planejamento dos recursos hídricos nas metropolitanas (RM), principalmente no Nordeste do Brasil (NEB). A Região Metropolitana de Maceió (RMM) possui 13 municípios e, portanto, a chuva traz risco a vida e a saúde dessa população, visto que parte dela apresenta vulnerabilidade social. Na RMM há poucos estudos sobre a dinâmica da chuva e os existentes não relacionam de forma integrada a atuação dos sistemas meteorológicos de multiescala. Dados observados das estações meteorológicas automáticas (EMA) e estações meteorológicas convencionais (EMC) do INMET e produtos de precipitação (CHIRPS - *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* e CHELSA - *Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas*) foram usados e o período correspondente foi de 1979-2013. Os indicadores estatísticos (R^2 , r , EPE e RMSE, mm) foram usados para efeito de validação dos produtos de precipitação. Após a validação do CHIRPS e CHELSA foram feitos mapas anuais e sazonais via método de interpolação espacial IDQ (inverso do quadrado da distância) a partir do QGIS em sua versão 3.16.9. E dados dos produtos CHIRPS e CHELSA foram confrontados com dados da população da RMM a partir de dados dos últimos censos do IBGE (1980, 1991, 2000 e 2010). A maior dispersão na estação chuvosa, em relação ao (diagrama de dispersão), ocorreu a partir do valor de 50 mm no CHELSA, enquanto no CHIRPS foi inferior a 50 mm. Ao contrário, das estações seca e de transição, onde houve a maior dispersão em relação à linha 1:1 a partir de 0 mm. Na estação chuvosa, os coeficientes R^2 foram de 49% (CHELSA) e 48% (CHIRPS), sendo ambos próximos. Na estação seca houve diferença entre os produtos CHELSA (47%) e o CHIRPS (52%) devido à resolução espacial ser diferente entre os produtos de precipitação. Os coeficientes r de ambos os produtos (CHELSA, $r = 0,7$ e CHIRPS, $r = 0,69$) foram moderados e satisfatórios. Os produtos CHELSA e CHIRPS podem ser usados na avaliação espaço-temporal da chuva RMM. Em ambos os produtos CHIRPS e CHELSA mostraram a formação de um gradiente de chuva entre a costa e a parte alta da RMM. Vale destacar a resolução espacial e temporal de cada produto de precipitação e, claramente distinguiu as classes de intensidade na região de estudo, onde o produto CHELSA apontou classes de chuva maiores na porção Norte e na região central, enquanto o produto CHIRPS as maiores classes de chuva encontram-se na costa da RMM. Individualmente, os municípios de Atalaia e Murici, Pilar e Maceió apresentaram os menores erros (EPE e RMSE) e, portanto, os produtos podem ser usados na avaliação da chuva. Em ambos os produtos CHELSA e CHIRPS, a chuva acumulada anual apontou uma diminuição, a partir da década de 2000 e um crescimento da populacional da RMM, isso é preocupante para o futuro do abastecimento de água e na manutenção dos ecossistemas existentes na RMM. Os principais sistemas meteorológicos que afetam a dinâmica da chuva na RMM são: circulações de brisas lagunar, mar-terra, Perturbação Ondulatória dos Alísios (POA), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) e chuvas convectivas provocadas pelo processo de urbanização.

Palavras-Chave: urbanização; precipitação; dados de satélites; geoprocessamento, sistemas meteorológicos.

ABSTRACT

Rainfall is a climatic variable that completely modifies the geographical landscape. Its spatial-temporal distribution is of extreme relevance in the planning of water resources in metropolitan areas (MA), especially in northeastern Brazil (NEB). The Metropolitan Region of Maceió (MRM) has 13 municipalities and, therefore, the rainfall brings risk to the life and health of this population, since part of it presents social vulnerability. In MRM there are few studies on the dynamics of rain and existing ones do not relate in an integrated way the performance of multi-scale meteorological systems and socio-environmental factors. Observed data from automatic weather stations (AWS) and conventional weather stations (CWS) of INMET and precipitation products (CHIRPS - Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station and CHELSA - Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas) were used and the corresponding period was 1979-2013. Statistical indicators (R^2 , r , EPE and RMSE, mm) were used to validate the precipitation products. After validation of CHIRPS and CHELSA, annual and seasonal maps were made using the spatial interpolation method IDQ (inverse of the square of the distance) from QGIS version. And data from CHIRPS and CHELSA products were compared with MRM population data from data from the latest IBGE censuses (1980, 1991, 2000 and 2010). The greatest dispersion in the rainy season, in relation to the 1:1 line occurred from the value of 50 mm in CHELSA, while in the CHIRPS it was less than 50 mm. In contrast, in the dry and transition seasons, where there was the greatest dispersion in relation to the 1:1 line from 0 mm. In the rainy season, the coefficients R^2 were 49% (CHELSA) and 48% (CHIRPS), both being close. In the dry season there was a difference between CHELSA products (47%) and CHIRPS (52%) due to the spatial resolution being different between precipitation products. The r coefficients of both products (CHELSA, $r = 0.7$ and CHIRPS, $r = 0.69$) were moderate and satisfactory. CHELSA and CHIRPS products can be used in the spatio-temporal assessment of MRM rainfall. In both CHIRPS and CHELSA products showed the formation of a rainfall gradient between the coast and the upper part of the MRM. It is worth highlighting the spatial and temporal resolution of each precipitation product and clearly distinguished the intensity classes in the study region, where the CHELSA product indicated higher rain classes in the northern portion and in the central region, while the CHIRPS product the largest rain classes are on the coast of the RMM. Individually, the municipalities of Atalaia and Murici, Pilar and Maceió presented the smallest errors (EPE and RMSE) and, therefore, the products can be used in the assessment of rain. In both CHELSA and CHIRPS products, the annual accumulated rainfall indicated a decrease, from the 2000s and a growth in the population of the MRM; this is worrying for the future of water supply and the maintenance of existing ecosystems in the RMM. The main Meteorological systems that affect the dynamics of the in MRM rainfall are: circulations of lagoon breezes, sea-land, Wave Disturbance of Trade Winds (WDTW), Easterly Wave Disturbances (EWDs), Upper Tropospheric Cyclone Vortex (UTCV) and convective rains caused by the urbanization process.

Keywords: urbanization; precipitation; satellite data; geoprocessing, weather systems.

SUMÁRIO

	pág.
1. Introdução	10
2. Revisão Bibliográfica	12
2.1 - Chuva Urbana.....	12
2.2 - Sistemas Meteorológicos que atuam na RMM.....	13
2.2.1 - Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).	13
2.2.2 - Circulação de brisas terrestre/marítima e lagunar.....	14
2.2.3 - Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL).....	15
2.2.4 - Perturbação Ondulatória dos Alísios (POA).	15
2.2.5 - Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN).	15
2.2.6 - El Niño e La Niña.....	17
3. Produtos de Precipitação	17
3.1 - CHIRPS.....	17
3.2 - CHELSA.....	18
3.3 Mudanças de uso e ocupação do solo e impacto a chuva.	18
4. Materiais e Métodos	19
4.1 - Área de Estudo.....	20
4.2 - Série Temporal Pluviométrica.....	20
4.3 - Indicadores Estatísticos.....	21
4.4 - Método Interpolação Espacial.....	23
5. Resultados e Discussão	23
5.1 - Validação do CHIRPS e CHELSA na RMM.	23
5.2 - Crescimento populacional versus chuva na RMM.....	27
5.3 - Indicadores Estatísticos aplicados aos CHIRPS e CHELSA.....	29
5.4 - Distribuição Espacial da Chuva.....	30
5.4.1 - Anual.....	30
5.4.2 - Sazonalidade.....	31
5.4.3 - Período de Seca.....	33
5.4.4 - Período de Transição.....	34
5.4.5 - Período Chuvoso.....	35
6. Conclusões	36
7. Recomendações	37
8. Referências Bibliográficas	38

1. INTRODUÇÃO

A chuva é uma variável climática que modifica a paisagem geográfica, sendo fundamental para o funcionamento dos recursos hídricos e na manutenção dos ecossistemas, principalmente no Nordeste do Brasil (NEB) – (LYRA et al., 2014; CORREIA FILHO et al., 2019). A sua distribuição espaço-temporal é de suma importância no planejamento e na gestão dos recursos hídricos, em particular nas regiões metropolitanas (RM) do NEB (NÓBREGA et al., 2015; MOREIRA et al., 2017). Vale ressaltar que nas RM do NEB possui 114 municípios e uma população estimada em 20.008.053 habitantes (IBGE, 2021). Sendo que boa parte da população reside em áreas de risco, com alta vulnerabilidade social e acometida por epidemias frequentes, principalmente aquelas de veiculação hídrica (dengue e a leptospirose) – (SANTOS et al., 2018; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019; SILVA et al., 2021).

Estudos sobre espaço-temporalidade das chuvas nas RM são de suma importância em relação à disponibilidade de água potável e geração de energia, principalmente em relação às mudanças climáticas, que modificam o padrão de chuvas, seguido da influência do uso e ocupação do solo via processo de urbanização (NÓBREGA et al., 2015; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2022). É sabido que as RM são regiões que possuem características de uso e ocupação do solo bastante peculiar, por exemplo, se caracterizam pela densa urbanização e altamente adensadas populacionalmente, que por sua vez trazem problemas frequentes de alagamentos, inundações repentinas e a formação e intensificação de Ilhas de Calor Urbana (ICU) - (ZANELLA et al., 2009; MORAES et al., 2017).

Outro aspecto comum em áreas urbanas são chuvas extremas, que por sua vez são determinantes no cotidiano da população. Portanto, estudos que possam auxiliar no planejamento e à gestão territorial para minimizar os impactos decorrentes das chuvas extremas são primordiais, visto que sua ocorrência pode ocasionar a falta de água, os movimentos de terra, os alagamentos e inundações, as mortes decorrentes destes eventos, problemas de drenagem urbana e no planejamento da infraestrutura das cidades (EASTERLING et al., 2000; GOCIC et al., 2013).

Alguns autores, por exemplo, Zanella et al. (2009), Amorim e Monteiro (2011) e Armond e Sant'Anna Neto (2019) destacam que as áreas urbanas dos ambientes tropicais são altamente susceptíveis aos impactos decorrentes dos eventos de chuvas, em função das elevadas magnitudes identificadas nas últimas décadas e, principalmente, nas RM, onde a urbanização acentuada e desordenada, próprias às condições da desigualdade social predominante no Brasil e a ocupação desprovida de planejamento e ordenamento territorial, são aspectos que e deflagram com maior frequência os episódios extremos de chuva, de acordo com Armond e Sant'Anna Neto (2017).

