

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS-UFAL
CAMPUS DO SERTÃO
ENGENHARIA CIVIL

STEFANY GONÇALVES LIMA

**ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS E TENDÊNCIAS DA
PRECIPITAÇÃO COM BASE DE DADOS DO *TROPICAL RAINFALL MENSURING
MISSION* PARA O ESTADO DE ALAGOAS**

Delmiro Gouveia – AL
2020

STEFANY GONÇALVES LIMA

**ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS E TENDÊNCIAS DA
PRECIPITAÇÃO COM BASE DE DADOS DO *TROPICAL RAINFALL MEASURING
MISSION* PARA O ESTADO DE ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Civil da Universidade Federal de Alagoas
– Campus do Sertão, como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da
Silva Pereira.

**Catálogo na fonte Universidade
Federal de Alagoas Biblioteca do
Campus Sertão Sede Delmiro
Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4 2209

L732e Lima, Stefany Gonçalves

Estimativa dos índices de extremos climáticos e tendências da precipitação com base de dados do *Tropical Rainfall Measuring Mission* para o Estado de Alagoas / Stefany Gonçalves Lima. – 2020.

69 f. : il.

Orientação: Thiago Alberto da Silva Pereira.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2020.

1. Climatologia. 2. Precipitação. 3. Sensoriamento remoto. 4. *Tropical Rainfall Measuring Mission* – TRMM. 4. Alagoas - Brasil. I. Título.

CDU: 551.58(813.5)

Folha de Aprovação

STEFANY GONÇALVES LIMA

ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS E TENDÊNCIAS DA PRECIPITAÇÃO COM BASE DE DADOS DO *TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION MEASURED* PARA O ESTADO DE ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao corpo docente do Curso de
Engenharia Civil da Universidade Federal
de Alagoas – Campus Sertão e aprovado
em 05 de outubro de 2020.



Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira (UFAL/Campus Agreste)
(Orientador)

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes (UFAL/Campus Sertão) (Examinador interno)



Prof. Dr. Fábio Farias Pereira (UFAL/CeCa) (Examinador externo)

EPÍGRAFE

“Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando... Porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive, já morreu...”

Luiz Fernando Veríssimo

AGRADECIMENTOS

Escrever essa página é algo que me externa tamanha emoção, pois foram árduos cinco anos de dedicação que se encerram com a conclusão desta pesquisa. Durante esses anos, foram muitas as renúncias e dificuldades, porém me trouxeram um aprendizado impagável. Por isso, deixo aqui registrados os meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram durante a minha trajetória.

Agradeço a Deus acima de tudo, por ter me dado fonte de toda a sabedoria e permitir a conclusão deste trabalho.

À minha amada família, meus pais, Iracema Gonçalves Lima e José Manoel Lima, meus exemplos de amor, caráter e dedicação, pela preocupação, afeto e cuidados cedidos a mim. À minha querida avó, Luzia Maria Gonçalves, pessoa que diariamente nos ensina sobre a simplicidade da vida. Lar não é sobre um lugar e sim sobre alguém, amo muito vocês.

As minhas amigas, Marília e Glenda, por serem compreensivas com as ausências e manter vivo nosso vínculo, mesmo a distância, nada nunca mudou entre nós. Aonde for, levo vocês em meu coração.

Ao meu orientador e amigo, Thiago Alberto da Silva Pereira, pela competência e dedicação demonstradas ao longo dos nossos inúmeros trabalhos desenvolvidos, não sendo diferente na condução desta pesquisa, pela constante disponibilidade em me atender e pela conduta ímpar ao me proporcionar uma vasta evolução. Por também me apresentar a Dani, peça fundamental no auxílio do *software* utilizado nesse trabalho.

Ao grupo PET-Engenharias, todos os petianos, egressos e ao ex-tutor Antônio Netto, por todos os momentos de conhecimento e companheirismo, vocês foram peças fundamentais, minha segunda casa. Em especial, agradeço a Mylena (my), Camyla (camys) e Joabe (jojô) por terem feito da minha permanência sinônimo de lar.

Aos inúmeros amigos(as) e companheiros(as) que fiz durante a graduação, pessoas essenciais, Beatriz (bea), Joana (jô), Lucas Alencar, Karolayne, Katarina (katá), Mirela e Maria. Em especial, sou grata a Beatriz, por sempre estar ao meu lado enfrentando as dificuldades da graduação durante esses cinco anos fora de casa e a Joana, mesmo que no final, sua leveza me fez ver a vida de outra perspectiva.

Aos meus amigos, Adriano, Jonas e Wesley, companheiros de PIBIC, trabalho que firmou em mim interesse pela área e proporcionou a escolha do tema deste trabalho. Em especial, Adriano, que me ajudou na coleta de dados desta pesquisa. As correrias e reuniões se tornaram leves com vocês.

ACKNOWLEDGEMENT¹

The data used in this study were acquired as part of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). The algorithms were developed by the TRMM Science Team. The data were processed by the TRMM Science Data and Information System (TSDIS) and the TRMM Office; they are archived and distributed by the Goddard Distributed Active Archive Center. TRMM is an international project jointly sponsored by the Japan National Space Development Agency (NASDA) and the U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA) Office of Earth Sciences.

¹ Este reconhecimento é solicitado pela NAS's Earth Science Enterprise (ESE) quando do uso de dados do TRMM

RESUMO

A variabilidade espaço-temporal da precipitação, a distribuição não abrangente de postos pluviométricos, os erros de registro e a descontinuidade de dados são alguns fatores que representam obstáculos na caracterização dos regimes de precipitação de uma localidade. Neste contexto, as técnicas de sensoriamento remoto, com uso de satélites, tem sido uma alternativa para o monitoramento e caracterização dos níveis de precipitação. Levando em consideração esses fatores, o presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento espaço-temporal da precipitação sobre o estado de Alagoas, no período correspondente aos anos de 1998 a 2018, foram calculados 6 (seis) índices de extremos climáticos referentes à precipitação, através da metodologia estatística do *software* RClmDex (1.0). Utilizando-se ainda valores de precipitação diária estimada pelo banco de dados da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), escolhido para avaliação o produto 3B42-v7 do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Considerando o índice de extremo climático Dias Secos Consecutivos (CDD) constatou-se uma variabilidade de tendência positiva, com média de 75dias/ano, para a mesorregião do Sertão Alagoano, a qual, todos os pixels sobre a mesma apresentaram significância estatística de até 99%. Para o índice Dias Úmidos Consecutivos (CWD) não foi apresentada variabilidades significativas relevantes. Contudo, a evidência observacional que existe uma má distribuição temporal da precipitação para o estado. Os resultados das tendências da Precipitação Total Anual no Dias Úmidos (PRCPTOT) apresentaram, integralmente, tendências de redução, ainda foi observado, na espacialização dos dados, um contraste de significâncias estatísticas, distribuídas ao longo das mesorregiões do Leste e Agreste Alagoano com tendências na ordem de -26 mm/ano. Já a análise dos índices Número de Dias com Precipitação Igual ou Acima de 10, 20 e 25mm (R10, R20 e R25, respectivamente) não apresentaram prováveis aumentos de ocorrência, além de comportamento semelhante quando comparados as tendências da PRCPTOT. Tendo em vista esses resultados e considerada satisfatória as estimativas com dados provenientes do satélite TRMM, os resultados da análise observacional permitiram atestar mudanças quantitativas e espaciais da precipitação ao longo do tempo para o estado de Alagoas.

Palavras-chave: Alagoas, TRMM, RClmDex, Tendências.

ABSTRACT

The spatio-temporal variability of precipitation, the non-comprehensive distribution of pluviometric stations, registration errors and data discontinuity are some factors that represent obstacles in the characterization of precipitation regimes in a locality. In this context, remote sensing techniques, with the use of satellites, have been an alternative for the monitoring and characterization of precipitation levels. Taking these factors into account, the present study aimed to analyze the spatio-temporal behavior of precipitation over the state of Alagoas, in the period corresponding to the years 1998 to 2018, six (6) indexes of climatic extremes related to precipitation were calculated, through the statistical methodology of the RClimDex software (1.0). Further, it used values of daily precipitation estimated by the database of the National Aeronautics and Space Administration (NASA), the product 3B42-v7 of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) was chosen for evaluation. Considering the index of extreme weather consecutive dry days (CDD), a positive trend variability was found, with an average of 75 days per year, for the mesoregion of Sertão Alagoano, which, all pixels on the same showed statistical significance of up to 99%. For the Consecutive Wet Days (CWD) index, no relevant significant variability was presented. However, the observational evidence shows that there is a bad temporal distribution of precipitation for the state. The results of the trend of the Annual Total Wet-day Precipitation (PRCPTOT) showed, in full, reduction trend, it was still observed, in the spatialization of the data, a contrast of statistical significance, distributed throughout the mesoregions of the East and Agreste of the state of Alagoas with trends in the -26mm per year. The analysis of the Number of Days with Precipitation Equal or Above 10, 20 and 25mm (R10, R20 and R25, respectively) did not show probable increases in occurrence, in addition to similar behavior when comparing PRCPTOT trends. Considering the results and the estimates with data from the TRMM satellite to be satisfactory, the results of the observational analysis allowed attesting quantitative and spatial changes in precipitation over time for the state of Alagoas.

Keywords: Alagoas, TRMM, RClimDex, Trends.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Espectro Eletromagnético.	21
Figura 2- Componentes instrumentais do satélite TRMM.	26
Figura 3 - Fluxograma com as etapas para elaboração do trabalho.....	29
Figura 4- Mapa de localização do estado de Alagoas (em destaque) no Brasil.	30
Figura 5 - Distribuição geográfica das mesorregiões do estado de Alagoas.	31
Figura 6 - Classificação climatológica do estado de Alagoas.	32
Figura 7 - Distribuição espacial dos 58 pixels do TRMM sobre o recorte espacial do estado de Alagoas.	33
Figura 8 – Distribuição espacial das tendências e significâncias dos dias secos consecutivos para o período de 1998 a 2018 (CDD).	41
Figura 9 – Distribuição espacial das tendências e significâncias dos dias úmidos consecutivos para o período de 1998 a 2018 (CWD).....	43
Figura 10 - Distribuição espacial das tendências e significâncias da precipitação total anual nos dias úmidos para o período de 1998 a 2018 (PRCPTOT).....	45
Figura 11 - Distribuição espacial das tendências e significâncias dos números de dias com precipitação igual ou acima de 10mm para o período de 1998 a 2018 (R10).	46
Figura 12 - Distribuição espacial das tendências e significâncias dos números de dias com precipitação igual ou acima de 20mm para o período de 1998 a 2018 (R20).	47
Figura 13 - Distribuição espacial das tendências e significâncias dos números de dias com precipitação igual ou acima de 25mm para o período de 1998 a 2018 (R25).	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais faixas do espectro utilizadas no SR.....	23
Tabela 2- Índices de extremos climáticos obtidos pelo RClmDex relacionados aos dados diários de precipitação.....	35
Tabela 3 - Arranjo dos pixels por mesorregiões do estado de Alagoas.....	38
Tabela 4 - Percentual acumulado das quantidades dos pixels de acordo com os níveis de significância das tendências para os índices em estudo no estado de Alagoas.	39
Tabela 5- Lista dos 27 índices climáticos básicos da ETCCDMI.	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CDD	Dias consecutivos secos
CWD	Dias consecutivos úmidos
dias/ano	Dias por ano
ETCCDMI	Equipe de especialistas em detecção, monitoramento e índices de mudanças climáticas (em inglês, <i>Expert Team on Climate Change Detection and Indices</i>)
GPM	<i>Global Precipitation Measurement</i>
HDF	<i>Hierarchical data format</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW	<i>Inverse Distance Weighted</i>
IR	Banda do Infravermelho
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
JAXA	Agência Aeroespacial Japonesa de Exploração (em inglês, <i>Japan Aerospace and Exploration Agency</i>)
MATLAB	<i>MATrix LABoratory</i>
mm	Milímetro
mm/ano	Milímetro por ano
MW	Banda de Micro-ondas
NASA	Administração Nacional Espacial Aeronáutica (em inglês, <i>National Aeronautics and Space Administration</i>)
NASDA	Agência Nacional Japonesa de desenvolvimento Espacial (em inglês, <i>National Space Development Agency of Japan</i>)
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
PRCP	Precipitação
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos
R10	Número de dias com precipitação acima de 10 mm
R20	Número de dias com precipitação acima de 20 mm
R25	Número de dias com precipitação acima de 25 mm
Rx1day	Quantidade máxima de precipitação em um dia
Rx5day	Quantidade máxima de precipitação em cinco dias
R95p	Dias muito úmidos

R99p	Dias extremamente úmidos
RR	Quantidade de Precipitação Diária
SDII	Índice simples de intensidade diária
SR	Sensoriamento Remoto
SRO	Sensoriamento Remoto Orbital
VIS	Banda de luz Visível
UV	Ultravioleta
TMAX	Temperatura Máxima
TMIN	Temperatura Mínima
TXT	Arquivo de texto
TRMM	Missão de Medição de Chuvas Tropicais (em inglês, <i>Tropical Rainfall Measuring Mission</i>)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Objetivos	19
1.1.1. <i>Geral</i>	19
1.1.2. <i>Específicos</i>	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1. Precipitação	20
2.2. Estimativa de precipitação por sensoriamento remoto orbital (SRO)	20
2.3. Propriedades espectrais	23
2.3.1. <i>Imagens no Infravermelho (IR) e Visível (VIS)</i>	23
2.3.2. <i>Micro-ondas (MW)</i>	24
2.4. O satélite TRMM e o produto 3B42-V7	25
2.5. Tendências de precipitação	27
3. METODOLOGIA	29
3.1. Área de estudo	29
3.2. Base de dados do TRMM	33
3.3. Determinação das tendências dos índices de detecção de mudanças climáticas referentes à precipitação	34
3.3.1. <i>RClmDex</i>	34
3.3.2. <i>Formato dos dados de entrada</i>	34
3.3.3. <i>Índices de extremos climáticos</i>	35
3.4. Ferramentas e avaliações estatísticas utilizadas	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Índices de extremos climáticos	38
4.1.1. <i>Dias secos consecutivos (CDD)</i>	40
4.1.2. <i>Dias úmidos consecutivos (CWD)</i>	42
4.1.3. <i>Precipitação total anual nos dias úmidos (PRCPTOT)</i>	43

4.1.4. *Números de dias com precipitação acima de 10, 20 e 25 milímetros (R10, R20 e R25)* 45

5. CONCLUSÕES	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
7. ANEXOS	57

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é uma componente que apresenta variabilidades espaço-temporais, sendo extremamente importante e indispensável o seu conhecimento e distribuição. A identificação e quantificação dos regimes e intensidades de chuva proporcionam subsídios primordiais para o planejamento e intervenção de setores como agricultura, preservação de ecossistemas, abastecimentos de água, controle de inundações, prevenção de secas e eventos extremos que exercem influência direta ou indireta nas atividades humanas e no meio ambiente.