Recentemente, tem se discutido, tanto no meio político como acadêmico, sobre as mudanças climáticas e suas consequências em termos social, ambiental e econômico, sendo consenso que o clima no planeta nem sempre ocorreu da forma atual. As projeções do PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas) para o NEB são de decréscimo entre 10% e 20% da chuva e aumento de 0,5 a 1°C da temperatura do ar durante as próximas três décadas (até 2040), com aumento gradual de temperatura de 1,5 a 2,5°C e diminuição entre 25% e 35% nos padrões de chuva no período de 2041-2070. Condições significativamente mais quentes (aumento de temperatura entre 3,5 e 4,5°C) e agravamento do déficit hídrico regional com diminuição de praticamente metade (40% a 50%) da distribuição de chuva são indicados no final do século (2071-2100) nas projeções (PBMC, 2014; GUIMARÃES et al., 2016).

O uso dos produtos de precipitação tem sido aplicado no NEB, por exemplo, os dados do CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station*) – (PAREDES-TREJO et al., 2017) e do CHELSA (*Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas*) - (CORREIA FILHO et al., 2019; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021). Até o presente momento, não foi avaliado os produtos CHIRPS e CHELSA de forma conjunta em uma RM do NEB, principalmente a dinâmica da chuva na RMM, visto que há poucos estudos (NASCIMENTO et al., 2018; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021) e não relacionaram a atuação dos sistemas meteorológicos em multiescala e os fatores fisiográficos que contribuem para sua variabilidade. Portanto, estudo tem por objetivos: **i**) validar os produtos de precipitação (CHIRPS e CHELSA) e **ii**) identificar os principais sistemas meteorológicos que nela atuam.

2. OBJETIVOS

GERAL

- **AVALIAR** a dinâmica da chuva na Região Metropolitana de Maceió.

ESPECÍFICO

- **VALIDAR** os produtos de precipitação (CHELSA E CHIRPS).
- **INVESTIGAR** os principais sistemas meteorológicos que atuam na Região Metropolitana de Maceió.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Chuva Urbana

A chuva diária é caracterizada como um evento que apresenta intensidade e duração. As chuvas fortes causam prejuízo nas cidades, erosão no solo, inundações, danos à agricultura e sérios problemas em reservatórios de armazenamento de água (SOUZA et al., 2016).

Diversos problemas relacionados à chuva e aos serviços públicos são identificados nos espaços urbanos, um exemplo é a ocupação irregular da urbanização que causa prejuízos para as metrópoles brasileiras, acarretando problemas para a eficiência dos serviços públicos como abastecimento de água, transporte e serviços essenciais que garantem a qualidade de vida.

As ocorrências de problemas na RMM são decorrentes da irregularidade dos espaços urbanos junto das precipitações pluviométricas. Nas RM, o desconforto térmico, os problemas de deslizamentos de terra, os alagamentos e as inundações decorrentes das chuvas intensas ocorrem com maior frequência.

Cidades grandes tendem a ser vulneráveis ao aquecimento e às inundações, por conta que geram calor em grande quantidade e pela falta de saneamento básico das ruas que ocasiona os alagamentos e diversos bueiros a céu aberto com grandes quantidades de lixo acumulado (CAMPBELL et al., 2007).

A falta da infraestrutura nas grandes cidades é um desastre e ocasionam prejuízos consideráveis, apesar das chuvas provocarem grandes prejuízos às diversas localidades de risco dentro das RM, a chuva não é o principal responsável e sim a infraestrutura adequada. Por causa da falha do planejamento urbano, as regiões com vulnerabilidade acabam sendo alvos da ocorrência de desastres

causados pela falta de planejamento, da infraestrutura local e das variáveis meteorológicas.

De uma forma geral, as enchentes são fenômenos naturais que ocorrem de forma periódica devida às chuvas intensas. Em áreas urbanas as enchentes podem ser decorrentes destas chuvas de magnitude elevada, ou devido a transbordamentos de cursos d'água provocados por alterações no equilíbrio no ciclo hidrológico em áreas urbanas ou por conta da própria urbanização.

O Estudo das ocorrências de chuvas intensas é de grande importância na busca para soluções apropriadas aos problemas que as enchentes causam, entretanto são por meio dos estudos dos processos hidrológicos que se definem as devidas soluções para este tipo de problema (POMPÊO, 2000).

As mudanças que ocorreram com o passar dos anos na Região Metropolitana de Maceió (RMM) alteraram a sua paisagem natural, e o clima da região foi modificado por conta da expansão territorial e das cidades construídas e expandidas por conta do povoamento em massa da região no século XVI (NASCIMENTO, 2021). O povoamento da região ocorreu devido à cultura da cana-de-açúcar que se espalhou por toda a região, e por conta de ser uma cultura que necessita de bastante de água, o seu plantio foi feito nas margens dos rios que desaguam no Oceano Atlântico (ANDRADE, 2010). Dessa forma a costa do estado de Alagoas foi a primeira a ser povoada e preenchida de habitações, fazendo com que o planejamento, a infraestrutura e o futuro da região não fossem planejados da forma correta, por conta desse processo de povoamento ter sido de forma desordenada acabou influenciando a evolução urbana e social.

3.2 Sistemas Meteorológicos que atuam na RMM

A sazonalidade da chuva em Maceió é devido aos sistemas meteorológicos que são responsáveis pela precipitação intensa em diversos períodos dos anos, podem ser destacados os seguintes sistemas meteorológicos: Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS); Circulação de Brisas; Circulações de Brisas Marítima/terrestre e lagunar; Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL); Perturbação Ondulatória dos Alísios (POA); Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) - (COSTA et al., 2020; SOUZA et al., 2021; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021).

3.2.1 Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)

A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) influencia no clima da América do Sul (AS) tanto no inverno quanto no verão sobre as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil. Entre junho e outubro, ocorre uma expansão da ASAS que acaba entrando mais no continente e alterando a sua localização, fazendo com que o sistema acabe influenciando mais o clima das regiões Sudeste e Nordeste. A atuação da ASAS altera o clima da região durante o inverno e o verão e com a sua permanência sobre o continente, a ASAS acaba se tornando um bloqueio para os sistemas frontais (ITO e AMBRIZZI, 2000), e interferindo na formação de nuvens sobre a região.

Nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, o bloqueio formado pela ASAS causa períodos longos de seca ou chuva. De acordo com BARBIERI (2007) os bloqueios acontecem com mais frequência na região Sul no outono, e o inverno e primavera com uma quantidade mínima de bloqueios.

3.2.2 Circulações de brisas marítima/terrestre e lagunar

As circulações de brisas ocorrem por conta do aquecimento diferenciado entre duas superfícies, ocasiona fluxos de energia diferentes para a atmosfera, gerando assim um gradiente de pressão em diferentes níveis sobre a superfície, dando assim o movimento para o vento. É um fenômeno de mesoescala, é denominado como brisa (ATKINSON, 1981).

A circulação das brisas terrestre/marítima ocorre durante o dia e a noite, entre a superfície terrestre e o oceano (TEIXEIRA, 2008). Durante o dia a temperatura da terra está mais elevada do que a água, por conta que o aquecimento do continente é mais rápido do que no oceano, fenômeno que ocorre por conta do calor específico da água é superior a terra. Pelo dia a brisa sopra do mar para a terra, e em sentido contrário pela noite.

A camada de ar que se encontra em contato com a superfície terrestre se aquece de maneira rápida causando assim uma ascensão das massas de ar, por conta que existe uma diminuição na densidade, gerando assim uma diminuição da pressão atmosférica neste ambiente. O ar sobre o oceano se encontra mais frio, conseqüentemente mais denso, logo caracterizando a região de maior pressão

atmosférica, com isso é formado um gradiente de pressão deslocando o ar em direção ao continente, formando assim a brisa marítima (SIMPSON, 1994).

As regiões lagunares são de grande importância para a estabilidade climática local e regional. Por conta da urbanização/industrialização, as lagunas acabam constantemente sujeitas à degradação ambiental, por fontes domésticas, agrícolas e industriais, entre outros problemas. Por exemplo, a Lagoa Mundaú, que é influenciada pela circulação de brisa lagunar (NASCIMENTO et al., 2018).

3.2.3 Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL)

DOL são distúrbios que se propagam para oeste na área dos ventos alísios, que apresentam configurações ondulatórias no campo de pressão e de vento (GOMES et al., 2015). Sendo um sistema comum para o regime dos ventos alísios, tendo mais frequência na faixa equatorial do cinturão subtropical e o seu pico de intensidade ocorre na média troposfera (MACHADO et al., 2009). O seu deslocamento é sobre o Oceano Atlântico até o litoral e a Zona da Mata do nordeste. Os DOLs são importantes para as condições sinóticas, por conta da sua componente meridional do vento, tendo como consequência uma umidificação da camada, um aumento de nebulosidade e precipitação (COUTINHO e FISH, 2007).

3.2.4 Perturbação Ondulatória dos Alísios (POA)

As POAs são de grande importância no regime de chuvas em Alagoas (MOLION e BERNADO, 2002), são formados pela convergência dos ventos que acompanham os Sistemas Frontais com os ventos alísios. Nas áreas costeiras as POAs dão origem a uma grande nebulosidade, por conta da convergência do fluxo de umidade e contraste de temperatura entre oceano e continente (SILVA, 2011). Para a região de Alagoas é de grande importância analisar o comportamento das POAs na distribuição pluviométrica, pois assim oferece dados importantes para que seja possível o aprimoramento da previsão de tempo em um pequeno prazo (LYRA et al., 2020).

3.2.5 Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN)

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, por sua persistência e deslocamento têm um papel importante no regime de precipitação nas regiões dos trópicos e extra trópicos, além de também ter o papel de troca de energia entre ambas as regiões

(RAMIREZ, 1997). No Brasil, as regiões que são afetadas pelo VCAN são: Nordeste, Sudeste e Sul (LOURENÇO, 1996). No Nordeste os sistemas se desenvolvem nas latitudes tropicais do Oceano Atlântico Sul, de acordo com Silva, (2005) podem ocasionar secas em algumas regiões ou inundações em outras, dependendo da sua localização e posição sobre a região que está sendo afetada. Os VCANs têm movimentos erráticos e uma duração na atmosfera variada, tornando assim um sistema complexo de se fazer a previsão do tempo.