Tradicionalmente, o monitoramento do regime de chuvas é realizado com base na coleta de dados de postos pluviométricos. Entretanto, a variabilidade presente nesse tipo de metodologia é grande, podendo apresentar erros de registro e descontinuidade de dados, mais conhecidos como falhas. Além disso, os dados provenientes de estações pluviométricas podem de fato não apresentarem elevados graus de confiabilidade em áreas extensas, como é o caso do Brasil, diante da distribuição não abrangente de instrumentos ao longo da sua superfície (PEREIRA et al., 2013).

A variabilidade em pequena escala dos padrões de precipitação demanda observações com maior frequência temporal e amostragem espacial para uma observação adequada (HUFFMAN et al., 2007). Nesse contexto, o surgimento das técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) proporcionam metodologias derivadas de sensores orbitais, radares e satélites, capazes de promover maiores coberturas de áreas (SOARES, 2014).

Dentre os diversos modelos de satélites disponíveis, o satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) tem apresentado bons resultados no monitoramento de chuvas e temperatura na região dos trópicos (KUMMEROW et al., 2000). A literatura dispõe, em diferentes escalas, de trabalhos utilizando produtos do satélite TRMM. No Brasil, têm-se estudos como os de Costa (2017), Soares (2014), Pereira et al., (2013) e Collischonn (2006), exemplos que apresentam os satélites como uma alternativa confiável para utilização na análise dos regimes de precipitação.

O clima na superfície da Terra apresentando mudanças de comportamento no que diz respeito ao aumento da frequência de eventos de extremos climáticos, associados a mudanças globais (SILVA, 2010). Conhecendo-se que o estado de Alagoas é caracterizado por possuir grande variabilidade anual chuvas, faz-se necessário aplicações de técnicas que envolvam ferramentas capazes de proporcionar o conhecimento das tendências pluviométricas e suas variáveis a fim de prever eventos de extremos climáticos, com o objetivo de promover estratégias evitando o surgimento de desastres sociais e ambientais.

Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise espaço-temporal da precipitação para o estado de Alagoas, no período compreendido entre os anos 1998 a 2018, empregando estimativas de precipitação por meio da análise de tendências dos índices de extremos climáticos, calculados com base na metodologia estatística do *software* RCLimDex, utilizando dados diários de precipitação provenientes do satélite TRMM.

1.1. Objetivos

1.1.1. Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise espaço-temporal da precipitação para o estado de Alagoas, com o emprego dos dados coletados do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) aplicados na estimativa dos índices de extremos climáticos e tendências da precipitação, com o auxílio do *software* RCLimDex.

1.1.2. Específicos

Para o trabalho proposto, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Verificar as tendências da precipitação total anual para o estado de Alagoas;
- Analisar a distribuição dos dias consecutivos secos e úmidos no estado de Alagoas;
- Identificar as tendências dos eventos extremos de precipitação igual ou acima de 10, 20 e 25 milímetros no estado de Alagoas;
- Promover um comparativo dos resultados com a literatura disponível.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Precipitação

A precipitação é compreendida como toda água proveniente da atmosfera que alcança a superfície terrestre perante neblina, chuva, granizo, geada, orvalho ou neve (TUCCI, 2000). Neste trabalho, contudo, o termo precipitação está associado tão somente à parcela de água no estado líquido, estabelecido como sinônimo de chuva.

Os fenômenos meteorológicos, diretos ou indiretos, decorrentes da presença de vapor d'água no ar, acontecem, em sua maioria, na camada justaposta à superfície da terra, a troposfera. Essa camada dispõe de cerca de 75% da massa de ar seco presente na atmosfera (SILVA et al., 2006).

O mecanismo de formação das precipitações está diretamente relacionado ao aumento do volume das gotículas de água presente nas nuvens, sendo estas formadas em certas condições de condensação de vapor d'água no ar (TUCCI, 2000). De acordo com Carvalho e Silva (2006), existem alguns elementos necessários à formação das precipitações, são eles:

- Umidade atmosférica, decorrente em especial da evapotranspiração;
- Mecanismo de resfriamento do ar, dados a ascensão do ar úmido;
- Presença de núcleos higroscópicos, ou seja, núcleos com atração química molecular;
- Mecanismo de crescimento das gotas subdividido em coalescência e difusão de calor.

Na região Nordeste do Brasil, mais precisamente no semiárido brasileiro, a precipitação é uma variável determinante nas condições locais do clima, assim como a sua variabilidade e mudança a longo prazo (SANTOS et al., 2009).

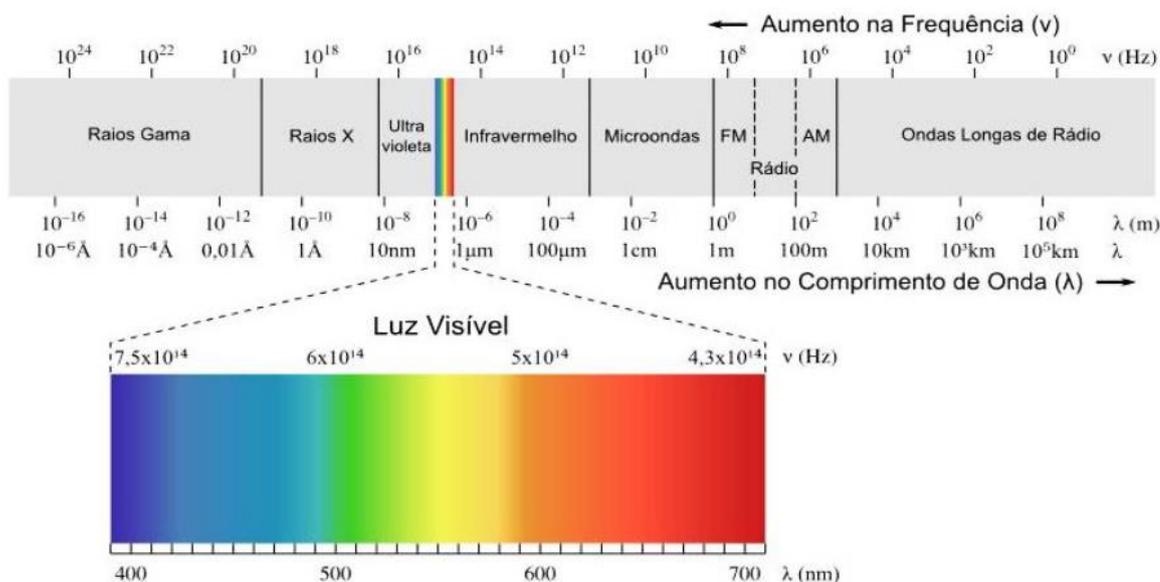
2.2. Estimativa de precipitação por sensoriamento remoto orbital (SRO)

O sensoriamento remoto (SR) é um método, sem contato, que faz registro de informações das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético utilizando instrumentos como: câmeras, escâneres, lasers em dispositivos lineares e/ou matriciais situados em aeronaves ou satélites (JENSEN, 2009). As imagens oriundas de satélite proporcionam a análise de extensas áreas da superfície terrestre, possibilitando uma visão sinótica e multitemporal (FLOREZANO, 2011).

Os primeiros dados remotos meteorológicos foram coletados pelo satélite *Television Infrared Observation Satellite* (TIROS-1) lançado em 1960 (SOARES, 2014; JENSEN, 2009; LIU, 2006). Desde então, os sistemas de SRO vem sendo utilizados em estimativas de precipitação, possibilitando uma maior compreensão das variações de chuva em locais que não possuem uma rede de observações satisfatória (LIU e PETER, 2013).

A unidade corriqueiramente medida por dispositivos de SR é a radiação eletromagnética. Essa unidade é caracterizada por propagar-se iminente ao meio de inserção. Sendo a principal fonte de radiação natural alcançada na terra, o sol, este emite radiação em unidades de comprimento de onda que variam de 10^{-12} a 10^4 m. Este intervalo de variação expõe-se de forma contínua, constituindo o espectro eletromagnético. Os comprimentos de onda e as frequências das bandas do espectro eletromagnético são representados na Figura 1.

Figura 1- Espectro Eletromagnético.



Fonte: Adaptado Mendes de Cirilo², 2013 *apud* Costa, 2017.

A disposição das faixas, bandas, nos intervalos dispostos no espectro eletromagnético apresentam os curtos e os longos comprimentos de onda. No entanto, ao se aplicar o SR para estimar a precipitação por satélite utilizavam-se metodologias baseadas em um intervalo específico no espectro que circunda das bandas do Visível (VIS), Infravermelho (IR) e posteriormente começaram a utilizar também as imagens de sensores micro-ondas (MW) (LEVIZZANI et al., 2002).

² MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. Geoprocessamento em recursos hídricos princípios, integração e aplicação. 2ª.ed. **Revista e Ampliada**. Porto Alegre: ABRH, 533p, 2013.

Segundo Petty (1995), as sequências de imagens geoestacionárias utilizadas para extrair informações de precipitação se dão pela incidência dos raios solares refletidos em nuvens, validando assim uma indicação razoável da sua espessura de modo que possa estimar o volume de água no seu interior. A estimativa do IR se dá pelo fato da ocorrência de baixas temperaturas de topo das nuvens ligadas a um desenvolvimento vertical e como consequência a uma maior taxa de precipitação (COLLISCHONN et al., 2006).

No entanto, rapidamente foi observado o fato de que nem toda nuvem brilhante e nem toda nuvem com topo frio, baixa reflectância no IR, está efetivamente produzindo chuva. Com isso, destacou-se a presença de uma incerteza na quantificação de precipitação e dificuldades por parte dos sensores em diferenciar chuva de não chuva (COLLISCHONN, 2006).

Diante desse contexto, houve a necessidade de desenvolvimento de novas ferramentas que auxiliassem as medições de precipitação remotamente. Surgiu-se então a utilização das imagens de sensores micro-ondas na estimativa de precipitação por satélite que representou uma mudança importante no rumo dos acontecimentos, pois, os sensores micro-ondas tem a função de identificar a presença de água e/ou cristais de gelo presentes no interior das nuvens, e não apenas no seu topo (GONÇALVES, 2011).

De modo geral, as metodologias citadas acima possuem limitações na estimativa de chuva: a radiação detectada pelos sensores através das técnicas baseadas nas bandas de VIS e IR são provenientes do topo de nuvens e não abaixo destas, local onde são geradas as precipitações, e a técnica baseada nas bandas de MW, tem como desvantagem, a limitação na frequência de observação e a ausência de sensores de comprimento micro-ondas que consequentemente restringem a sua resolução espacial (JIMÉNEZ, 2011).

À vista disso, atualmente existem técnicas híbridas, que fazem uso de uma ou mais fontes para estimar a precipitação via satélite, cujo objetivo é extrair vantagens e superar limitações reduzindo os erros presentes em cada uma (LOUZADA, 2016; JIMÉNEZ, 2011).

Então, as imagens geradas por essas técnicas são estruturadas em matrizes de modo que cada componente de área da superfície corresponde a uma resposta espectral. Essas matrizes são acumuladas em arquivos denominados *raster* e o componente de área é denominado *pixel*, no qual as dimensões podem variar conforme a resolução espacial do satélite orbital. Por se tratar de um componente finito de área, cada resposta do *pixel* é uma média das respostas dos

distintos alvos nele incluso. Desta forma, há uma perda no detalhamento dessas respostas, quando comparado com amostras pontuais (COLLISCHONN, 2006).

2.3. Propriedades espectrais

Alguns comprimentos de onda são impedidos de incidir na superfície da atmosfera devido à presença de vapor d'água, aerossóis e outros gases (COLLISCHONN, 2006). De acordo com Jensen (2009), a resolução espectral de um sensor que está relacionado aos intervalos de comprimento de onda conhecidos como banda ou canais no espectro eletromagnético aos quais a ferramenta de SR é sensível.

Em consequência da presença de janelas espectrais, representadas no espectro eletromagnético (Figura 1), as ferramentas do SR captam radiação no intervalo de 0,2µm – 1m (COLLISCHONN, 2006). As principais parcelas presentes no espectro, relacionadas ao SR, são demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1- Principais faixas do espectro utilizadas no SR.