Os VCANs se formam entre a primavera e outono, quando as condições atmosféricas na América do Sul são favoráveis pelo sistema de monção (REBOITA et al., 2010; MARENGO et al., 2012). Durante esse período é formado a circulação anticiclônica em altos níveis, chamado de Alta da Bolívia (AB). O desenvolvimento do VCAN ocorre quando a parte sul do cavado, onde estão às bordas leste e oeste, sofrem uma deformação, onde elas se unem, facilitando a formação do VCAN no interior do cavado (FERREIRA et al., 2019).

3.2.6 El Niño e La Niña

O modo de variabilidade climática El Niño-Oscilação Sul (ENOS) tem duas fases: La Niña (fase fria) e El Niño (fase quente) (FREIRE et al, 2011). Este fenômeno está associado à secas e enchentes na região do Nordeste Brasileiro, onde afeta principalmente a região semiárida onde a população necessita das chuvas para o sustento de muitas famílias que utilizam o solo exclusivamente para o plantio (VIANELLO et al 2001).

Segundo Adams et al. (1999), os eventos de ENOS podem ser caracterizados como “a variação entre uma fase normal/neutra e duas fases extremas: El Niño e La Niña”. A etapa Neutra denota os anos em que as condições do Oceano Pacífico estão em normalidade, assim os ventos alísios escoam em direção ao oeste do Oceano Pacífico, ocorrendo assim às águas quentes que vão em direção ao Pacífico Ocidental. A temperatura superfície do mar (TSM) do Pacífico Ocidental é aproximadamente 8°C maior, enquanto que na região oriental as TSM's são mais frias. As águas mais frias da costa leste do Pacífico são decorrentes da ascensão de águas mais profundas e frias do oceano.

3.2 Produtos de Precipitação

3.3.1 CHIRPS

O *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS) é um conjunto de dados de precipitação desenvolvido pelo United States Geological Survey (USGS) e pelo Climate Hazards Group at the University of California, Santa Barbara (UCSB). Este produto tem estimativas de precipitação compostas por diversas fontes de informações, tais como: (i) The Climate Hazards Group's Precipitation Climatology (CHPClim); (ii) Observações de satélites com espectroscopia de infravermelho termal (Thermal Infrared, TIR), geoestacionárias quase globais da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Centro de Previsão Climática (CPC) e o National Climatic Data Center Climáticos (NCDC); (iii) Campos de Precipitação do Coupled Forecast System da NOAA, versão 2 (CFSv2) e (iv) Diversas observações de precipitação através de produtos de estações meteorológicas e outros serviços regionais (FUNK et al., 2015).

O Produto CHIRPS tem uma resolução espacial de 0,05°, ou aproximadamente 5km, próximo ao equador, com uma cobertura geográfica de 50°S a 50°N, com dados de 1981 até os dias atuais e é disponibilizado em conjuntos de dados diários, em pântadas e dados mensais.

3.3.2 CHELSA

O *Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas* (CHELSA) possui uma resolução espacial de 1 km x 1km, na escala mensal. É constituído por dados de estações meteorológicas oriundas do Global Precipitation Climate Centre (GPCC), com resolução temporal de 50 km x 50 km. O conjunto de dado do produto CHELSA é submetido à técnica de downscaling estatístico para o refinamento de grade de 50 km para 25 km, utilizando o método de interpolação B-Spline, com o auxílio dos dados de precipitação do Era-Interim (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019)

O CHELSA inclui os efeitos da topografia, do regime do vento e da altura da Camada Limite Atmosférica (CLA), onde ocorre o refinamento da grade de 25 km para 1km (Karger et al., 2017), obtidos no site:<http://chelsa-climate.org/timeseries/>. São arquivos armazenados na extensão Geotiff.

As ações antrópicas acabam gerando grandes impactos nas paisagens através do intenso processo de substituição das áreas naturais por diversos tipos de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal (MATSUSHITA et al., 2006).

Diversos fatores estão ligados ao processo de uso e ocupação do solo, que podem influenciar a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais, além disso, afetando a biodiversidade de grandes áreas (MENDOZA et al., 2011).

Um fato importante é a exploração intensa da agricultura e pecuária no semiárido do NEB, assim afeta a biodiversidade, a fertilização do solo e a erosão (VANZELA et al., 2010). De acordo com CARVALHO et al. (2009) e SANTOS et al, (2012), áreas que possuem uma cobertura do solo adequada apresentam menor potencial para formação de sedimentos, já áreas inadequadas apresentam índices erosivos maiores.

Por isso a utilização de Sensoriamento Remoto (SR) e SIG são essenciais para o monitoramento da degradação ambiental. Com o grande número de acervos de imagens de satélite disponíveis, hoje em dia o monitoramento utilizando tais ferramentas adequadas para o estudo se torna mais fácil, tendo assim uma melhor análise espacial (SILVA, 2010).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

A RMM possui uma área de aproximadamente 3.250,934 km², compreendida entre as Latitudes 01° 02' S (1,03°) e 18° 20' S (18,33°), e Longitudes 34° 47' W (34,78°) e 48° 45' W (48,75°) - (Figura 1). A região encontra-se no leste do NEB (ENEB), onde o relevo é composto por tabuleiros e planícies litorâneas. A população estimada da RMM é de 1.330.291 habitantes (IBGE, 2019), o IDH é considerado alto, chegando ao valor de 0,721 (IBGE 2019). A RMM compreende 13 municípios, sendo eles: Maceió, Rio Largo, Marechal Deodoro, Pilar, São Miguel dos Campos, Barra de São Miguel, Barra de Santo Antônio, Messias, Satuba, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Paripueira, Atalaia e Murici.

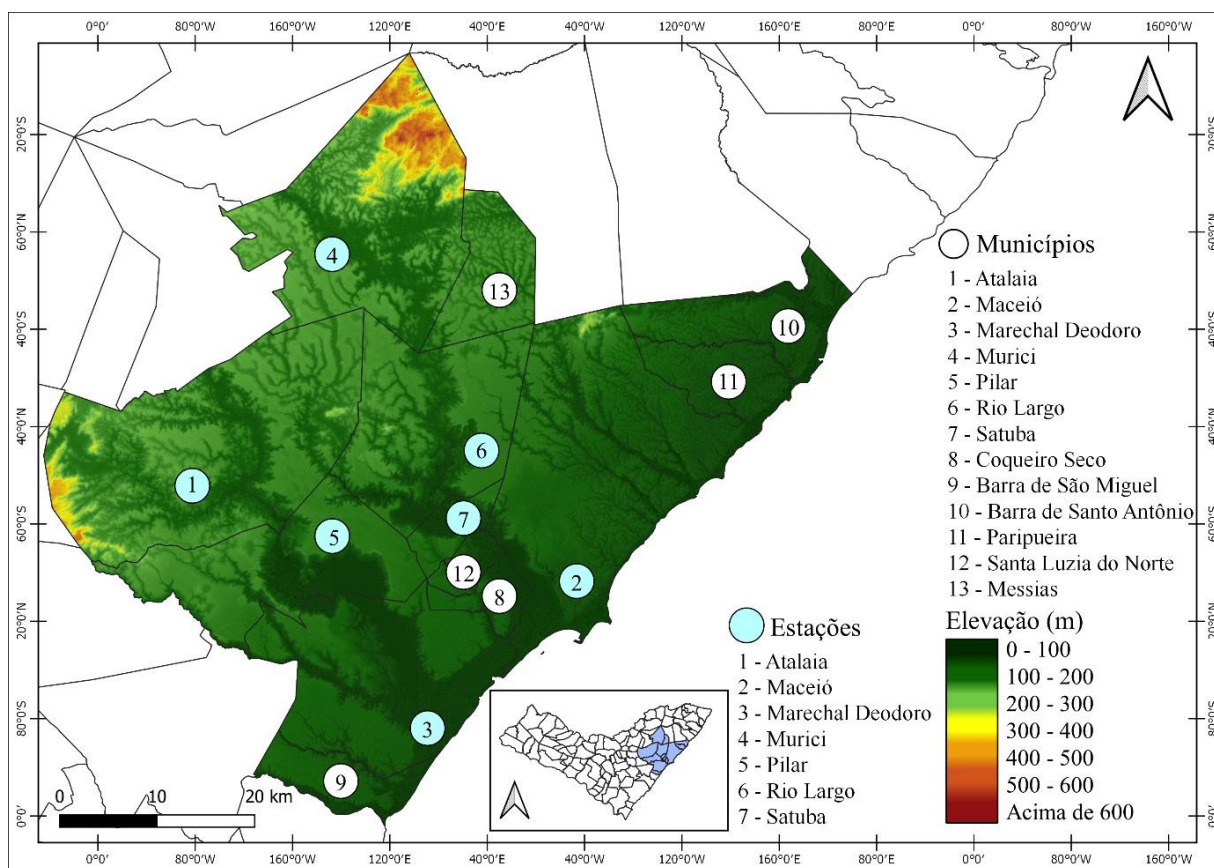


Figura 1. Região Metropolitana de Maceió e a sua elevação (m) juntamente com as 7 estações pluviométricas usadas no estudo, respectivamente.

O clima da RMM é caracterizado como um clima tropical atlântico, em virtude de sua posição entre os trópicos e próximo ao mar. Enquanto o Leste Alagoano, as chuvas são mais regulares. E anualmente é identificado um acúmulo de precipitação entre 1000 mm a 1500 mm, tendo seu período de chuvas nos meses de abril a agosto (BARROS et al., 2021).

4.2 Série Temporal Pluviométrica

No estudo foram usados dados pluviométricos das estações meteorológicas automáticas (EMA) e estações meteorológicas convencionais (EMC) da RMM oriundo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas (ANA) via sistema Hidroweb (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>), no período entre 1979 e 2013, conforme a Figura 1 e a Tabela 1. É sabido que as séries temporais pluviométricas apresentam falhas e, portanto, foram devidamente preenchidos via método de imputação. No estudo foi usado o método de imputação de dados, onde os percentuais de dados faltantes foram contabilizados via aplicação da função “mstats” via software ambiente R versão 3.4.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017). Maiores detalhes sobre os procedimentos utilizados encontram-se em COSTA et al. (2020); SOUZA et al. (2021) e OLIVEIRA JÚNIOR et al. (2021). Em relação aos produtos CHIRPS e CHELSA foram colhidos em período similar a fim de comparação e validação para RMM.