Faixa do Espectro	Comprimento (λ)	Frequência (f)
Ultravioleta (UV)	0,2 – 0,4 µm	(10^{15} - 10^{16} Hz)
Visível (VIS)	0,4 – 0,7 µm	(10^{14} - 10^{15} Hz)
Infravermelho (IR)	0,7 µm – 1mm	(10^{12} - 10^{14} Hz)
Micro-ondas (MW)	1mm – 1m	(10^8 - 10^{11} Hz)

Fonte: Adaptado Collischonn (2006).

Segundo Santos (2014), a caracterização física da nuvem é fundamentada em técnicas de monitoramento e adequação das chuvas, por meio espectral relacionadas às propriedades físicas das nuvens, buscando-se a compreensão da probabilidade de ocorrência de precipitação.

Inúmeras técnicas de monitoramento vêm sendo desenvolvidas ao longo do tempo, com o objetivo de aperfeiçoar as respostas de precipitação provenientes dos satélites. Dentre essas se encontram as técnicas baseadas nas faixas de frequência do IR e VIS, além das análises nas faixas do MW (SANTOS, 2014).

2.3.1. Imagens no Infravermelho (IR) e Visível (VIS)

As estimativas baseadas nas técnicas do VIS e no IR são classificadas como diretas, isso implica dizer que, por meio dos parâmetros observados diretamente do espaço e correlações estatísticas, dar-se-á a estimativa de chuva (GONÇALVES, 2011).

Na região do infravermelho a medição de chuva é proveniente da relação entre a temperatura de brilho do topo das nuvens juntamente com a altura do topo e a espessura delas. A energia radiante gerada no IR pode ser modificada em temperatura e, ainda, as imagens geradas nessa região têm a energia como componente proveniente da atmosfera, da superfície terrestre ou da água (JIMÉNEZ, 2011).

A região visível do espectro recebe esse nome devido a sua principal característica que é envolver os comprimentos de onda agrupados em um conjunto de cores que podem ser percebidas pelo o olho humano. Essa característica faz com que a região do visível seja considerada a principal parcela do sensoriamento remoto (FITZ, 2008).

Como já citado anteriormente (seção 4.2), as estimativas baseadas nas bandas no infravermelho e no visível de fato possuem algumas limitações. Por outro lado, existem algumas vantagens que compõem essas metodologias, são elas: a alta resolução temporal, de até 15 minutos para os satélites GOES e a alta resolução no IR, em torno de 4km, conferindo assim estimativas de precipitação com elevado nível de detalhamento (COLLISCHONN, 2006).

2.3.2. *Micro-ondas (MW)*

Na região de micro-ondas, o contato da radiação com a superfície ocorre devido às propriedades dielétricas, induzidas pela umidade, e geométricas, relacionadas à forma dos objetos, dispostos na superfície (FLOREZANO, 2011). Essa metodologia pode ser utilizada na determinação e extração de variáveis biofísicas como a resolução da superfície dos oceanos e a quantidade de água presente na neve (JENSEN, 2009).

Os sensores micro-ondas são classificados em dois tipos: sensores passivos e sensores ativos. Os sensores passivos não detêm fonte própria de energia eletromagnética, com isso, utilizam a radiação solar emitida ou refletida pelos objetos a serem imageados. Os sensores ativos têm uma fonte de energia eletromagnética e ao emitirem essa energia, eles obtêm informações através da reflexão sobre o alvo de interesse (MORAES, 2002).

Segundo Petty (1995), o longo período entre duas passagens do satélite sobre o mesmo ponto na superfície da terra é tido como principal desvantagem das estimativas dos sensores de micro-ondas, isso ocorre devido esses sensores apresentarem órbita oblíqua. Esse período de passagem pode ser de até dois dias, variando com a posição da latitude em que o satélite se

encontra, sendo menor quanto mais próximo da linha do Equador estiver o ponto de amostragem a ser localizado.

Do mesmo modo, pode ser considerada como desvantagem a baixa resolução espacial dos sensores micro-ondas (inferior a 6km), mediante às estimativas de IR e VIS (COLLISCHONN, 2006). No entanto, as estimativas baseadas em imagens de micro-ondas são mais precisas quando, de modo geral, comparadas com as imagens geradas por sensores baseados no IR e VIS (REMAGE³ et al., 2003 *apud* COLLISCHONN et al., 2007).

2.4. O satélite TRMM e o produto 3B42-V7

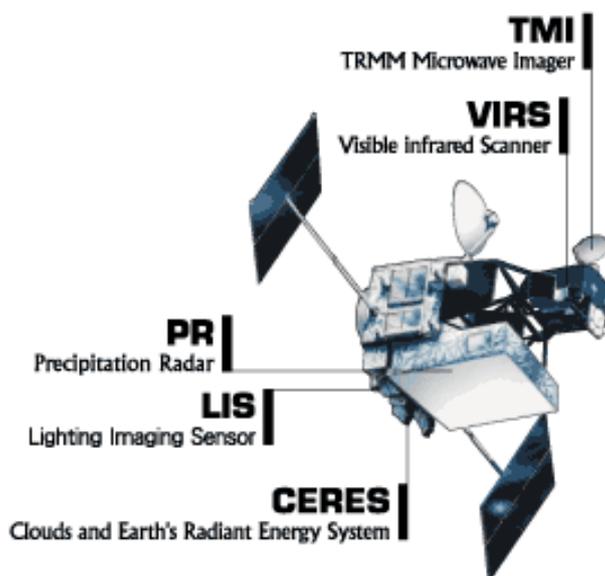
A Missão TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission –TRMM*) é uma missão conjunta da NASA e da JAXA (*Japan Aerospace and Exploration Agency*), iniciada em 1997 (NASA, 2015). Um dos objetivos principais dessa missão, estabelecidos pelo *Science Steering Group* em 1986, foi estudar as chuvas nas regiões tropicais e as liberações de calor associada à circulação na atmosfera global, que molda o tempo e o clima (KUMMEROW et al., 2000).

O sistema TRMM disponibiliza imagens remotamente que auxiliam no acompanhamento, previsão e análise da chuva. Em um período acima de doze anos, o satélite sobrevoou aproximadamente entre as latitudes 30° +/-, de ambos os lados da linha do equatorial, realizando dezesseis órbitas por dia (PASSOW, 2010).

A plataforma do TRMM (Figura 2), possui órbita oblíqua não-heliossíncrona baixa (em torno de 403km), que permitem uma alta resolução espacial e temporal. O satélite possui componentes instrumentais a seu bordo como: Imageador de Micro-ondas (TMI), Radar de Precipitação (PR), Radiômetro no Visível e no Infravermelho (VIRS), Sensor de Energia Radiante da Superfície Terrestre e das Nuvens (CERES) e Sensor para Imageamento de Relâmpagos (LIS) (LEIVAS et al., 2009).

³ REMAGE, K.; JOBARD, I.; LEBEL, T.; DESBOIS, M. **Satellite estimation of 1-day to 10-day cumulated precipitation: comparison and validation over tropical Africa of TRMM, METEOSAT and GPCP products.** The 2003 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, 29 de setembro a 3 de outubro de 2003, Weimar, Alemanha.

Figura 2- Componentes instrumentais do satélite TRMM.



Fonte: Adaptado NASA (2020).

- O Imageador de Micro-ondas do TRMM (TMI) é considerado o principal instrumento componente do satélite que tem como função medir a precipitação utilizando a lei inversa de Planck e a correlação com a temperatura de topo da nuvem (COLLISCHONN, 2006).
- O Radar de Precipitação (PR) determina imagens em 3D do arranjo das nuvens, apresenta uma riqueza estrutural detalhada a respeito de informações na formação da precipitação, além de características como: profundidade, tipo e intensidade (KUMMEROW et al., 2000).
- O Radiômetro no Visível e no Infravermelho (VIRS) é um radar de varredura que mede o brilho da cena em cinco bandas espectrais, movendo-se entre as regiões do visível e do infravermelho (NASDA, 2001).
- O Sensor de Energia Radiante da Superfície Terrestre e das Nuvens (CERES) tem como finalidade reduzir as incertezas na previsão das precipitações em longo prazo e na previsão de mudanças climáticas que surgem na Terra (NASDA, 2001). No entanto, esse instrumento teve sua operação compreendida entre janeiro e agosto de 1998 e em março de 2000 (COSTA, 2017; LOUZADA, 2016).
- O Sensor para Imageamento de Relâmpagos (LIS) identifica e investiga a correlação da incidência na variabilidade das descargas elétricas e outros eventos pluviométricos extremos como tempestades (COSTA, 2017).

O satélite TRMM gera diversos produtos, contudo, segundo Soares (2014, p.31): “Dentre os produtos do projeto TRMM destaca-se o 3B42 que usa estimativas de precipitação por micro-ondas do TMI, corrigidas através de informações sobre a estrutura vertical das nuvens, obtidas do PR”. As estimativas de chuva advindas dessa versão do satélite TRMM possuem uma resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, correspondente a cerca de 625 km^2 , cobrindo uma faixa do globo terrestre entre as latitudes de 50°N-S , com resolução temporal de 3 em 3 horas (SOARES 2014; ARAUJO, 2006).

Rozante et al., (2010) observaram em seu estudo que há uma tendência de superestimação pelo TRMM dos valores de precipitação no domínio da América do Sul, exceto no litoral do Nordeste do Brasil, onde as precipitações são subestimadas, principalmente no período correspondente a estação de inverno. O TRMM apresenta tendência de superestimar a precipitação mensal da região Nordeste em 9% (PEREIRA et al., 2013). Similarmente, Azevedo (2015) concluiu em seus resultados que o satélite TRMM estima perfeitamente a ausência de chuva, no entanto, no geral, superestima o total de precipitação durante a estação chuvosa para os estados de Alagoas e Sergipe.

2.5. Tendências de precipitação

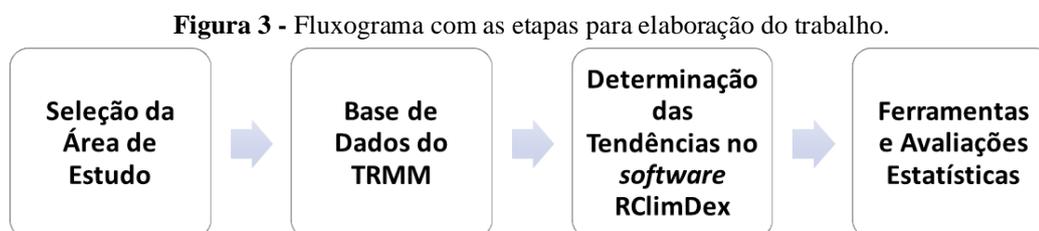
O surgimento do estudo das mudanças climáticas idealiza o aparecimento de metodologias, capazes de detectar e promover um melhor entendimento das variações climáticas, que pudessem ser utilizadas para identificar tendências de eventos de extremos climáticos em diferentes regiões e em seus mais variados tipos de climas. A espacialização de tendências proporciona a percepção de variações climáticas no comportamento que algumas variáveis vêm sofrendo ao longo do tempo em determinadas regiões (SALVIANO et al., 2016).

A percepção no reconhecimento de locais que estão sofrendo alterações meteorológicas possibilita a estimativa dos eventos de extremos climáticos e os danos desses eventos nas atividades socioeconômicas, permitindo aos tomadores de decisão adotar ações possíveis e necessárias para amenizar os efeitos dessas mudanças (SALVIANO et al., 2016). Para melhor definir as mudanças que estão acontecendo nesses locais, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) formou um grupo de trabalho que desenvolveu 27 índices de detecção dessas mudanças, sendo 11 decorrentes da precipitação e 16 decorrentes da temperatura do ar (Zhang e Yang, 2004).

No Brasil, vários estudos também foram desenvolvidos com base na estimativa dos índices de detecção climática para avaliar as possíveis mudanças e eventos de extremos locais (SANTOS et al., 2006; SILVA e DEREZYNSKY, 2010; ALMEIDA et al., 2010; MARENGO et al., 2011). Recentemente, vem aumentando os estudos de tendências dos índices de identificação de eventos de extremos climáticos na região Nordeste, a partir de pesquisas como as de SILVA, 2006; SANTOS et al., 2009; ASSIS et al., 2012 e COSTA et al., 2015).

3. METODOLOGIA

O fluxograma (Figura 3) expõe a efetivação das etapas para elaboração deste estudo desde a sua concepção até a obtenção e avaliação dos resultados. Sequencialmente, nesse capítulo cada etapa será apresentada com maior detalhamento.



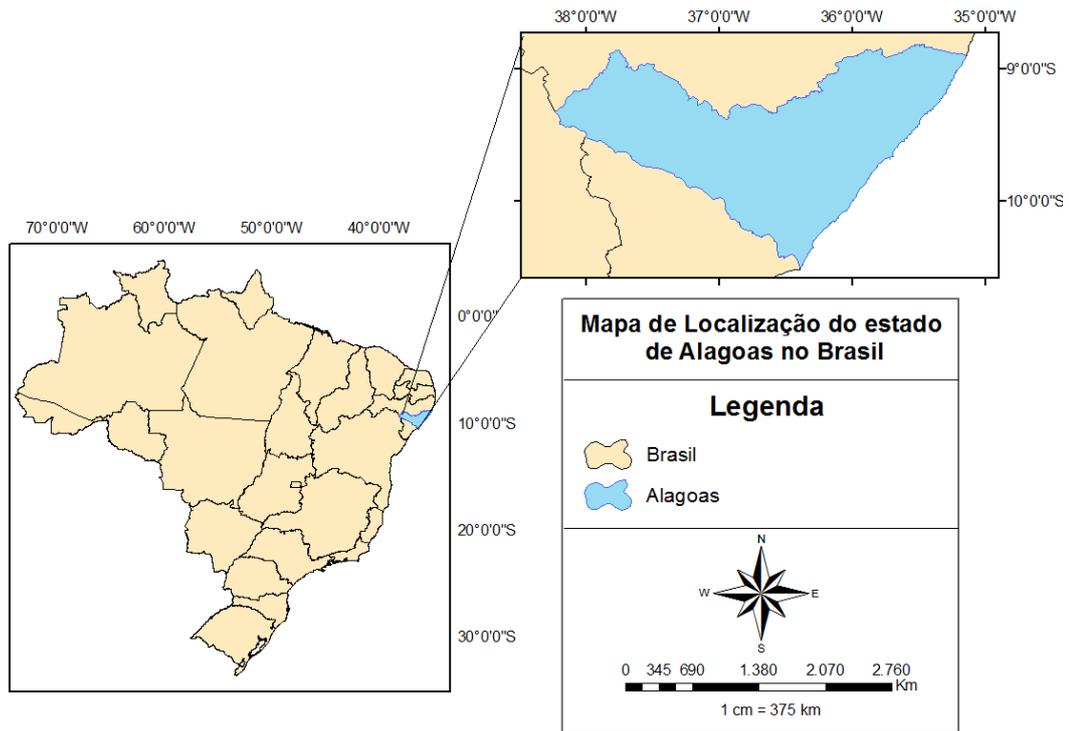
Fonte: Autora (2020).

3.1. Área de estudo

A região escolhida para o estudo foi o estado de Alagoas situado ao leste da região Nordeste que ocupa uma área de 27.843,295 km² e conta com uma população de cerca de 3.120.494 habitantes (IBGE, 2018).

O estado de Alagoas (Figura 4) está localizado entre as Latitudes -8°48'S e -10°29'S e Longitudes -38°13'W e -35°09'W, em graus e minutos, que correspondem aproximadamente 0,32% do território nacional. Faz divisa ao norte e a oeste com o estado de Pernambuco, a sul com os estados de Sergipe e Bahia, a Leste com o Oceano atlântico e a sudoeste com o estado da Bahia e o Rio São Francisco.

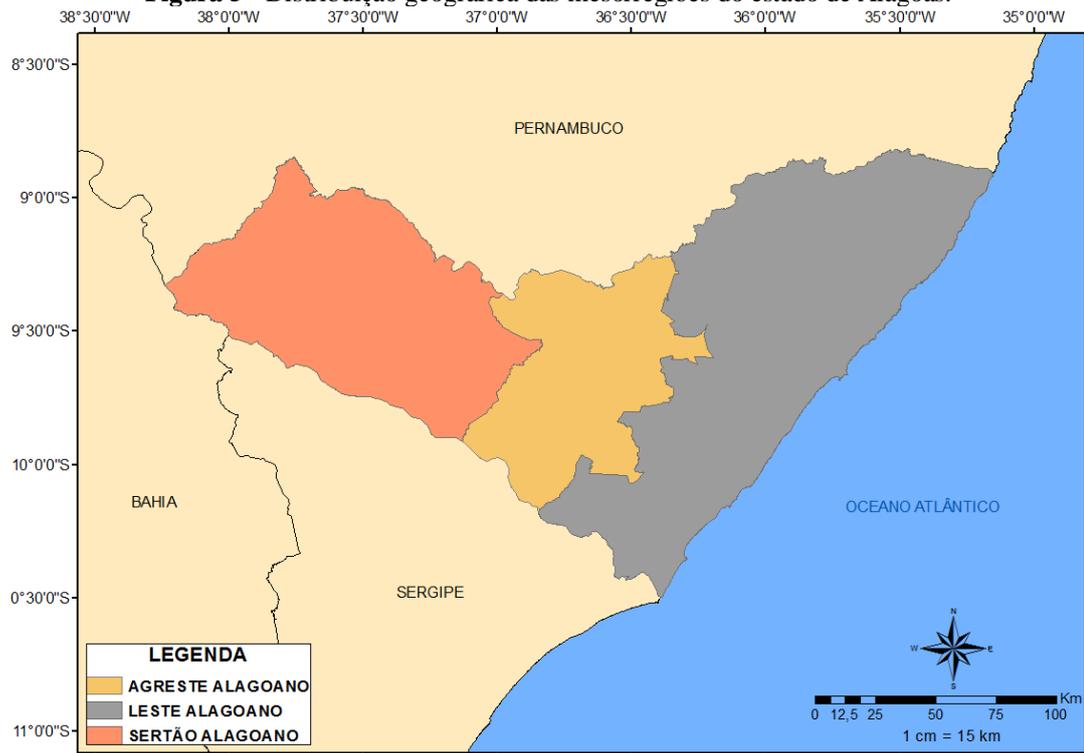
Figura 4- Mapa de localização do estado de Alagoas (em destaque) no Brasil.



Fonte: Autora (2020).

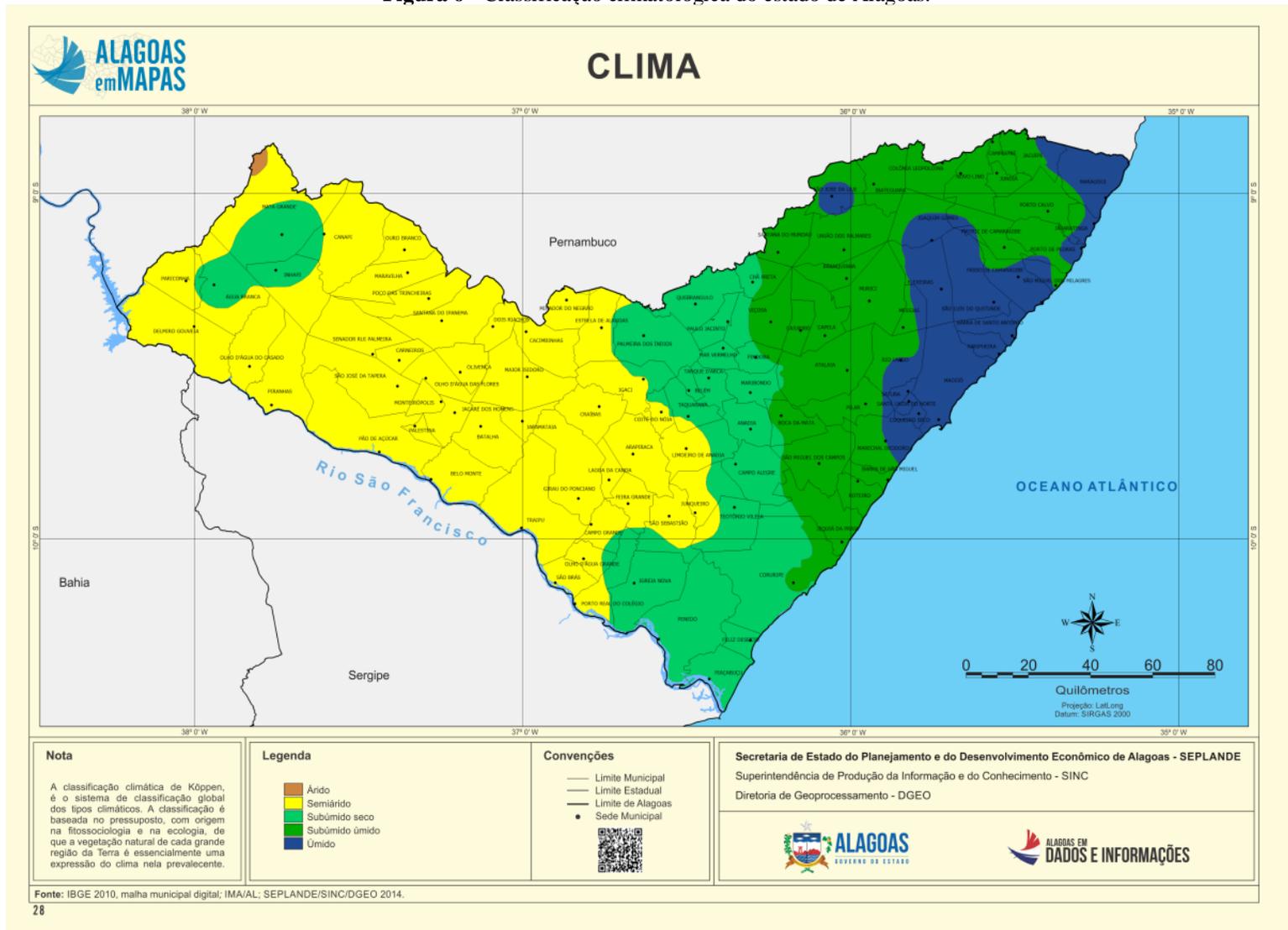
Atualmente, Alagoas é dividido geopoliticamente em 102 municípios que encontram-se inseridos nas três mesorregiões que contemplam o estado: Sertão, Agreste e Leste, conforme a Figura 5. O clima de Alagoas, de acordo com a categorização de Köppen, é dividido em quatro zonas (Figura 6). O clima tropical (Ams') que compreende a zona da mata norte e as imediações dos municípios de Maragogi e Jacuípe é caracterizado pelas chuvas abundantes e temperaturas, no período mais frio (abril a julho), superiores a 18°C, possuindo também um curto período seco (setembro a dezembro). A zona que compreende mais da metade do estado é conhecida como (As'), caracterizada pelo clima tropical chuvoso com verão seco e precipitações concentradas nas estações do outono e inverno. Os climas BSs'h' e BSsh' encontra-se nas regiões do Sertão e Sertão do São Francisco, respectivamente, e apresentam precipitação sazonal abaixo da média anual do estado. Ainda, nos municípios de Água Branca e Mata Grande é possível perceber a presença do clima As, no entanto este possui temperaturas amenas e verão seco bem definido (BARROS et al., 2012).

Figura 5 - Distribuição geográfica das mesorregiões do estado de Alagoas.



Fonte: Autora (2020).

Figura 6 - Classificação climatológica do estado de Alagoas.



Fonte: Secretaria de Estado, Gestão e Planejamento do Patrimônio (SEPLAND) (2014).

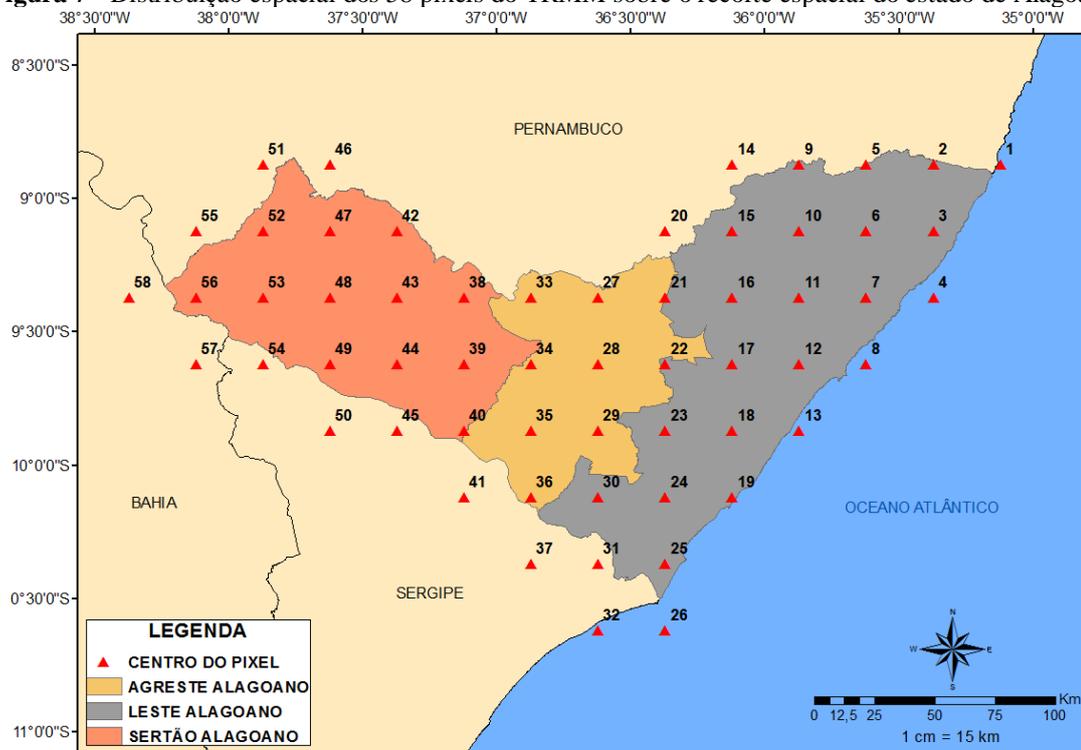
3.2. Base de dados do TRMM

Os valores de precipitação diária estimada foram obtidos pelo banco de dados da NASA, escolhido para avaliação o produto 3B42 (versão 7) da missão TRMM disponibilizados em mmh^{-1} em arquivos *raster* com extensão em “*hdf*” (*Hierarchical Data Format*), resolução espacial de $0,25^\circ$ a cada 3 horas para o período de janeiro de 1998 a dezembro de 2018.

O período disponibilizado em estudo, série histórica de 20 anos, sob o ponto de vista climatológico é considerado insuficiente para afirmação de ocorrência de eventos pluviométricos, no entanto, segundo Do Santos et al., (2011), permite-se formular hipóteses de tendências de aumento ou redução das chuvas em eventuais situações de extremos climáticos.