Tabela 1. Estações meteorológicas automáticas (EMA) da Região Metropolitana de Maceió com suas coordenadas geográficas (latitude e longitude, °), altitude (m) e período, de 1979 a 2013.

ID	Estações	Lat. (°)	Long. (°)	Alt (m)	Falhas (%)
1	Atalaia	09°39'S	35°43'W	54	0,73
2	Maceió	09°33'S	35°46'W	64,5	5,26
3	Marechal Deodoro	09°46'S	35°51'W	0	4,82
4	Murici	09°18'S	35°56'W	82	53,95
5	Pilar	09°35'S	35°57'W	131	44,74
6	Rio Largo	09°30'S	35°48'W	62	66,67
7	Satuba	09°34'S	35°49'W	20	41,67

4.3 Indicadores Estatísticos

Os indicadores estatísticos utilizados foram: coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de Pearson (r), Erro Padrão de Estimativa (EPE, mm) e Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RMSE, mm) na validação dos produtos CHELSA e CHIRPS na RMM.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(X_i - \bar{X}_o \right)_o^2}{\sum_{i=1}^n \left(X_o - \bar{X}_o \right)^2} \quad (1)$$

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

Os valores do coeficiente r foram classificados segundo a metodologia de Hopkins (2009), conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson (r) e a sua respectiva classificação (Hopkins, 2009).

Coeficiente de Correlação de Pearson (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

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_o - X_i)}{n}} \quad (4)$$

Em que: R^2 = coeficiente de determinação, r = coeficiente de correlação linear de Pearson; n = número de observação; X_i é o valor i -ésimo da chuva dos produtos CHELSA ou CHIRPS; X_o é o valor i -ésimo da chuva observada e $\overline{x_i}$ = chuva média observada ou dos produtos CHELSA ou CHIRPS.

4.4 Método Interpolação Espacial

Para a interpolação dos dados dos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) da RMM, foi usado o método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância (IQD), sendo um método já usado em estudo no Estado de Alagoas (WANDERLEY et al., 2012 WANDERLEY et al., 2013). O IQD atribui pesos ponderados aos pontos amostrais, de modo que a influência de um ponto sobre outro diminui com a distância do novo ponto a ser estimado (WANDERLEY et al., 2012). O software Quantum GIS (QGIS) versão 3.16.9 foi usado na confecção dos mapas pluviométricos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Validação do CHIRPS e CHELSA na RMM

Com base no diagrama de espalhamento (1:1) entre os produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) e os dados observados de chuva da RMM foram avaliados conforme os indicadores estatísticos (item 2.3). A maior dispersão na estação chuvosa, em relação à linha 1:1 ocorreu a partir do valor de 50 mm no CHELSA (Figura 2a), enquanto no CHIRPS foi inferior a 50 mm (Figura 2b). Ao contrário, das estações seca e de transição, onde houve a maior dispersão em relação à linha 1:1 a partir de 0 mm (Figuras 2c a 2f). Na estação chuvosa, os coeficientes R^2 foram de 49% (CHELSA) e 48% (CHIRPS), sendo ambos próximos, podem ser usados na avaliação espaço-temporal da chuva RMM, sendo confirmado pelo estudo recente de Oliveira Júnior et al. (2021) a partir do uso do produto CHELSA. Na estação seca houve diferença entre os produtos CHELSA (47%) e o CHIRPS (52%) devido à resolução espacial ser diferente entre os produtos de precipitação. Na estação de transição, os coeficientes R^2 foram superiores no CHIRPS ($R^2 = 61\%$) em comparação ao CHELSA ($R^2 = 50\%$).

Os coeficientes r de ambos os produtos (CHELSA, $r = 0,7$ e CHIRPS, $r = 0,69$) foram moderados e satisfatórios, novamente ambos os produtos podem ser devidamente aplicados na RMM no período chuvoso. No período seco, houve diferença entre os produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) e os dados observados de chuva da RMM, com correlação alta no CHIRPS ($r = 0,68$) e no CHELSA ($r = 0,72$), ao contrário, da estação de transição com correlação muito alta CHIRPS ($r = 0,78$) e alta no CHELSA ($r = 0,70$).

Os coeficientes r de ambos os produtos de precipitação tiveram resultados similares aos obtidos recentemente por Oliveira Júnior et al. (2021) para a RMM, onde a distribuição espacial da chuva mensal em Maceió pelo produto CHELSA é possível identificar o gradiente pluviométrico que se forma entre a região costeira e a parte alta do município de Maceió. Vale ressaltar que Paredes-Trejo et al. (2017) encontraram resultados satisfatórios em relação à validação do CHIRPS ($r = 0,94$) em relação dado observados para todo o NEB.

Todo o período de chuvas e de seca da RMM é caracterizada pelos fenômenos meteorológicos, pela topografia e os sistemas de brisas, a própria brisa lagunar decorrente da lagoa mundaú acaba causando à precipitação nas regiões próximas a lagoa, que está localizada entre os municípios de Maceió, Santa Luzia do Norte e Coqueiro Seco (Figura 1).

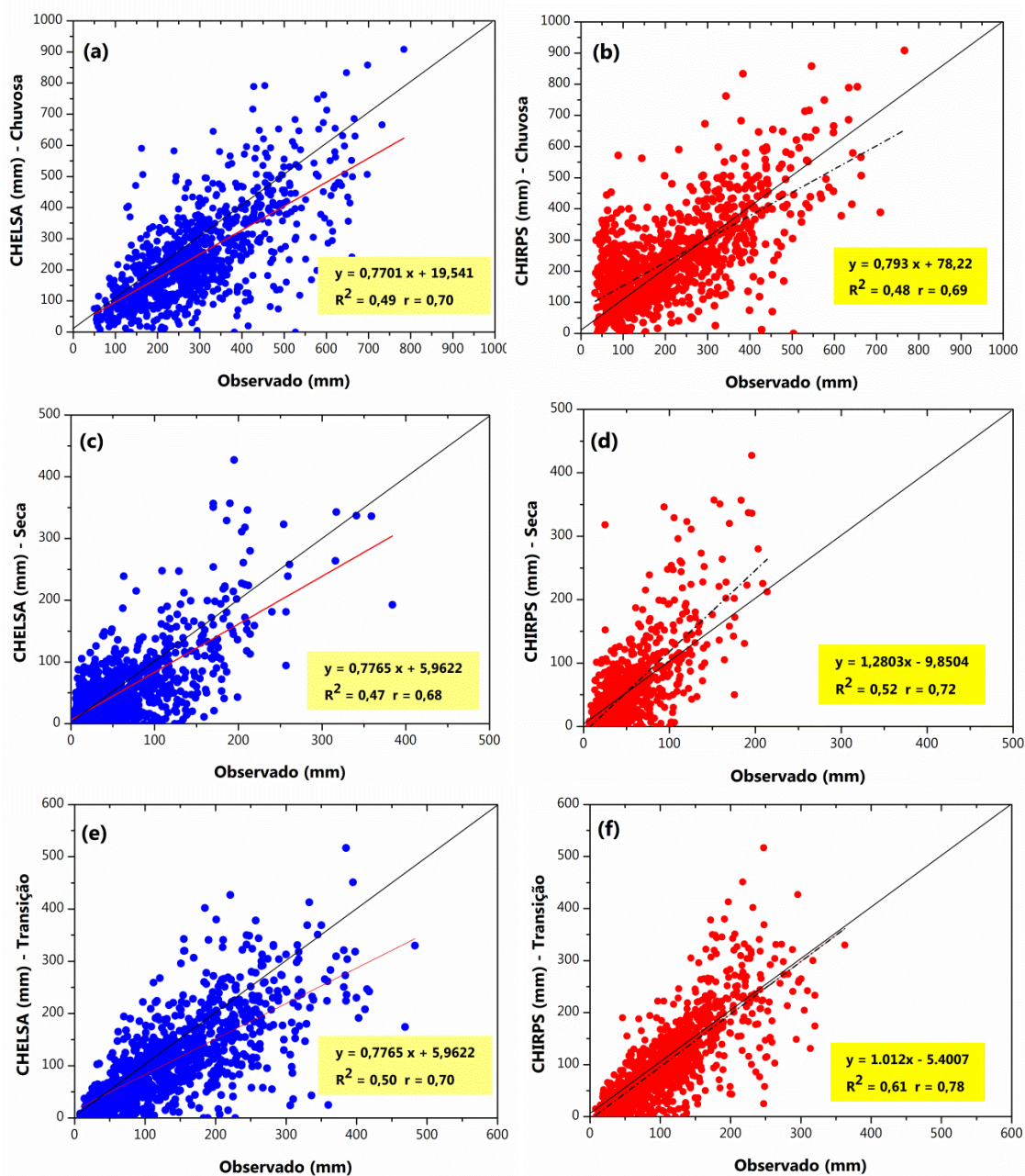


Figura 2. Diagrama de espalhamento (1:1) dos produtos de precipitação (CHERSA e CHIRPS) versus os dados observados de chuva (mm) nos períodos: chuvoso (a-b), seco (c-d) e transição (e-f), respectivamente.

5.2 Crescimento Populacional Versus Chuva na RMM

Os problemas de abastecimento de água são cada vez mais frequentes, devido principalmente ao crescimento populacional, onde ocorre o aumento da demanda no consumo de água e devido à poluição de recursos hídricos, fatores que agravam a escassez da água de qualidade para o consumo (GUEDES, 2012).

O Brasil, é um dos países mais ricos em água doce do planeta, com cerca de 12% do total mundial (ANA, 2018). Algumas regiões brasileiras, como o semiárido nordestino, têm problemas de escassez de água devido a características hídricas locais desfavoráveis, assim como elevada evapotranspiração (ET) durante todo o ano e baixos registros de chuva, porém outras regiões que possuem disponibilidade hídrica, sofrem com a escassez de água para fins potáveis (TUCCI, et al, 2000). O crescimento populacional aumenta a demanda no consumo de água (MAY, 2004).