As imagens geradas pelo produto 3B42-v7 possuem resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Foi delimitado um recorte espacial do estado de Alagoas, formando uma grade de 58 pixels e, com o auxílio do *software* MATLAB, as coordenadas do centroide dos pixels foram obtidas. Sua distribuição foi feita com *software* ArcGIS, versão 10.7, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Distribuição espacial dos 58 pixels do TRMM sobre o recorte espacial do estado de Alagoas.



Fonte: Autora (2020).

Para o processamento e manipulação dos dados obtidos da NASA, foi implementado um código desenvolvido por Collischonn (2006), o qual foi possível realizar a leitura e interpretação dos dados “hdf”, organizá-los nas coordenadas correspondentes à área de estudo e ainda gerar as precipitações acumuladas para todo o período de análise em formato “txt” para cada pixel. Como o produto 3B42-v7 disponibiliza dados a cada 3 horas, programou-se um algoritmo em R®, cujo objetivo era acumular tais dados para a escala diária.

3.3. Determinação das tendências dos índices de detecção de mudanças climáticas referentes à precipitação

Para a determinação dos índices de mudanças climáticas dos dados provenientes do produto 3B42, selecionados para o estado de Alagoas, foi utilizado o *software* RCLimDex versão 1.0.

3.3.1. RCLimDex

O *software* RCLimDex é um pacote computacional gratuito, desenvolvido por Zhang e Yang (2004), que calcula todos os 27 índices básicos (ANEXO A) de acordo com as definições do *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDMI) do Programa Internacional de Pesquisa em previsão da Variabilidade Climática (CCI/CLIVAR), além de índices de precipitação e temperatura no período definido pelo usuário.

Como o estudo baseia-se na variável meteorológica da precipitação pluvial, conforme clima e vegetação característicos da localidade, através da ferramenta RCLimDex foi realizado o cálculo de 6 (seis) índices de extremos climáticos referentes à precipitação para o estado de Alagoas. Para obtenção desses resultados, através do *software* RCLimDex, faz-se necessário a disposição de dados diários de precipitação.

3.3.2. Formato dos dados de entrada

Os dados de precipitação diária derivados do produto 3B42 foram organizados de acordo com o padrão de entrada do *software* RCLimDex. Em seguida, são apresentadas as definições que os arquivos de entrada em formato “txt” seguiram como proposto no Manual do Usuário do RCLimDex (1.0) (Zhang & Yang, 2004).

Padrão de entrada de dados no *software*:

1. Arquivo em formato texto;

2. Colunas sequenciais: Ano, Mês, Dia, PRCP (precipitação), TMAX (temperatura máxima) e TMIN (temperatura mínima);
3. O formato acima deve ser separado por espaços;
4. Para os dados faltosos codificar como -99.9;
5. Os registros dos dados devem estar em ordem cronológica.

Como neste estudo foram analisadas apenas as tendências de mudanças referentes aos índices de precipitação, todos os dados de temperatura máxima e mínima de cada pixel foram substituídos por -99.9.

3.3.3. Índices de extremos climáticos

A Tabela 2 apresenta os detalhes dos índices de extremos climáticos utilizados nesse estudo, obtidos pelo *software* RCLimDex, relacionados aos dados diários de precipitação, com informações de sigla, nome, definição e unidade.

Tabela 2- Índices de extremos climáticos obtidos pelo RCLimDex relacionados aos dados diários de precipitação.

Sigla	Nome do Índice	Definição	Unidade
CDD	Dias secos consecutivos	Número de dias consecutivos com RR<1mm	dias
CWD	Dias consecutivos úmidos	Número dias consecutivos com RR ≥1mm	dias
PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos	PRCP total anual em dias úmidos (RR≥1mm)	mm
R10	Número de dias com precipitação acima de 10 mm	Número de dias com PRCP≥10mm	dias
R20	Número de dias com precipitação acima de 20 mm	Número de dias com PRCP≥20mm	dias
R25	Número de dias com precipitação acima de 25 mm	Número de dias com PRCP≥25mm	dias

Fonte: Autora (2020).

A seguir são dispostas as definições estatísticas dos cinco índices climáticos derivados da precipitação, de acordo com o Manual do Usuário do RCLimDex (1.0) (Zhang & Yang, 2004), utilizados nos cálculos deste estudo.

Dias secos consecutivos (**CDD**): Seja RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i do período j . O índice CDD indica o número de dias consecutivos em que a precipitação foi inferior a 1 mm no período j .

Dias úmidos consecutivos (**CWD**): Seja RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i do período j . O índice CWD indica o número de dias consecutivos em que a precipitação foi superior ou igual a 1 mm no período j .

Precipitação total anual nos dias úmidos (**PRCPTOT**): Seja RR_{ij} a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Se i representa o número de dias em j , a PRCPTOT é igual ao somatório da quantidade diária de precipitação num dia i num período j .

Número de dias com precipitação acima de 10 mm (**R10**): Seja RR_{ij} a quantidade diária de precipitação no dia i e no período j . O número de dias com precipitação deve ser maior ou igual a 10 mm.

Número de dias com precipitação acima de 20 mm (**R20**): Seja RR_{ij} a quantidade diária de precipitação no dia i e no período j . O número de dias com precipitação deve ser maior ou igual a 20 mm.

Número de dias com precipitação acima de nn mm (**Rnn**): Seja RR_{ij} a quantidade diária de precipitação no dia i e no período j . O número de dias com precipitação deve ser maior ou igual a nn mm.

Neste estudo foi considerado $nn=25$ mm.

3.4. Ferramentas e avaliações estatísticas utilizadas

Com o objetivo de representar os resultados deste estudo, através dos dados gerados no *software* RCLimDex, fez-se necessário realizar a interpolação destes utilizando a ferramenta *spacial analyst tools* pelo método *Inverse Distance Weighted* (IDW) na segunda potência para os valores de inclinação, além da ferramenta *Reclassify* para representação da significância, empregando o uso do *software* ArcGIS 10.7.

Após a espacialização dos dados obtidos em uma grade do satélite TRMM, tendo os pixels o mesmo tamanho, foi realizada a análise dos resultados sobrepostos. A avaliação dos resultados advindos do cálculo dos índices de extremos climáticos, referentes à precipitação,

baseou-se nas tendências calculadas pelo método dos mínimos quadrados (*Slopes*) e o nível de significância (*p-value*) dos pixels, sobre o estado de Alagoas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No desenvolvimento desse trabalho, delimitou-se o período de estudo baseado na disponibilidade de dados do satélite TRMM, restringindo-se aos anos de 1998 a 2018. As seções subsequentes serão destinadas para as avaliações estatísticas dos referidos índices de precipitação característicos plotados utilizando o *software* de mapeamento ArcGIS, produzindo figuras com campos de tendências e significância para cada índice desse estudo e pixel sobre o estado, que compõe a região geográfica analisada.

4.1. Índices de extremos climáticos

Nessa seção são apresentados os resultados obtidos através do *software* RCLimDex (1.0) referente aos índices de extremos climáticos dos dados diários de precipitação (índices de CDD, CWD, PRCPTOT, R10mm, R20mm, R25mm) oriundos da NASA.

Para este estudo, a fim de obter uma análise aproximada e eficiente dos resultados, foram considerados grupos restritos de pixels para cada região, Sertão, Agreste e Leste, do estado de Alagoas, conforme distribuição do arranjo espacial, disposto na Tabela 3 seguinte:

Tabela 3 - Arranjo dos pixels por mesorregiões do estado de Alagoas.

Mesorregiões da área de estudo	Pixels correspondentes
Sertão Alagoano	[38,40], [42,49], [51,56]
Agreste Alagoano	[20,22], [27,29], [33,36]
Leste Alagoano	[1,19], [23,25], [30,31]

Os pixels não dispostos nos intervalos apresentados na Tabela 3 foram retirados da análise dos resultados, pois não pertencem a área efetiva de estudo.

Fonte: Autora (2020).

A variabilidade dos índices de precipitação é apresentada na Tabela 4 com o resumo do percentual e quantidade de pixels de acordo com os níveis de significância das tendências para os índices de extremos climáticos calculados em estudo.

Tabela 4 - Percentual acumulado das quantidades dos pixels de acordo com os níveis de significância das tendências para os índices em estudo no estado de Alagoas.

ÍNDICE	Tendência positiva		Tendência negativa	
	não significativa (%)	significância (p<=0,01) (%)	não significativa (%)	significância (p<=0,01) (%)
CDD	37,26	23,53	50,98	58,82
CWD	1,96	0	0	0
PRCPTOT	0	0	0	0
R10	3,92	0	0	0
R20	0	0	0	0
R25	5,88	0	0	0

Fonte: Autora (2020).

Os resultados demonstram que a maioria dos pixels apresentaram tendências de aumento dos Dias Secos Consecutivos (CDD), onde pelo menos 58,82% apresentaram alguma tendência significativa. Bem como o índice dos Dias Úmidos Consecutivos (CWD) apresentou tendência de redução na maioria dos pixels. Contudo, apenas 11,76% dos pixels apresentaram alguma significância estatística. Em decorrência, é possível afirmar um aumento dos dias secos consecutivos a nível estadual.

O índice de Precipitação Total Anual nos Dias Úmidos (PRCPTOT) apresentou, em sua totalidade, tendências de redução da precipitação. Desses, 43,14% apresentaram alguma significância estatística. O índice correspondente ao Número de Dias com Precipitação Acima de 10, 20 e 25 milímetros (R10, R20 e R25) apresentou tendências de redução para o estado com 50,98% significantes, 35,30% significantes e 29,42% significantes, respectivamente. Esse resultado não permite concluir que houve uma tendência de diminuição da precipitação total anual no estado, o que sugere a análise das variabilidades em menores escalas locais.

No estado de Alagoas, as médias pluviométricas anuais variam de 2000mm no litoral, a 400mm no sertão do estado, com redução gradual geralmente de leste para oeste (BARROS et al., 2012). Por essa razão, as seções subsequentes tratam de uma análise minuciosa dos índices em escalas regionais e municipais conforme distribuição dos pixels apresentada anteriormente na Tabela 3.

4.1.1. *Dias secos consecutivos (CDD)*

A distribuição retratada na Figura 8 apresenta a distribuição espacial dos valores da série temporal do índice CDD para a grade de pixels sobre o estado de Alagoas. Observa-se que os maiores valores de tendência se encontram na região compreendida pelo Sertão Alagoano com valores positivos da ordem de 5,7 dias/ano. Ressalta-se que, como mostrado na Figura 8, as tendências são estatisticamente significativas em até 99% (valores de $p < 0,01$) para a maioria dos pixels, destacando-se ainda que os demais apresentem nível de significância contidas no intervalo de 95% (valores de $p \leq 0,05$) a 90% (valores de $p \leq 0,1$).

Os pixels correspondentes às cidades de Delmiro Gouveia, Pão de Açúcar, Piranhas e Santana do Ipanema, ambas localizadas na mesorregião do Sertão Alagoano, apresentaram tendências de aumento para o índice de CDD, tal resultado está em conformidade com as tendências de aumento dos dias secos consecutivos apresentadas por Cruz e Santos (2019) para os municípios de Pão de Açúcar e Piranhas. Contudo, para o mesmo estudo, foi encontrada tendência de redução do índice CDD para o município de Santana do Ipanema. Semelhante, no estudo de Lima et al., (2019) apresentou nos resultados o índice de CDD calculado para a cidade de Delmiro Gouveia, com tamanho da série histórica correspondente aos anos de 1936 a 2018, com tendência de diminuição, contraste as tendências encontradas para esses municípios neste estudo. Ambos trabalhos foram utilizados dados provenientes de estações pluviométricas locais.

A Figura 8 também aponta, em sua totalidade, tendências positivas do índice de CDD para os pixels sobre a mesorregião do Agreste Alagoano. Desses, 20% são estatisticamente significantes em 99% (valores de $p < 0,01$), 40% são estatisticamente significantes em 95% (valores de $p \leq 0,05$) e 50% são estatisticamente significantes em 90% (valores de $p \leq 0,1$). Destaca-se ainda que os pixels sobre o município de Traipu apresentaram tendências de redução do índice, equivalente ao exposto por Cruz e Santos (2019), que encontrou a mesma tendência para a localidade.

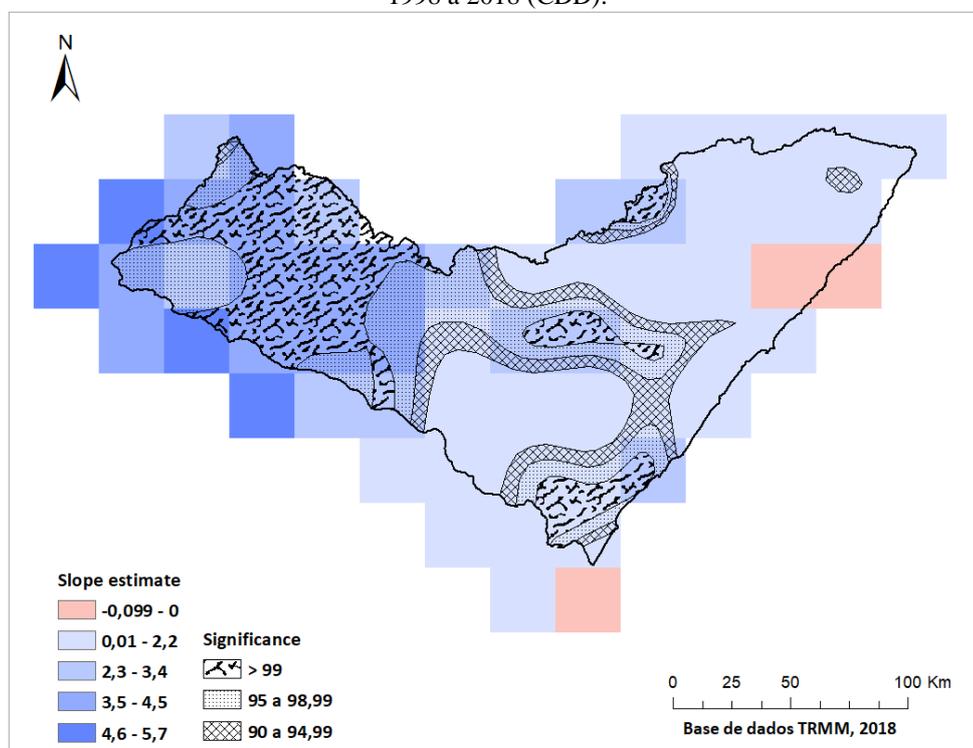
Ao analisar os dados dos pixels para o Sertão, Agreste e Zona da Mata do Estado de Alagoas, apresentados no Quadro 2 (ANEXO B) é possível identificar que os valores mais expressivos para o índice CDD encontram-se a partir do ano de 2010 estando em conformidade com Lopes et al., (2017) que relatou em sua pesquisa sobre os efeitos da seca vivenciada no

Sertão, Agreste e Zona da Mata do Estado de Alagoas, no período de 2010 a 2016, considerando o evento de seca mais severo dos últimos 50 anos.

Considerando a distribuição da Figura 8, na mesorregião do Leste Alagoano a maior parte dos pixels apresentaram tendências positivas, contudo, desses, apenas 4,55% apresentaram significância estatística em até 99% (valores de $p < 0,01$), 31,82% apresentaram significância estatística em até 95% (valores de $p \leq 0,05$) e 40,91% apresentaram significância estatística em até 90% (valores de $p \leq 0,1$), não assegurando a redução dos dias consecutivos sem chuva na região.

Investigando a área de estudo desse trabalho, por meio da distribuição destacada na Figura 8, pode-se constatar aumento do índice de CDD, no qual as mesorregiões do estado apresentaram tendências médias positivas com valores de 3,75 (Sertão), 1,97 (Agreste) e 1,35 (Leste) de dias secos consecutivos ao ano. Dessa forma, significa dizer que no período estudado de 1998 a 2018 houve um aumento em torno de 75; 40 e 33 dias consecutivos sem chuva ao ano para as regiões do Sertão, Agreste e Leste do estado, respectivamente.

Figura 8 – Distribuição espacial das tendências e significâncias dos dias secos consecutivos para o período de 1998 a 2018 (CDD).



Fonte: Autora (2020).

4.1.2. Dias úmidos consecutivos (CWD)

A Figura 9 mostra a série temporal do índice CWD, inversamente ao CDD este indica os dias úmidos consecutivos. Os valores de tendências negativas mais expressivos encontrados para o estado foram na ordem de -0,17 dias/ano, para mesorregião do Leste Alagoano.

Observa-se para a mesorregião do Sertão Alagoano que todos os pixels apresentaram inclinações negativas, ou seja, indicando uma tendência de redução dos dias úmidos consecutivos. Contudo, nenhum dos valores apresentados é significativo estatisticamente. Este resultado está consoante com as tendências apresentadas por Cruz e Santos (2019) para os municípios de Piranhas e Pão de Açúcar e em divergência para o município de Santana do Ipanema. Além disso, nos resultados apresentados por Lima et al., (2019) o município de Delmiro Gouveia também apresentou tendência de redução dos dias úmidos consecutivos.

Na mesorregião do Agreste Alagoano, compreendida pelos pixels apresentados na Figura 9, percebe-se que são expostos valores de tendências negativas de CWD, em sua totalidade, sendo apresentados apenas 20% com significância estatística em até 90% (valores de $p \leq 0,1$). Em Cruz e Santos (2019), o município de Traipu, localizado na mesorregião do Agreste, também apresentou tendência negativa para o índice de CWD.

Para os pixels localizados sobre a região do Leste Alagoano pôde-se constatar valores de inclinação negativos, em sua maioria, para o índice CWD, mas apenas 8,7% dos resultados obtidos possuem significância em até 95% (valores de $p \leq 0,05$) e 13,05% possuem significância em até 90% (valores de $p \leq 0,1$).

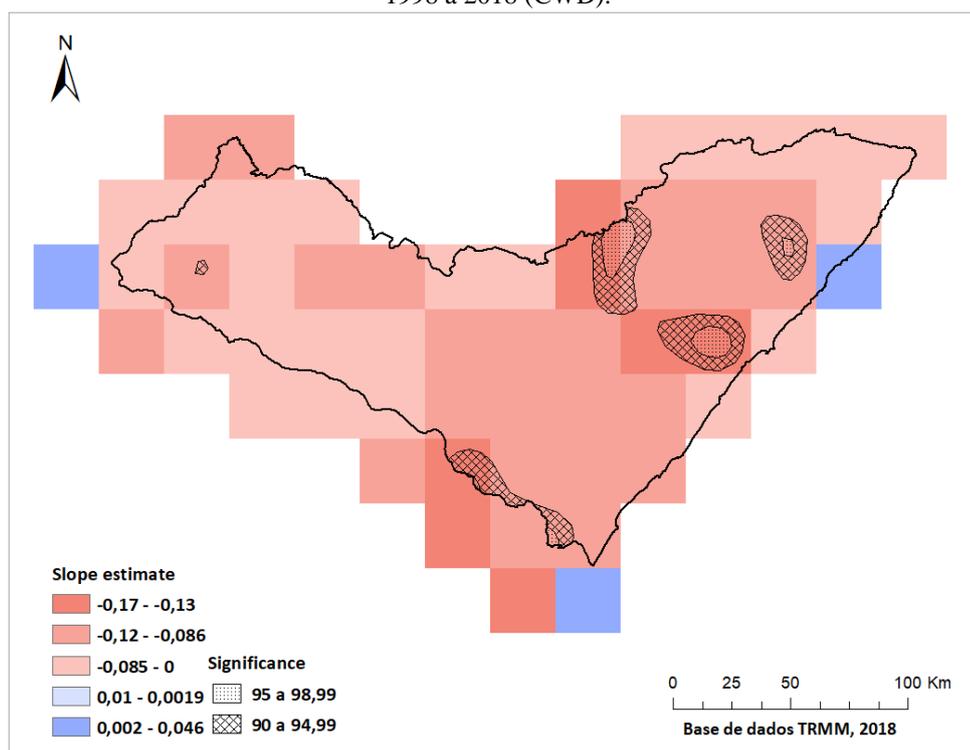
Ao analisar a Figura 9, o estado de Alagoas apresentou uma média de tendências negativas do índice de dias úmidos consecutivos de -0,07 (Sertão), -0,11 (Agreste) e -0,09 (Leste). Assim sendo, houveram uma redução em torno de 2; 3 e 3 dias consecutivos com chuva ao ano para as regiões do Sertão, Agreste e Leste do estado, respectivamente. Segundo os dados apresentados por Silva et al., (2011), o semiárido nordestino apresentou os menores valores para o número de dias chuvosos, atingindo o máximo de 90 dias ao ano.

A partir dos resultados observados para a quantidade de dias chuvosos consecutivos (Figura 9) notou-se que os dias secos consecutivos (Figura 8) foram bastante notáveis aos dias úmidos consecutivos, principalmente no que diz respeito à presença de significância estatística dos dados obtidos. Análogo aos resultados situa-se a objeção em afirmar que há uma tendência de redução significativa dos dias consecutivos com precipitação, todavia é possível alegar que

há uma tendência de aumento nos dias consecutivos sem precipitação para grande parte do estado de Alagoas. Por esse motivo, infere-se que há uma má distribuição temporal da precipitação na região estudada.

Os resultados apresentados denotam uma tendência de aumento no acontecimento de inundações, cheias, alagamentos e danificação de obras de drenagem, visto que tais acontecimentos estão associados a eventos extremos de chuva acumulada em curtos períodos de tempo. Eventos como este foram destacados no estudo realizado por Marengo et al., (2011, p. 400) que relatou a respeito das enchentes ocorridas nos estados de Alagoas e Pernambuco no ano de 2010, quando ambos declararam situação de emergência devido a intensa chuva nas cabeceiras dos rios Mundaú e Paraíba, com precipitações da ordem de 400mm em apenas quatro dias.

Figura 9 – Distribuição espacial das tendências e significâncias dos dias úmidos consecutivos para o período de 1998 a 2018 (CWD).



Fonte: Autora (2020).

4.1.3. Precipitação total anual nos dias úmidos (PRCPTOT)

Ao proceder com a análise a respeito da variação da precipitação do período de 1998 a 2018 os dados de precipitação dos pixels sobre o estado de Alagoas foram calculados e especializados na Figura 10. Observou-se que o estado em sua integralidade não apresentou tendências de aumento da precipitação total anual. Nota-se ainda que as tendências

significativas negativas se distribuem uniformemente em toda região estudada com contraste na mesorregião do Leste e Agreste Alagoano, mais precisamente à sul, com maiores valores negativos da ordem de -26 mm/ano.

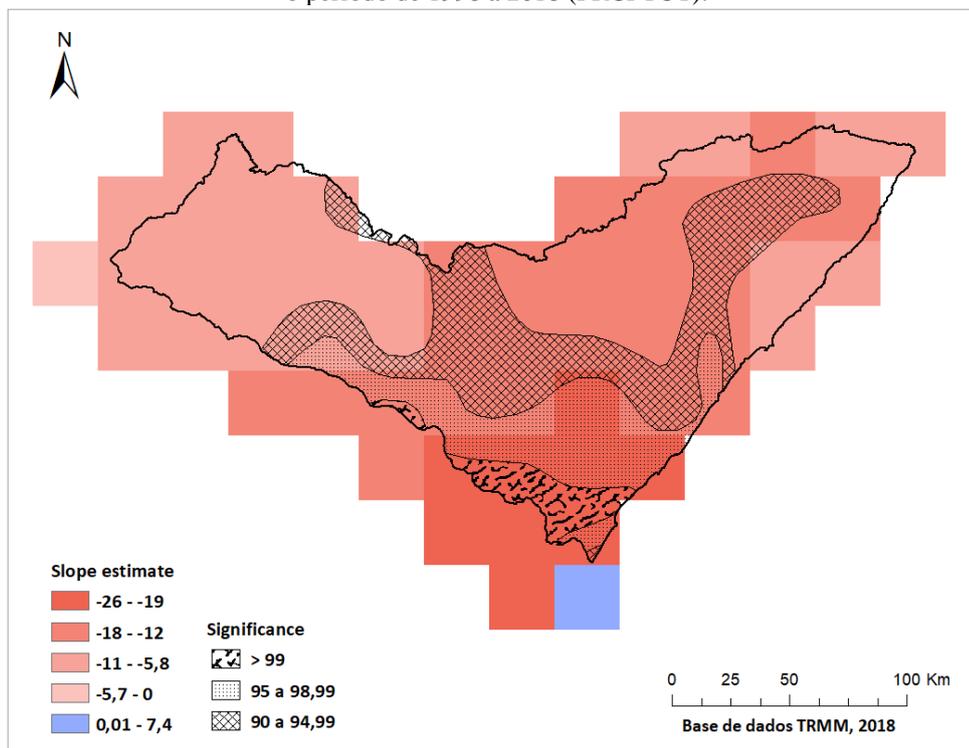
A região compreendida pelo Sertão Alagoano apresentou um contraste de diminuição compreendida no intervalo de -11 a -5,8 mm/ano. Os municípios de Pão de Açúcar, São José da Tapera, Monteirópolis, Palestina, Jacaré dos Homens, Belo Monte, Batalha, Jaramataia, Major Isidoro, Cacimbinhas, Ouro Branco e Maravilha apresentam significância estatísticas em até 95% (valores de $p \leq 0,05$). Conforme pode ser observado, existe uma influência de mudanças no regime de distribuição de chuva para as localidades. O quarto relatório apresentado pelo IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) demonstra em média, que existe uma probabilidade de redução das chuvas para climas do semiárido do Nordeste como consequência das mudanças climáticas detectadas no globo (AVILA, 2004).

Em conformidade com Lima et al., (2019), o índice PRCPTOT para o município de Delmiro Gouveia, elencado em seu trabalho, apresentou tendência de redução de -0,929mm/ano para os dados de pluviômetros. Semelhante, nesse estudo foram encontrados valores de tendências no intervalo de -5,7 a 0 mm/ano, ambos não apresentaram significância estatística.

Para a mesorregião do Agreste do estado é possível perceber que, em sua maioria significativa, 60% dos pixels apresentaram alguma significância estatística, possibilitando concluir que houve uma diminuição da precipitação total anual para a mesorregião analisada. O Leste Alagoano apresentou tendências negativas significantes em até 99% (valores de $p < 0,01$) da ordem de até -26 mm/ano a sul e -18mm/ano a nordeste da região significantes em até 95% (valores de $p \leq 0,05$).

No Quadro 3 (ANEXO D) é possível perceber que nos valores mais expressivos de precipitação são encontrados para o ano de 2010 e há uma queda de tendência a partir desse ano para os pixels correspondentes à parte da bacia dos rios Mundaú e Paraíba localizados no estado de Alagoas. Similarmente, Fragoso et al., (2010) em seu trabalho enfatizou que a região das bacias do rio Mundaú e Paraíba sofreram uma grande cheia no ano de 2010, ocasionando a perda da agricultura e destruição de diversas cidades. Posteriormente surgiu uma forte estiagem que se iniciou no ano de 2012.