O crescimento populacional pode desencadear uma crise hídrica, por exemplo, há uma perda da água tratada nas redes de distribuição que variam de 40% a 60% nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, enquanto nos países desenvolvidos varia entre 5% a 15% (REBOUÇAS, 2003).

A partir da Figura 3 mostra o crescimento populacional da RMM nos últimos censos do IBGE versus as chuvas registradas na década. Em ambos os produtos CHELSA e CHIRPS, a chuva acumulada anual apontou uma diminuição, a partir da década de 2000 e um crescimento populacional da RMM, isso é preocupante para o abastecimento de água na RMM.



Figura 3. Relação da chuva anual (mm) pelos produtos de precipitação CHLSA (**superior**) e CHIRPS (**inferior**) com o crescimento populacional da RMM baseado nos últimos censos do IBGE (1980, 1991, 2000 e 2010).

5.3 Indicadores Estatísticos Aplicados aos CHIRPS e CHELSA

Os indicadores estatísticos obtidos para os municípios da RMM a partir do produto CHIRPS na Tabela 3 mostrou que os menores valores de EPE ocorreram em Atalaia (4,20 mm) e Murici (4,73 mm), enquanto o RMSE foi obtido em Murici (0,86 mm) e Pilar (0,96 mm). Ambos os municípios o produto CHIRPS pode ser usado na avaliação da chuva. Em geral, os coeficientes R^2 e r foram satisfatórios, as exceções foram Marechal Deodoro ($R^2 = 0,59$ e $r = 0,77$) e Rio Largo ($R^2 = 0,47$ e $r = 0,69$).

Tabela 3. Resumo dos indicadores estatísticos (EPE, RMSE, R^2 e r) das estações meteorológicas pertencentes aos municípios da RMM a partir do produto CHIRPS.

ID	Municípios	CHIRPS			
		EPE (mm)	RMSE (mm)	R^2	r
1	Atalaia	4,20	12,34	0,63	0,79
2	Maceió	6,27	18,14	0,72	0,84
3	Marechal Deodoro	5,41	11,18	0,59	0,77
4	Murici	4,73	0,86	0,70	0,84
5	Pilar	6,31	0,96	0,74	0,86
6	Rio Largo	4,86	13,23	0,47	0,69
7	Satuba	6,85	15,37	0,74	0,86

Os indicadores estatísticos obtidos para os municípios da RMM a partir do produto CHELSA na Tabela 4 mostrou que os menores valores de EPE ocorreram novamente em Atalaia (5,97 mm) e Murici (5,85 mm), enquanto o RMSE foi obtido em Maceió (5,74 mm) e Pilar (9,11 mm), ao contrário do produto CHIRPS. Ambos os municípios o produto CHELSA pode ser usado na avaliação da chuva. Em geral, os coeficientes R^2 e r foram satisfatórios, a exceção foi Pilar ($R^2 = 0,55$ e $r = 0,74$).

Tabela 4. Resumo dos indicadores estatísticos (EPE, RMSE, R² e r) das estações meteorológicas pertencentes aos municípios da RMM a partir do produto CHELSA.

ID	Municípios	CHELSA			
		EPE (mm)	RMSE (mm)	R ²	r
1	Atalaia	5,97	17,05	0,73	0,85
2	Maceió	6,50	5,74	0,73	0,85
3	Marechal Deodoro	6,79	15,62	0,76	0,87
4	Murici	5,85	11,95	0,71	0,84
5	Pilar	6,70	9,11	0,55	0,74
6	Rio Largo	6,58	18,76	0,80	0,89
7	Satuba	7,35	19,67	0,83	0,91

Ambos os produtos de precipitação podem ser utilizados para verificar a distribuição espacial da chuva mensal e anual, mas é importante que sejam utilizados juntos aos indicadores estatísticos, que são fundamentais para os resultados corresponderem à realidade da região de estudo. A estação seca e de transição mostram uma contínua mudança da chuva na RMM, por exemplo na parte costeira de Maceió, ocorre uma diminuição considerável da chuva costeira, inferior a 100 mm por mês e na fase de transição chegando a 350 mm.

5.4 Distribuição Espacial Da Chuva

5.4.1 - Anual

A chuva anual (figura 4) da RMM mostrou um padrão distinto entre os produtos CHELSA e CHIRPS. O produto CHELSA mostrou as maiores classes de intensidade de chuva em comparação ao CHIRPS. Vale destacar a resolução espacial e temporal de cada produto de precipitação e, claramente distinguiu as classes de intensidade na região de estudo, onde o produto CHELSA apontou classes de chuva maiores na porção Norte e na região central, enquanto o produto CHIRPS as maiores classes de chuva encontram-se na costa da RMM. A região central da RMM é diretamente influenciada pela circulação da brisa lagunar (Lagoa Mundaú) e a fisiografia da região (vale) - (SOUZA et al. 2021; OLIVEIRA-JÚNIOR et al., 2021).

A diferenciação entre o regime de chuva identificado por ambos os produtos de precipitação se deve em função da fisiografia e da circulação de brisas, além de outros sistemas meteorológicos, por exemplo, Perturbação Ondulatória dos Alísios (POA) e Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) que atuam no Leste do Nordeste Brasil (ENEB) – (MOLION e BERNARDO, 2002) e, assim estabelece o gradiente de chuva entre a costa e o interior, identificado em nível de Estado (LYRA et al., 2014; COSTA et al., 2020) e, recentemente para a RMM (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021).

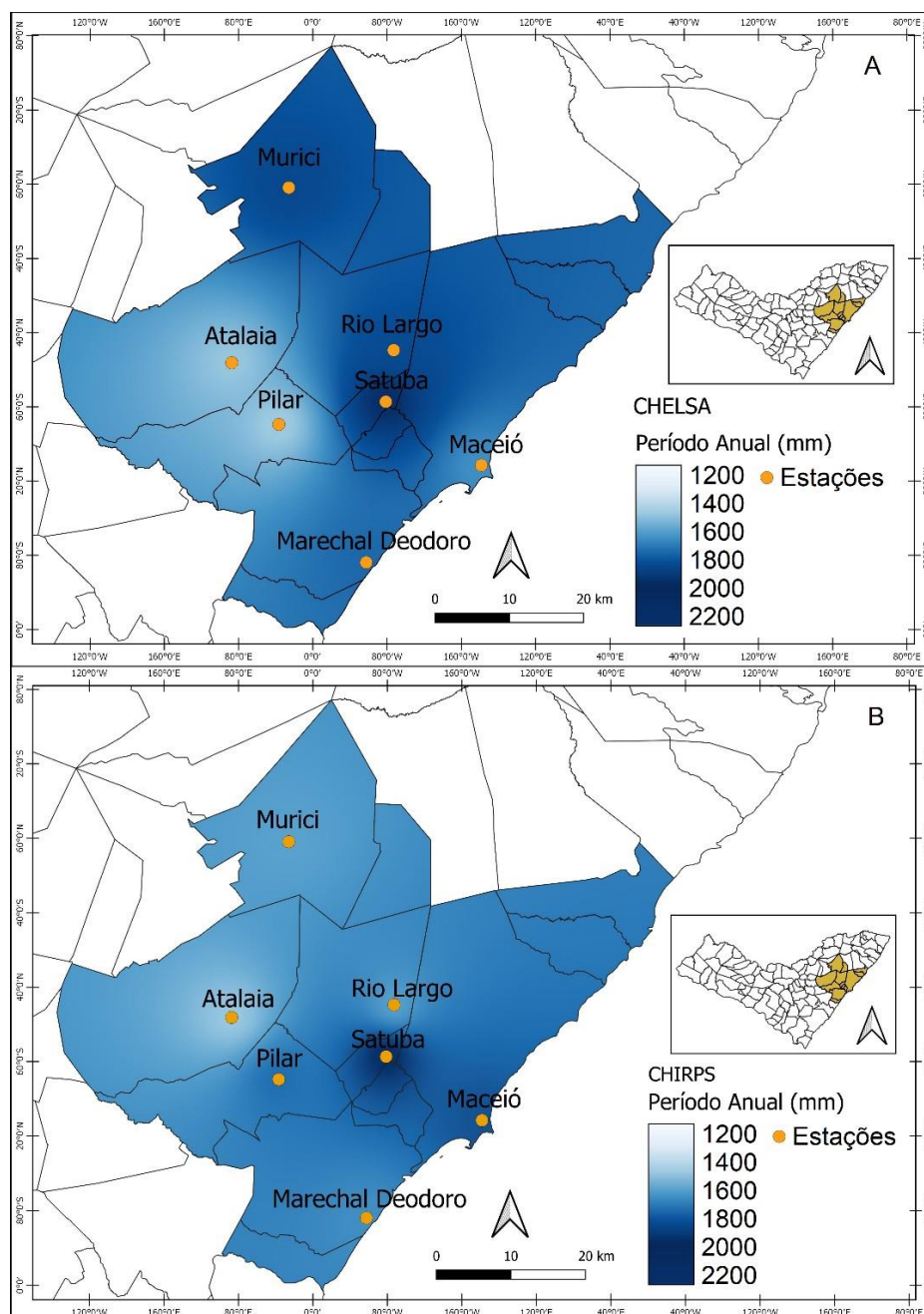


Figura 4. Distribuição da precipitação anual (mm) dos produtos CHLSA (A) e CHIRPS (B) na RMM.

Tabela 5. Quantificação dos valores de precipitação obtidos pelos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) no período **Anual**.