Figura 10 - Distribuição espacial das tendências e significâncias da precipitação total anual nos dias úmidos para o período de 1998 a 2018 (PRCPTOT).



Fonte: Autora (2020).

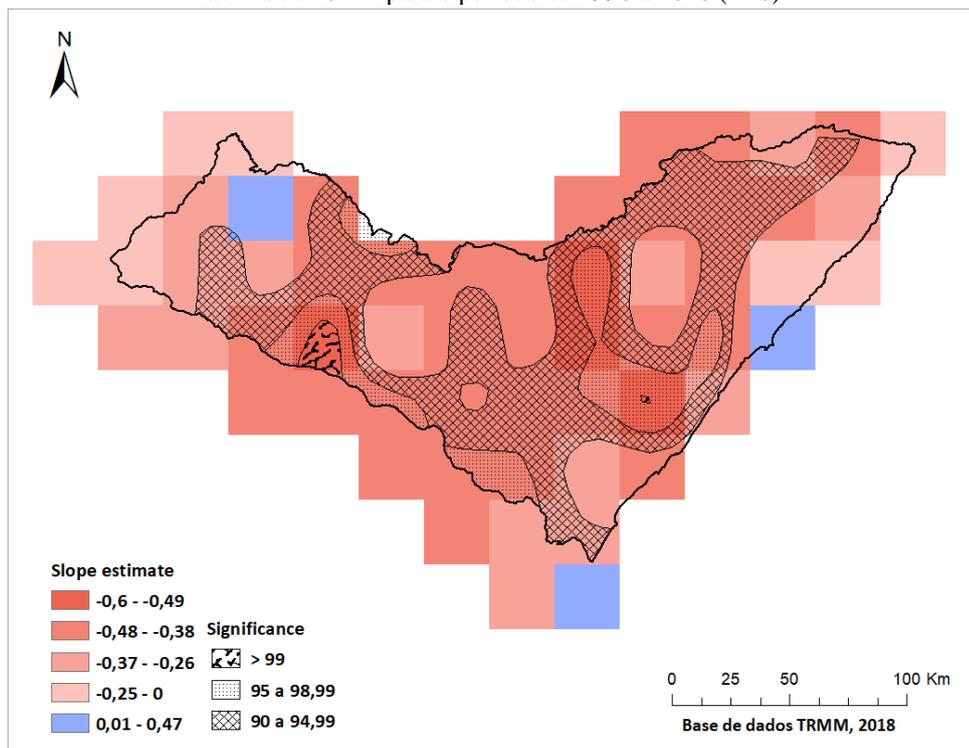
A evidência de redução de PRCPTOT em todo o estado de Alagoas, acarreta possíveis problemas, principalmente para o Sertão e o Agreste, regiões que historicamente já sofrem com a escassez e a má distribuição de chuvas ao longo do ano. Os principais problemas decorrentes em consequência dos resultados apresentados na Figura 10 acima com a redução da precipitação são maiores insuficiências hídricas e desertificação do solo nessas regiões.

4.1.4. *Números de dias com precipitação acima de 10, 20 e 25 milímetros (R10, R20 e R25)*

Os índices R10 e R20 (Figura 11 e Figura 12, respectivamente) apresentaram tendências negativas, em sua maioria, para as localidades estudadas. No que diz respeito ao índice Número de Dias com Precipitação igual ou superior a 10mm (R10), todas as mesorregiões apresentaram pixels com tendências significantes de até 90% (valores de $p \leq 0,1$). As cidades de Pão de Açúcar e São José da Tapera apresentaram tendências de redução com significância em até 99% (valores de $p < 0,01$). O pixel sobre os municípios de Mata Grande, Canapi e Inhapi apresentou tendência positiva variando de 0,01 a 0,47 dias/ano, mas sem apresentar significância estatística. Analogamente, para a cidade de Maceió. O município de Penedo apresentou tendência de redução de até -0,37 dias/ano com significância estatística de até 90% (valores de

$p \leq 0,1$). Antagônico a este resultado, Santos e Santana (2013) encontraram tendência de aumento da precipitação para o município de Penedo na ordem de 0,22 dias/ano, todavia sem significância estatística.

Figura 11 - Distribuição espacial das tendências e significâncias dos números de dias com precipitação igual ou acima de 10mm para o período de 1998 a 2018 (R10).



Fonte: Autora (2020).

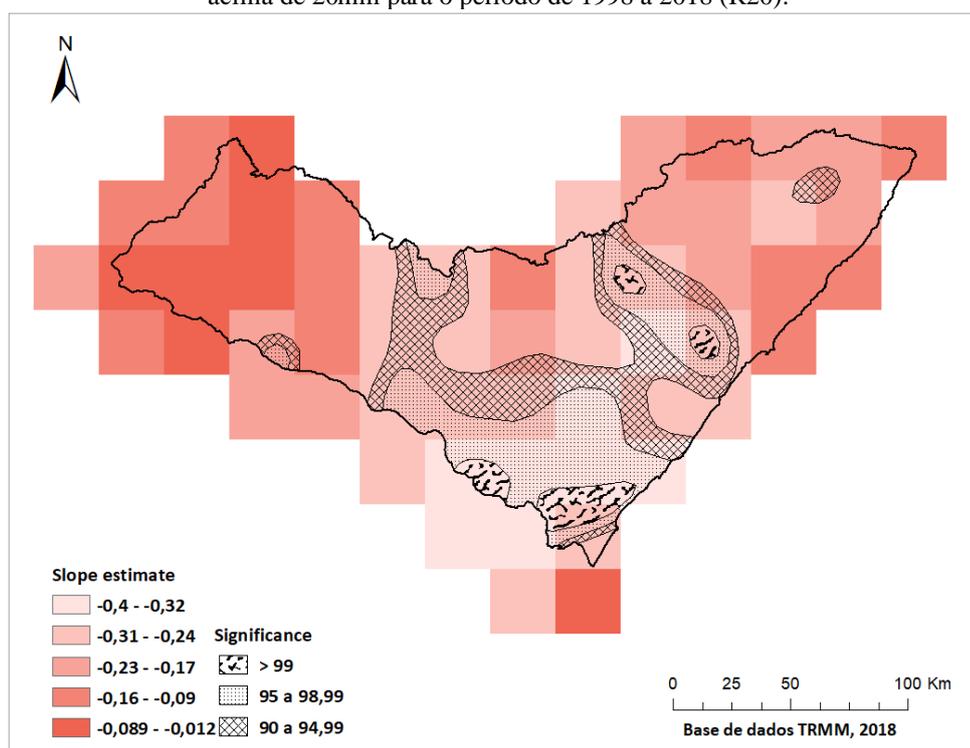
Os resultados da Figura 12 para o índice Número de Dias com Precipitação igual ou superior a 20mm (R20), apresentou somente tendências de redução da precipitação anual para a área estudada. Em destaque, o lado sul da mesorregião do Leste Alagoano apresentou tendência negativa no intervalo -0,4 a -0,32 dias/ano com significância estatística de até 99% (valores de $p < 0,01$), mais precisamente as cidades de Porto Real, Penedo e Feliz Deserto. Ainda ao Leste, as cidades de Viçosa, Pilar e Marechal Deodoro apresentaram tendência de diminuição da ordem de -0,31 a -0,24 dias/ano também significantes em até 99% (valores de $p < 0,01$).

Ao analisar o Agreste Alagoano apenas o pixel sobre a cidade de São Braz apresentou significância de até 99% (valores de $p < 0,01$). Contudo, as cidades de Traipu, Campo Grande, Olho d'Água Grande e São Sebastião apresentaram tendências de redução do índice significantes em até 95% (valores de $p \leq 0,05$).

As cidades quem compõem o Alto Sertão Alagoano (Delmiro Gouveia, Água Branca, Canapi, Inhapi, Olho d'água do Casado, Mata Grande, Pariconha e Piranhas) apresentaram

tendência de diminuição de até -0,089 dias/ano para o índice R20. Contudo, essas cidades não apresentaram nenhuma significância estatística. Lopes et al., (2017 p. 203), em seu trabalho a respeito da desertificação em climas semiáridos, cita as cidades de Inhapi, Pariconha, Água Branca e Delmiro Gouveia como potenciais áreas suscetíveis ao evento. A desertificação desses locais pode ser observada diante da combinação dos baixos índices de chuva e suas irregularidades, características presentes no bioma da Caatinga.

Figura 12 - Distribuição espacial das tendências e significâncias dos números de dias com precipitação igual ou acima de 20mm para o período de 1998 a 2018 (R20).



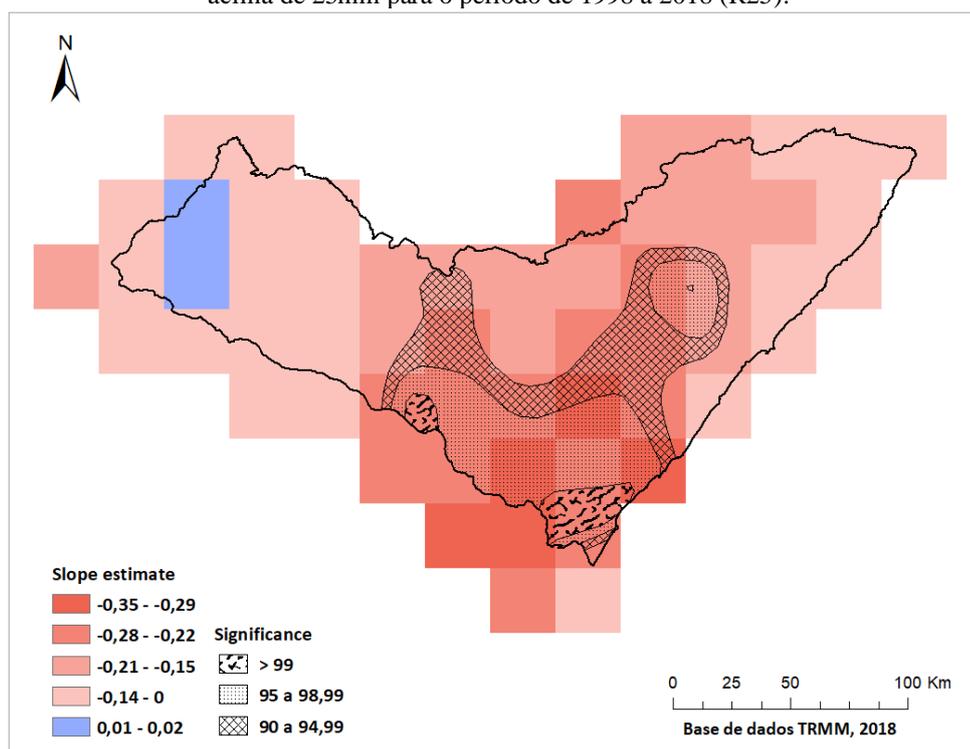
Fonte: Autora (2020).

Na análise do índice de chuva com maior intensidade, observou-se que a Figura 13 apresenta o índice Número de dias com precipitação igual ou acima de 25mm (R25). Para a área de estudo, em sua grande maioria, apresentaram tendência de redução dos dias de precipitação de 20mm por ano. Contudo, a mesorregião Leste Alagoano apresentou os maiores valores de tendência, da área de estudo, na ordem de -0,35 dias/ano com significância de até 99% (valores de $p < 0,01$), para as cidades de Penedo, Feliz Deserto e Piaçabuçu. Ainda, é possível constatar para a cidade de Traipu tendência da ordem de até -0,21 dias/ano significantes em até 99% (valores de $p < 0,01$).

Na Figura 13, para a mesorregião do Leste Alagoano, é possível identificar que os municípios de Porto Real, Igreja Nova, Teotônio Vilela, Coruripe e Junqueiro possuem

tendências de redução e significância em até 95% (valores de $p \leq 0,05$). Ainda, para a mesma região, as cidades de Cajueiro, Pilar, Atalaia, Capela, Murici e Rio Largo apresentaram tendência redução de até -0,21 dias/ano com significância de até 95% (valores de $p \leq 0,05$). Para a mesorregião do Sertão de Alagoas essa mesma tendência e significância é encontrada para os municípios de Belo Monte e Batalha.

Figura 13 - Distribuição espacial das tendências e significâncias dos números de dias com precipitação igual ou acima de 25mm para o período de 1998 a 2018 (R25).



Fonte: Autora (2020).

Observou-se que os índices de chuvas intensas (R10, R20 e R25) apresentaram comportamento semelhante às tendências apresentadas no índice PRCPTOT (Figura 10). As tendências de redução foram predominantes em todas as espacializações para os índices PRCPTOT, R10, R20 e R25. Em outros termos, significa dizer que nos locais que foram constatados diminuição da precipitação também foram verificadas evidências de redução de eventos de extremos chuvosos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que, há evidências de tendências positivas e negativas, para os índices de extremos climáticos calculados nesse trabalho. Estas tendências estão oscilando sobre todo o estado de Alagoas, sendo eminente o fator relativo à distribuição de chuvas no estado e a constatação da sua variabilidade tanto espacial quanto temporal. Os trabalhos utilizados na comparação dos dados são provenientes de estações pluviométricas devido à escassez de literaturas disponíveis com a metodologia utilizada neste trabalho. Contudo, os valores obtidos com as estimativas do satélite TRMM demonstraram potencialidade para estimar os comportamentos da precipitação em termos quantitativos e espaciais.