ID	Estações	CHELSA (mm)	CHIRPS (mm)
1	Atalaia	1200	1200
2	Maceió	1600	1600
3	Marechal Deodoro	1600	1600
4	Murici	2000	1400
5	Pilar	1200	1200
6	Rio Largo	1800	1200
7	Satuba	2200	2200

5.4.2 - Sazonalidade

Na estação seca (Figura 5), os produtos CHELSA e CHIRPS na RMM novamente mostrou uma diferença marcante próximo à costa (CHIRPS) e na região central (Lagoa Mundaú) com valores elevados de chuva e a formação de gradiente de chuva em função do vale existente (Figura 1). É possível identificar no produto CHELSA as classes com mais intensidade de precipitação em comparação ao CHIRPS. Por conta da resolução espacial e temporal dos produtos serem diferentes, isso destaca as intensidades das classes de cada produto. Logo podemos observar a diferença entre os produtos, o CHELSA mostrou um padrão maior de classes de intensidade no período anual (Figura 4), e no sazonal (Figura 5, 6 e 7) não foi diferente. Por conta da fisiografia, circulação de brisas e sistemas meteorológicos que atuam na região, é formado o gradiente de precipitação na costa e no interior da RMM. Apenas nas estações de Pilar e Atalaia que em ambos os produtos de precipitação mostraram a ausência desse gradiente de chuva nesses dois locais. Não se descarta a atuação dos Vórtices Ciclônicos em Alto Níveis (VCAN) e chuvas convectivas provocadas pelo processo de urbanização na RMM

5.4.3 - Período de Seca

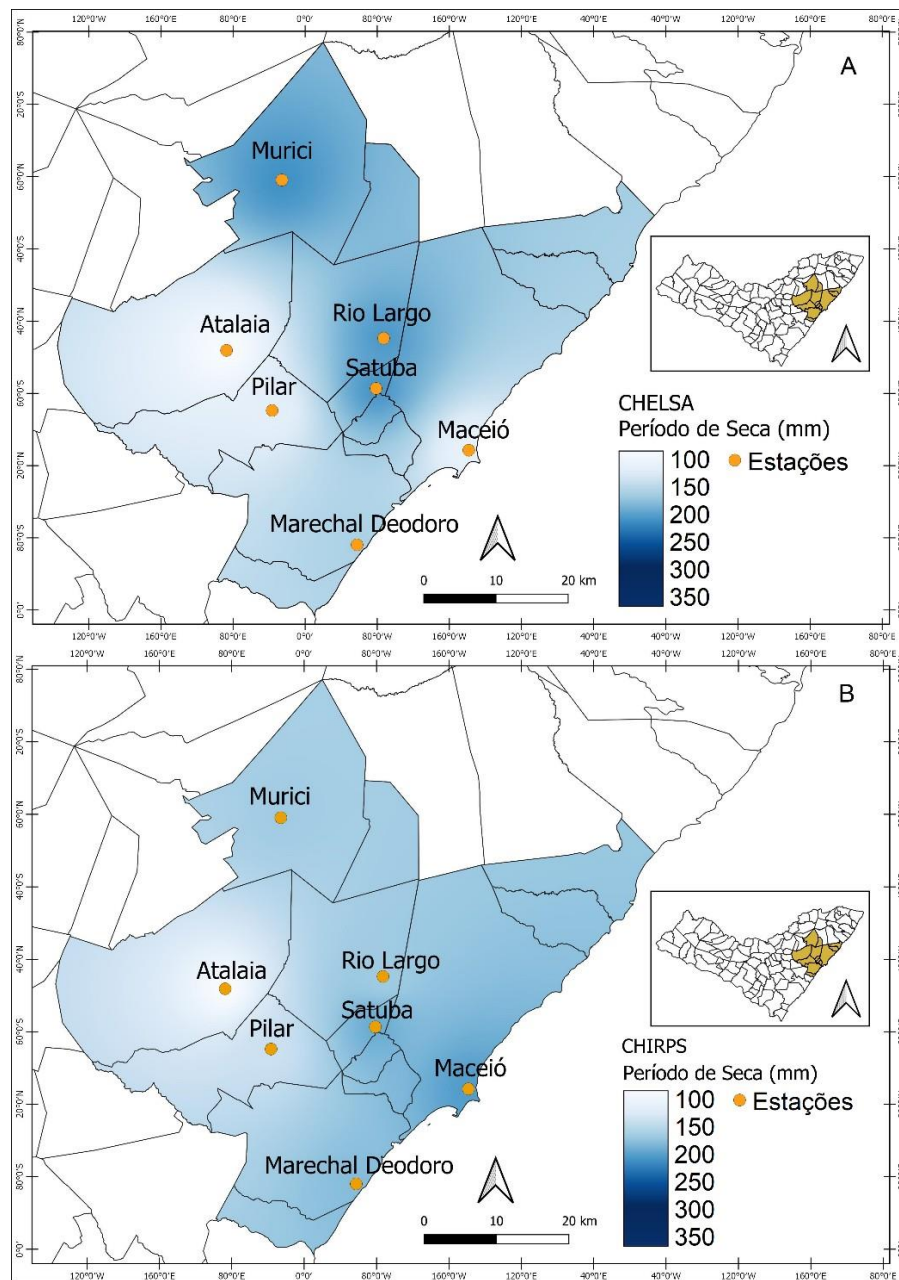


Figura 5. Distribuição da precipitação no período de Seca (mm) dos produtos CHLSA (A) e CHIRPS (B) na RMM.

Tabela 6. Quantificação dos valores de precipitação obtidos pelos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) no período de **Seca**.

ID	Estações	CHELSA (mm)	CHIRPS (mm)
1	Atalaia	100	100
2	Maceió	100	200
3	Marechal Deodoro	100	150
4	Murici	200	150
5	Pilar	100	100
6	Rio Largo	200	150
7	Satuba	200	200

5.4.3 - Período de Transição

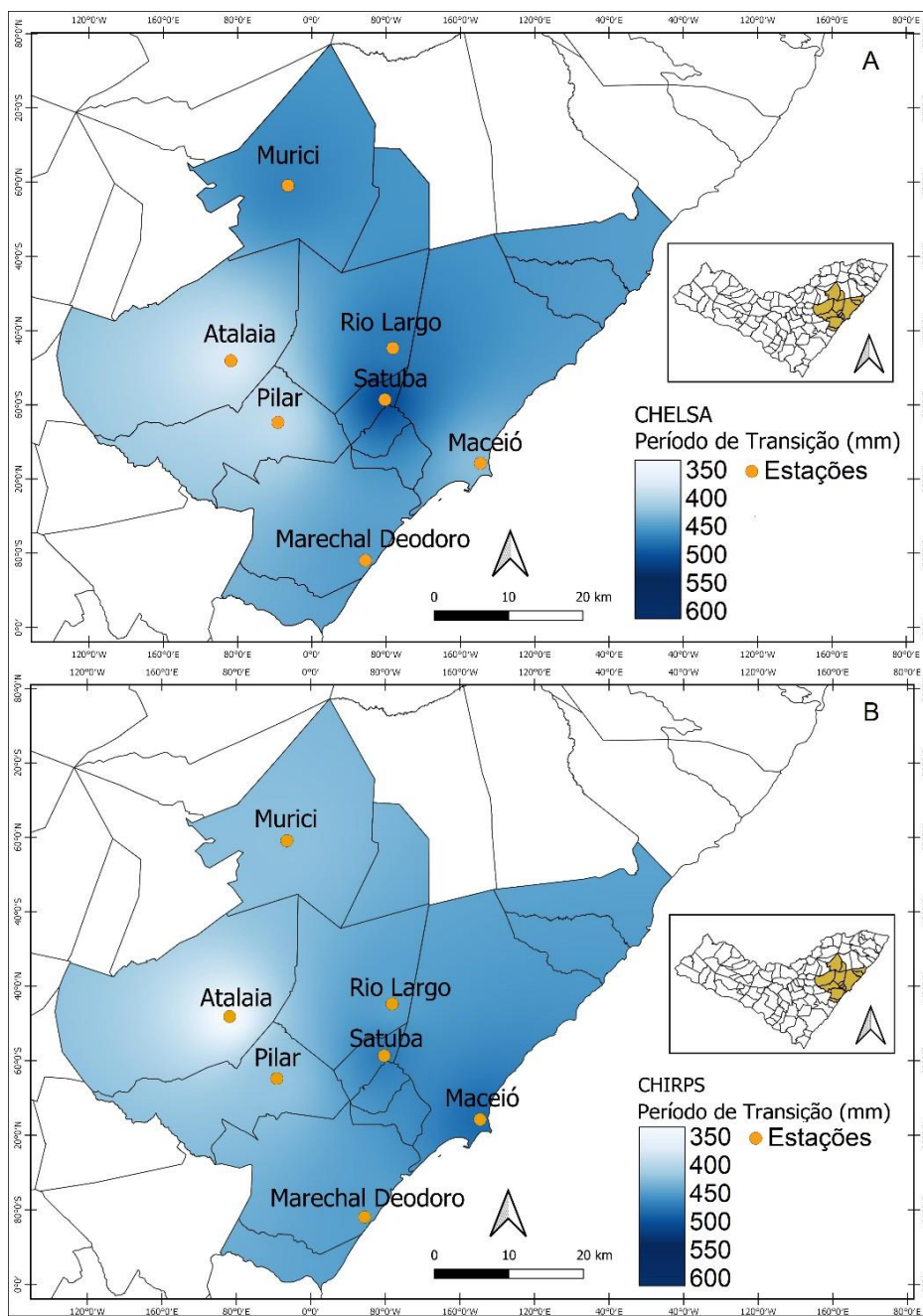


Figura 6. Distribuição da precipitação no período de **Transição** (mm) dos produtos CHELSA (A) e CHIRPS (B) na RMM.

Tabela 7. Quantificação dos valores de precipitação obtidos pelos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) no período de **Transição**.

ID	Estações	CHELSA (mm)	CHIRPS (mm)
1	Atalaia	350	350
2	Maceió	400	450
3	Marechal Deodoro	400	400
4	Murici	450	400
5	Pilar	350	400
6	Rio Largo	400	450
7	Satuba	600	450

5.4.4 - Período Chuvoso

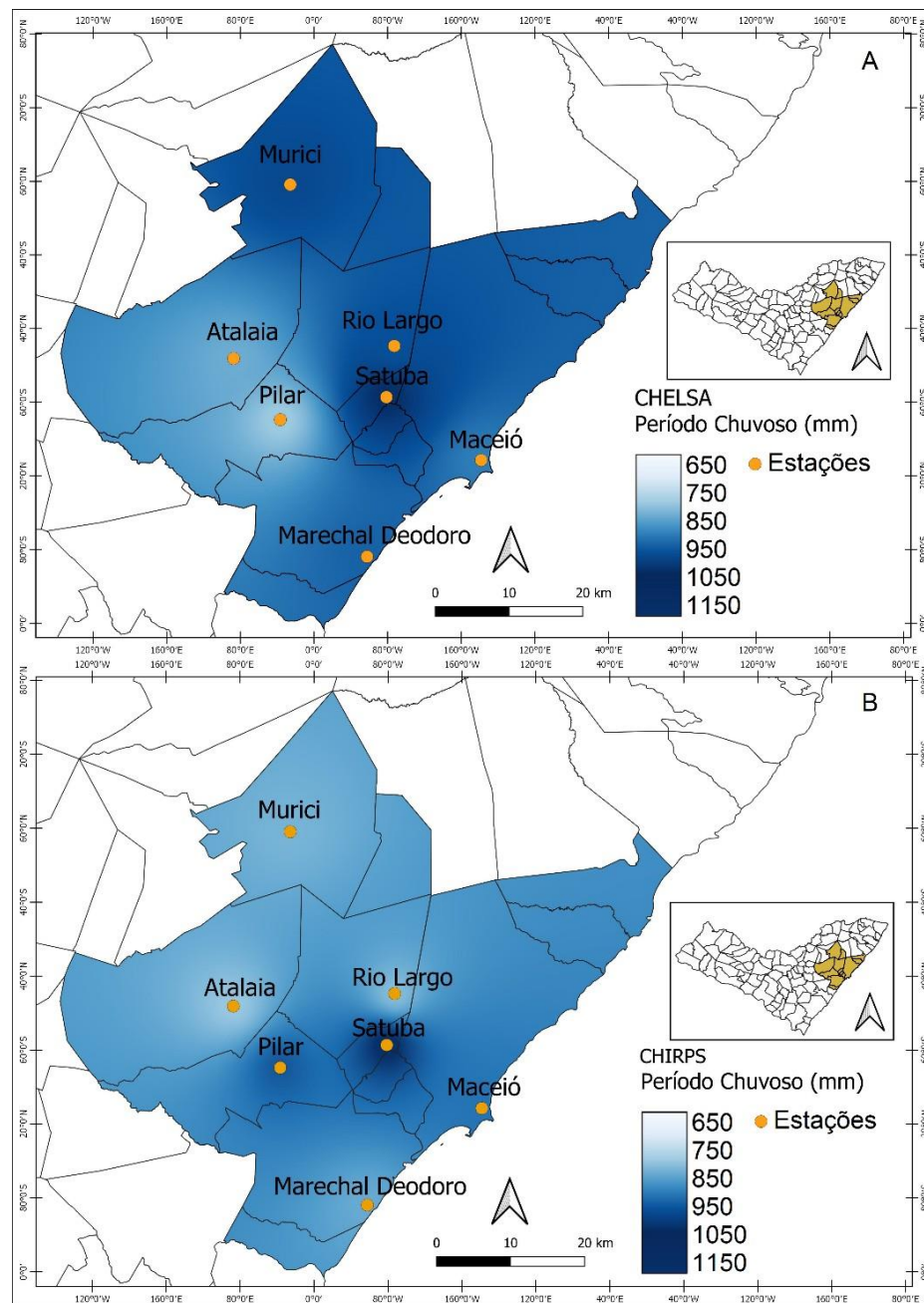


Figura 7. Distribuição da precipitação no período **Chuvoso** (mm) dos produtos CHLSA (A) e CHIRPS (B) na RMM.

Tabela 8. Quantificação dos valores de precipitação obtidos pelos produtos de precipitação (CHELSA e CHIRPS) no período Chuvoso.

ID	Estações	CHELSA (mm)	CHIRPS (mm)
1	Atalaia	750	650
2	Maceió	850	850
3	Marechal Deodoro	850	750
4	Murici	1050	850
5	Pilar	650	950
6	Rio Largo	1050	650
7	Satuba	1150	1150

6 CONCLUSÕES

Os produtos CHIRPS e CHELSA mostraram a formação de um gradiente pluviométrico entre a costa e o interior da RMM. Tal formação do gradiente é devido ao efeito da topografia e sua interação com os sistemas meteorológicos que atuam na região. Vale destacar a resolução espacial e temporal de cada produto de precipitação, que por sua vez distingue as classes de intensidade na RMM, onde o produto CHELSA aponta maiores classes de chuva nas regiões Norte e central, enquanto o produto CHIRPS as maiores classes de chuva encontram-se na costa da RMM. Os indicadores estatísticos indicam que o produto CHELSA tem valores elevados em relação ao produto CHIRPS, isso se deve as resoluções temporal e espacial, seguido da obtenção e concepção de cada produto, porém ambos os produtos podem ser usados na avaliação espaço-temporal da chuva na RMM.

Individualmente, os municípios de Atalaia e Murici, Pilar e Maceió com os menores erros e, portanto, os produtos podem ser usados na avaliação da chuva de forma individual em comparação aos demais municípios existentes na RMM. A chuva acumulada anual diminui significativamente, a partir da década de 2000 e nesta década há um crescimento populacional da RMM, por ambos os produtos CHELSA e CHIRPS, sendo isso preocupante na manutenção dos ecossistemas existentes e no futuro do abastecimento de água e na RMM.

Os principais sistemas meteorológicos que afetam a dinâmica da chuva na RMM são: circulações de brisas lagunar e mar-terra, Perturbação Ondulatória dos Alísios, Distúrbios Ondulatórios de Leste dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis que ocorrem principalmente entre o mês de novembro e março, com a sua trajetória de leste para oeste com maior frequência no mês de janeiro e fevereiro, e chuvas convectivas.

Os resultados obtidos neste estudo é o início do estabelecimento do monitoramento das chuvas na RMM, principalmente de chuvas extremas e na detecção de períodos prolongados de estiagem, que por sua vez pode agravar qualidade do ar e contribuir para uma futura crise hídrica.

7 RECOMENDAÇÕES

As principais recomendações são:

- Validar outro produto de precipitação, neste caso, produto de precipitação do TRMM para RMM;
- Testar outros modelos de interpolação matemática e, assim validar um ou mais modelos para RMM;
- Relacionar dinâmica da chuva na RMM com as categorias de uso e ocupação do solo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, RICHARD M., et al. "The economic consequences of ENSO events for agriculture." *Climate Research* 13.3 (1999): 165-172.

AMORIM, M. C. D. C. T., & MONTEIRO, A. (2011). **As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal.** *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, (13), 2011.

ANA "Agência Nacional de Águas". Conjuntura recursos hídricos Brasil, 2018. Brasília, DF. disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>.

ANDRADE, MANUEL CORREIA DE. "Usinas e destilarias das Alagoas: uma contribuição ao estudo da produção do espaço." *Maceió: Edufal* (1997).

ARMOND, N.B.; SANT'ANNA NETO, J.L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidades para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.20, n.13, p.5-28, 2017.

ARMOND, N.B.; SANT'ANNA NETO, J.O. **The Urban Climate System and the Impacts of Flooding on Rio de Janeiro, Brazil.** In: HENRÍQUEZ, C.; ROMERO, H. (Org.). *Urban Climates in Latin America*. 1ª Ed. Switzerland: Springer International Publishing, v.1, p.259-2801, 2019.

ATKINSON, B. W. **Meso-Scale Atmospheric Circulations.** Academic Press, London. p. 125-214, 1981.

BARBIERI, P. R. B. **Caracterização da Estação Chuvosa nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil Associado com a Circulação Atmosférica.** 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007.

BARROS, AHC, et al. "Climatologia do estado de Alagoas. **Embrapa Solos.**" *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* (2012).

CAMPBELL-LENDRUM, D.; CORVALAN, C. **Climate Change and Developing-Country Cities: Implications for Environmental Health and Equity.** *Journal of UrbanHealth*, v. 84, n. 1, p. 109-117, 2007.

CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S.; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. **Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(1): 3-9, 2009.

CLIMÁTICAS, PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS. "Base científica das mudanças climáticas." Contribuição do grupo de trabalho 1 (2014).

CORREIA FILHO, W. L. F., DE OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., DE BARROS SANTIAGO, D., DE BODAS TERASSI, P. M., TEODORO, P. E., DE GOIS, G., ... & DOS SANTOS, P. J. **Rainfall variability in the Brazilian northeast biomes and their interactions with meteorological systems and ENSO via CHELSA product.** *Big Earth Data*, 3(4), 315-337, 2019.

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*, 41, 2111-2135, 2020. <https://doi.org/10.1002/joc.6835>

COUTINHO, E. D. C., & FISCH, G. **Distúrbios ondulatórios de leste (DOLs) na região do Centro de Lançamento de Alcântara-MA.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, 22, 193-203, 2007.

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., 2020. **Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño-Southern Oscillation.** *International Journal of Climatology*, 41, 2111-2135. <https://doi.org/10.1002/joc.6835>

EASTERLING, D. R.; MEEHL, G. A.; PARMESAN, C.; CHANGNON, S. A.; KARL, T. R.; MEARN, L. O. **Climate extremes: Observations, modeling, and impacts.** *Science*, v. 289, n. 5487, p. 2068-2074, 2000.

FERREIRA, ROSARIA RODRIGUES, AND ENIO PEREIRA DE SOUZA. "Aspectos termodinâmicos de um vórtice ciclônico de altos níveis sobre a região Nordeste do Brasil: Um estudo de caso." *Anuário do Instituto de Geociências* 42.3 (2019): 504-513.

Figueiredo Filho, Dalson Britto, and José Alexandre Silva Júnior. "Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)." *Revista Política Hoje* 18.1 (2009): 115-146.

FREIRE, JULLIANA LARISE MENDONÇA, JEANE RAFAELE ARAÚJO LIMA, AND ENILSON PALMEIRA CAVALCANTI. "Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña." *Revista Brasileira de Geografia Física* 3. 429-444, 2011.

FUNK, C. PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S; HUSAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. **The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes.** *Scientific data*, v. 2, p. 150066, 2015.

GOCIC, M., TRAJKOVIC, S. Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980-2010. **Journal of Hydrology**, v.494, n.1, p.32-42, 2013.

GOMES, H.B.; AMBRIZZI, T.; HERDIES, D.L.; HODGES, K.; PONTES DA SILVA, B.F. **Easterly wave disturbances over Northeast Brazil: an observational analysis.** *Advances in Meteorology*, v. 2015.

GRANZIERA, M. **A cobrança pelo uso da água.** R. CEJ, Brasília, DF. n. 12, p. 71-74, set./dez. 2000.

GUEDES, TIAGO LEMOS et al. **Tratamento de água de chuva através de microfiltração tangencial.** 2012.

GUIMARÃES, SULLYANDRO OLIVEIRA, et al. "Projeções de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos Modelos do CMIP5 e do CORDEX." *Revista Brasileira de Meteorologia* 31 (2016): 337-365.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Censos 2000 e 2010, https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/. Acessado em 13 Abril de 2019.

ITO, E. R. K.; AMBRIZZI, T. **Climatologia da posição da Alta Subtropical do Atlântico Sul para os meses de inverno.** In: CONGRESSO LATINOAMERICANO E IBERICO DE METEOROLOGIA, 11, 2000. Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: SBMET, 2000, p. 860-865.

LOURENÇO, M. C. M. **Vórtices ciclônicos em altos níveis que atuam no sul da América do Sul.** 1996. 77p. (INPE-10462-TDI/929). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1996.

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

LYRA, M. J. A., de FREITAS, I. G. F., & de BARROS SANTIAGO, D. (2020). **Evento de Precipitação Intensa Associado às Perturbações Ondulatórias dos Alísios Sobre o Estado de Alagoas.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(07), 3195-3205.

MACHADO, L.A.; FERREIRA, N.J.; LAURENT, H.; DIEDHIU, A. **Distúrbios ondulatórios de leste**. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.F.S. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de textos, 2009

MARENGO, J.A.; Liebmann, B.; Grimm, A.M.; Misra, V.; Dias, P.L.S; Cavalcanti, I.F.A.; Carvalho, L.M.V.; Berbery, E.H.; Ambrizzi, T.; Vera, C.S.; Saulo, A.C.; Nogueira-Paegle, J.; Zipser, E.; Seth, A. & Alves, L.M. 2012. **Recent Developments on the South American Monsoon System**. International Journal of Climatology, 32(1): 1-21.

MATSUSHITA, B.; XU, M.; FUKUSHIMA, T. **Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura, Japan using a high-quality GIS dataset**. Landscape and Urban Planning, v.78, p.241-250, 2006.

MAY, SIMONE. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. R.; SALINAS, V. **Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003)**. Applied Geography, v.31, p.237-350, 2011.

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

MORAES, N. O. ; PIMENTEL, L. C. G. ; DUDA, F. P. ; SILVA, C. ; FARIAS, W. C. M. ; MARTON, EDILSON . **Use of Atmospheric Modeling for Megacity Urban Planning: The Case of Temperature Positive Anomalies in the Rio de Janeiro Metropolitan Area, Brazil**. RA Journal of Applied Research, v. 3, p. 1270--1287, 2017.

MOREIRA, A. B., SANTOS, P. F. C., SOARES, D. B., NÓBREGA, R. S. Eventos extremos e a cidade: estudo de caso dos impactos causados por um evento climático em área urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, 1730-1745, 2017.

NASCIMENTO, M.C., LOMBARDO, M.A., GUIMARÃES JUNIOR, S.A.M., ANDRADE, E.L. **Análise da Vulnerabilidade Físico-Ambiental Causada Pelas Chuvas Intensas na Região Metropolitana de Maceió**. Caminhos da Geografia (UFU. Online) 19, 268-288, 2018. <https://doi.org/10.14393/Hygeia196718>

NASCIMENTO, M. C., DE LIMA ANDRADE, E., & JÚNIOR, S. A. M. G. **Considerações socioambientais sobre as chuvas intensas nas principais cidades da região metropolitana de Maceió: um olhar da População**. *Geografia em Questão*, 14(1), 2021.

NÓBREGA, R. S., FARIAS, R. F. D. L., & SANTOS, C. A. C. D. **Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos.** *Revista brasileira de meteorologia*, 30, 171-180, 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.F., GOIS, G., SILVA, E.B., TEODORO, P.E., JOHANN, J., SILVA JUNIOR, C.A. **Non-parametric tests, multivariate analysis and descriptive and exploratory statistics applied to reported dengue cases in Brazil.** *Environmental Monitoring And Assessment*, v. 191, p. 473-491, 2019.

OLIVEIRA-JÚNIOR, JOSÉ FRANCISCO DE; CORREIA FILHO, WASHINGTON LUIZ FÉLIX ; MONTEIRO, L. S. ; SHAH, MUNAWAR ; HAFEEZ, A. ; GOIS, GIVANILDO ; LYRA, GUSTAVO B. ; ABREU, M. C. ; SANTIAGO, DIMAS DE BARROS ; DE SOUZA, AMAURY ; MENDES, D. ; COSTA, C. E. A. S. ; BLANCO, CLAUDIO JOSÉ CAVALCANTE ; Zeri, Marcelo ; PIMENTEL, L. C. G. ; JAMJAREEGULGARN, P. ; SILVA, E. B. . **Urban rainfall in the Capitals of Brazil: Variability, trend, and wavelet analysis.** *ATMOSPHERIC RESEARCH*, v. 267, p. 105984, 2022.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F., DE ALMEIDA SOUZA, P. H., DE OLIVEIRA SOUZA, E., HENRIQUE, M., DOS SANTOS VANDERLEI, G., FILHO, W. L. F. C., ... & DE GOIS, G. **Climatologia da Chuva em Maceió: Aspectos Climáticos e Ambientais.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(04), 2253-2264, 2021.

PAREDES-TREJO, F. J., Barbosa, H. A., & Kumar, T. L. **Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil.** *Journal of arid environments*, 139, 26-40, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM, R: **A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.r-project.org>, ISBN 3-900051-07-0, 2017.

POMPÊO, CESAR AUGUSTO. **Drenagem urbana sustentável.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

RAMIREZ, M. C. V. **Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos em altos níveis no Nordeste do Brasil. 1996.** 132p. (INPE-6408-TDI/618). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1997.

REBOITA, M.S.; Nieto, R.; Gimeno, L.; Da Rocha, R.P.; Ambrizzi,T.; Garreaud, R. & Krüger, L.F. 2010. **Climatological features of cutoff low systems in the Southern Hemisphere.** *Journal of Geophysical Research*, 115: 1-15.

REBOUÇAS, A. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez.** *Bahia Análise & Dados*. Salvador, v. 13, n. Especial, Embrapa – 2003, p. 341-345.

SANTOS, Y. S., SILVA, E. B., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., SANTOS, P. J., COSTA, L. M. B. Diagnóstico da Morbidade e Mortalidade dos Casos de Leptospirose no

Nordeste Brasileiro entre 2000 A 2015. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, p. 107-118, 2018.

SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M.; SRINIVASAN, V. S. **Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semiárido da Paraíba**. OKARA: Geografia em Debate, v. 1, n. 1, 16-32, 2007

SANTOS, J. Y. G.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M. **Perdas de água e solo utilizando chuva simulada em diferentes coberturas superficiais e condições de umidade no semiárido paraibano**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 17(4): 217-228, 2012.

Silva, L. A. "A influência do vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN) sobre a precipitação do nordeste do Brasil (NEB) e as características associadas." *Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos* 131 (2005).

SILVA, E. B. ; RAPOSO, J. C. S. ; OLIVEIRA-JUNIOR, JOSÉ FRANCISCO DE ; CORREIA FILHO, W. L. F. ; SANTIAGO, D. B. . **Diagnóstico dos Casos de Dengue nas Capitais do Nordeste do Brasil entre 2000 e 2017**. CADERNO DE GEOGRAFIA, v. 31, p. 546-556, 2021.

SILVA, B. F. P. D., FEDOROVA, N., LEVIT, V., PERESETSKY, A., & BRITO, B. M. D. **Sistemas sinóticos associados às precipitações intensas no Estado de Alagoas**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26, 323-338, 2011.

SILVA, R. M. **Análise da perda de solos na bacia do Rio Tapacurá mediante previsão climática e modelos de erosão**. 2010. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 133p.

SIMPSON, J. E. **Sea breeze and local wind**. Cambridge:Cambridge Univ. Press, 1994. 234 p.

SOUZA FERREIRA, G. W., REBOITA, M. S., & da ROCHA, R. P. (2020). **Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis nas Cercanias do Nordeste do Brasil: Climatologia e Análise da Vorticidade Potencial Isentrópica**. *Anuário do Instituto de Geociências*, 42(3), 568-585.

SOUZA, EDSON DE OLIVEIRA; COSTA, MICEJANE DA SILVA; OLIVEIRA JÚNIOR, José Francisco de; GOIS, Givanildo de ; MARIANO, GLAUBER LOPES; COSTA, CARLOS EVERALDO DA SILVA; CORREIA FILHO, WASHINGTON LUIZ FÉLIX; SANTIAGO, DIMAS DE BARROS. **Estimativa e Espacialização da Erosividade em Mesorregiões Climáticas no Estado de Alagoas**. REVISTA BRASILEIRA DE METEOROLOGIA, v. 35, p. 769-783, 2021.

SOUSA, F. D. A. S., VIEIRA, V. R., VICENTE de PAULO, R., da SILVA MELO, V., & de SOUZA GUEDES, R. W. (2016). **Estimativas dos riscos de chuvas extremas nas capitais do Nordeste do Brasil**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(02), 430-439.

TEIXEIRA, R. F. B. (2008). **O fenômeno da brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza-CE**. Revista Brasileira de Meteorologia, 23, 282-291.

TUCCI, CARLOS EDUARDO MORELLI; HESPANHOL, IVANILDO; CORDEIRO NETTO, OSCAR DE M. **Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a "visão mundial da água"**. RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5, n. 3 (jul./set. 2000), p. 31-43, 2000.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B.; FRANCO, R. A. M. **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Corrégo Três Barras, Marinópolis**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.55-64, 2010.

VIANELLO, R. L; FERREIRA, N. J; OLIVEIRA, L. L. (2001) **Meteorologia Fundamental**, Edifapes. Erechin – RS.

VICENTINI, T. A., **Análise do Efeito da Urbanização nas Cheias Urbanas: Monitoramento de Bacias Experimentais**, Defesa de Doutorado em Engenharia Civil, Recursos Hídricos, Unicamp, Campinas, SP, 2000.

WANDERLEY, Henderson Silva; AMORIM, Ricardo Ferreira Carlos de; CARVALHO, Frede Oliveira de. **Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o estado de Alagoas**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, p. 347-354, 2012.

WANDERLEY, Henderson Silva; DE AMORIM, Ricardo Ferreira Carlos; DE CARVALHO, FREDE OLIVEIRA. **Interpolação espacial da precipitação no Estado de Alagoas utilizando técnicas geostatística**. Revista Campo Digital, v. 8, n. 1, 2013.

ZANELLA, M. E., SALES, M. C. L., ABREU, N. J. **Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza - CE**. Geosp, v. 25, n. 1, p.53-68, 2009.