O índice Dias Secos Consecutivos (CDD), apresentou destaque para a mesorregião do Sertão Alagoano com, em média, cerca de 75 dias/ano com significância estatística para todos os pixels correspondentes, seguido das mesorregiões do Agreste e Leste Alagoano com 40 e 33 dias/ano. Ainda, os pixels sobre Alagoas apresentaram valores relevantes a partir do ano de 2010, corroborando os efeitos da seca vivenciada pelo estado no período de 2010 a 2016. Comparando-se com os resultados apresentados para o índice Dias Úmidos Consecutivos (CWD), conclui-se que há uma possível redução de 2; 3 e 3 dias/ano para as mesorregiões do Sertão, Agreste e Leste de Alagoas, respectivamente, todavia, a quantidade de dias secos consecutivos foi bastante notável aos dias úmidos consecutivos, sobretudo na presença de significância estatística. Por isso, pode-se alegar que há uma má distribuição temporal da precipitação para a região estudada.

Dado o exposto, o estado de Alagoas apresentou tendência nos acontecimentos de cheias, inundações, alagamentos e danificação de obras de drenagem, visto que esses eventos estão associados a grandes quantidades de precipitação em curtos espaços de tempo.

Na análise da Precipitação Total Anual nos Dias Úmidos (PRCPTOT), observou-se que o estado em sua integralidade não apresentou tendências de aumento da precipitação, além disso foi demonstrado um contraste na espacialização das significâncias estatísticas, distribuídas uniformemente sobre as mesorregiões do Leste e Agreste, com tendências na ordem de -26 mm/ano. O Sertão Alagoano, como esperado devido a influência do clima Semiárido, apresentou tendências de redução da precipitação na ordem de -11 mm/ano. O Agreste do estado expressou cerca de 60% dos pixels significantes estatisticamente e com tendência negativa, levando a conclusão de que houve diminuição da precipitação para a mesorregião. Os

maiores valores de precipitação anual foram encontrados para o ano de 2010 para a região compreendida por parte das bacias do rio Mundaú e Paraíba que correspondeu a cheia vivenciada em tal ano.

Foi verificado para os índices de eventos de extremos climáticos (R10, R20 e R25) que há, em sua maioria, tendências negativas significantes para o estado de Alagoas. Particularmente somente o índice R20 apresentou tendência de diminuição dos dias com precipitação iguais ou acima de 20mm em todo o estado. As cidades que compõem o Alto Sertão Alagoano apresentaram tendência de redução do índice R20, fato que pode ser explicado pela desertificação presente em climas Semiáridos. Pode-se observar também o comportamento semelhante entre as tendências de PRCPTOT, R10, R20 e R25.

Constatou-se, que as estimativas do satélite TRMM são coerentes em destacar os regimes observados de precipitação e dos índices de eventos extremos (R10, R20 e R25), estes últimos não apresentando prováveis aumentos de ocorrência.

Sendo assim, a análise dos índices CDD e CWD torna-se importante à medida se almeja efetuar o estudo de estiagens ou cheias de reservatórios, a irrigação e o abastecimento de cisternas presentes na área analisada. Os índices de relacionados aos números de dias de precipitação R10, R20 e R25 se fazem importante a medida que seus resultados podem ser utilizados no estudo das técnicas de drenagem em zonas urbanas, visto que o volume precipitado, em pequena escala de tempo, pode acarretar danos econômicos, sociais e ambientais. Ainda, o índice PRCPTOT tem sua análise baseada na importância do monitoramento anual das chuvas principalmente para as mesorregiões do Sertão e Agreste Alagoano, que naturalmente já enfrentam problemas com a escassez de água.

Por fim, a análise observacional permite atestar mudanças ao longo do tempo na quantidade de dias secos e úmidos consecutivos, precipitação e prováveis ocorrências de eventos de extremos para o estado de Alagoas, com a hipótese levantada mediante a variabilidade dos índices de extremos climáticos obtidos nos resultados desse trabalho, através da aplicação do método estatístico do RCLimDex em séries temporais diárias dos dados de precipitação de 20 anos (período correspondente aos anos de 1998 a 2018), provenientes do satélite TRMM.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Levando-se em consideração o encerramento das atividades do satélite TRMM no ano de 2018, pode ser utilizada uma série temporal de dados mais extensa que os vinte anos analisados nesse trabalho.
- Dado a relevância e o potencial que a técnica de Sensoriamento Remoto possui no campo da estimativa de precipitação, faz-se importante reproduzir a metodologia para o estado de Alagoas com abordagens de outras fontes de estimativas de dados de precipitação, como exemplo a missão *Global Precipitation Measurement* (GPM), e realizar o comparativo com os resultados apresentados nesse trabalho.
- Utilizar o *software* GrADS para manipular e detectar as informações geofísicas dos dados de precipitação para o estado de Alagoas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.; REBELLO, E.; AMBRIZZI, T. (2010) Variabilidade de eventos extremos e identificação de tendências climáticas no litoral Norte do Brasil. In: **XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Belém.

ARAUJO, A.N. **Simulação Hidrológica com Uso de Chuva Estimada por Satélite**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p.163, 2006.

ASSIS, J. M. O.; SOBRAL, M. C. M.; SOUZA, W. M. Análise de detecção de variabilidades climáticas com base na precipitação nas bacias hidrográficas do sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.3, p. 630-645, 2012.

AVILA, A. M. H. Uma síntese do Quarto Relatório do IPCC. Mudanças Climáticas. **Revista Multiciência**, 8ª.ed., p. 163-168, Campinas, 2007).

AZEVEDO, C.D.S. **Análise da estimativa de precipitação PR-TRMM durante a estação chuvosa para os estados de Alagoas e Sergipe**. Dissertação de Mestrado do Programa de pós Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

BARROS, A.H.C.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SILVA, A.B.; SANTIAGO, G.A.C.F. **Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Recife: Embrapa Solos, 2012. E-Book. 32p. ISSN 1678-0892;211. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/950797/climatologia-do-estado-de-alagoas>>. Acesso em: 29 fev. 2020.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. **Apostila de Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2006.

COLLISCHONN, B. **Uso da precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2006.

COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. **Estimativas de precipitação por sensoriamento remoto passivo: desempenho do satélite TRMM na bacia do alto do Paraguai até Descalvados**. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1. (GEOPANTANAL). Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, p. 47-56, 2006.

COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. **Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior**. Revista Brasileira de Cartografia, v.59, n.1, 2007.

COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.5, p. 1321-1334, 2015.

COSTA, S.G.F. **Análise espaço-temporal de chuvas na Paraíba utilizando estimativas do satélite TRMM**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB. 2017.

CRUZ, M.A.S.; SANTOS, A.S.F. Avaliação de mudanças nos padrões temporais de precipitações diárias na região do baixo São Francisco. In: **XII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe**. Aracaju-SE, 2019.

DO SANTOS, E. P.; CORREIA, M. F.; ARAGÃO, M. R. S.; SILVA, F. D. S. Eventos extremos de chuva e alterações no regime hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Uma aplicação do índice RAI (Rainfall Anomaly Index). **Engenharia Ambiental**, v.8, p.315-330, 2011.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FLOREZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ª.ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2011.

FRAGOSO, JR., C. R.; PEDROSA, V. D. A.; SOUZA, V. C. B. D. Reflexões sobre a cheia de junho de 2010 nas bacias do rio Mundaú e Paraíba. In: X Simpósio Regional Brasileiro de Recursos Hídricos. Fortaleza-CE. 2010.

GONÇALVES, L.S. **Relações intensidade-duração-frequência com base em estimativas de precipitação por satélite**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS. 2011.

HUFFMAN, G. J. BOLVIN, D. T.; NELKIN, E. J.; WOLFF, D. B.; ADLER, R. F.; GU, G.; HONG, Y.; The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quase-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. **Journal of Hydrometeorology**, v.8, n.1, p. 38-55, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Contagem Populacional**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2018. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 28 fev. 2020.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução da 2ª.ed. [S.1.]: Parêntese Editora, 2009.

JIMÉNEZ, K.Q. **Modelagem hidrológica com uso da estimativa de chuva por sensoriamento remoto**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS. 2011.

KUMMEROW, C. et al.. The status of the tropical rainfall measuring mission (TRMM) after two years in orbit. **Journal of Applied Meteorology**, p. 1965-1982, v.39, 2000.

LEIVAS, J.F.; RIBEIRO, G.G.; SOUZA, M.B.; ROCHA FILHO, J. Análise comparativa entre os dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados se superfície em Manaus. Anais, In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, 2009.

LEVIZANNI, V.; AMORATI, R.; MENEGUZZO, F. *A review of satellite-bases rainfall estimation methods*. Multiple-Sensor Precipitation Measurements, Integration, Calibration and Flood Forecasting, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Instituto di Scienze dell' Atmosfera e del Clima, Bologna, 66p., 2002.

LIMA, S.T.; SOUZA, J.F.S.; VIEIRA, A.D.S.; SILVA, D.F.; PEREIRA, T.A.S. Análise de tendências em precipitações no Sertão Alagoano: Estudo de caso do município de Delmiro Gouveia. In: **XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Foz do Iguaçu-PR, 2019.

LIU, J.K.; PETER, T.Y. Topographic correction of wind-driven rainfall for landslide analysis in central taiwan with validation from aerial and satellite optical images. In: **Remote Sensing**, 2013, v.5, 2571-2589.

LIU, W.T.S. **Aplicações de sensoriamento remoto**. 2ª.ed. Campo Grande. Editora UNIDERP, 2006. E-Book. 98p. ISBN 85-7704-040-0. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=YNEtCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT811&dq=Sensoriamento+remoto:+princ%C3%ADpios+e+aplica%C3%A7%C3%B5es.&ots=vximw_NBUw&sig=4I5ekchiEk7PGItOlx6A30ywex0#v=onepage&q=Sensoriamento%20remoto%3A%20princ%C3%ADpios%20e%20aplica%C3%A7%C3%B5es.&f=false>. Acesso em: 13 mar. 2020.

LOPES, P.L.; FALCÃO, N.M.; ANDRADE, E. L. **Impactos da seca 2010-2016 em Alagoas**. Parc. Estrat., Brasília-DF, v.22, n.44, 201-212 p., 2017.

LOUZADA, F.L.R. **O Balanço hídrico climatológico com dados estimados pelo satélite Tropical Rainfall Measuring Mission para a bacia hidrográfica do Rio Doce**. 2016. Tese de Doutorado em Recursos hídricos e Geoprocessamento em sistemas agrícolas, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, 2016.

MARENCO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.A.; LACERDA, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande-PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011, p. 383-422.

MORAES, E. C. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 23p. 2002. Disponível em <http://www.esteio.com.br/downloads/2005/edificacoes_clandestinas-GeoBR2005_artigo.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2020.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. NASA. **Instruments**. Disponível em: < <https://pmm.nasa.gov/trmm/trmm-instruments>>. Acesso em: 27 mar. 2020.

NATIONAL SPACE DEVELOPMENT AGENCY OF JAPAN. NASDA. **TRMM Data Users Handbook**. Earth Observation Center, 2001.

PASSOW, M.J. TRMM: Trazendo o sensoriamento remoto de precipitação para sua sala de aula. **Terra e Didática**, v.6, n.1, p. 3-8, 2010.

PEREIRA, G.; SILVA, M.E.S; MORAES, E.C.; CARDOSO, F.S. **Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Brasil**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.18, n.3, p. 139-148, 2013.

PETTY, G.W. The status of satellite-based rainfall estimation over land. **Remote Sensing of Environment**, 51p. 125-137, 1995.

ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D.S.; FERNANDES, A.A.; B. NETO, S.V. **Desempenho dos produtos de estimativa de precipitação do TRMM sobre a América do Sul**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém, 2010.

SALVIANO, M. F.; GROPPPO, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Trends analysis of precipitation and temperature data in Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64-73, 2016.

SANTOS, A. S. P. **Análise de desempenho dos campos de chuvas estimados pelo satélite TRMM na Paraíba, para fins de modelagem hidrológicas distribuídas**. Dissertação Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SANTOS, C. A. C. dos; BRITO, J.I.B. de; RAO, T.V.R.; MENEZES, H.E.A. Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 39-47, 2009.

SANTOS, L. A. R. dos; LUCIO, P. S.; REBELLO, E. R. G.; BALBINO, H. T.; FORTES, L. T. G.; SALES, N. D. de; DINIZ, F. de A.; COSTA, M. C. G.; FERREIRA, D. B.; SALVADOR, M. A.; LEANDRO, I. V.; PAULA, T. P. de. (2006) Caracterização de extremos climáticos utilizando o software RCLimindex. Estudo de Caso: Sudeste de Goiás. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Florianópolis-SC.

SANTOS, E. B.; SANTANA, G. R. A. A influência da temperatura da superfície do mar do oceano pacífico na precipitação pluvial de Penedo-AL. **Revista ambiental-UNEAL**, v.1, p. 1-8, 2013.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, GESTÃO E PATRIMÔNIO. SEPLAND. **Mapa da classificação climatológica do estado de Alagoas 2014**. Disponível em:< <http://dados.al.gov.br/dataset/d8f3ac16-6441-4f45-8c69-a2fc5a4ff8a6/resource/6376058d-00c9-4cb6-a8d0-149987a434ea/download/28clima.png>>. Acesso em: 29 fev. 2020.

SILVA, A. N. B. **Índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia oriental**. Dissertação Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

SILVA, M. A. V. **Meteorologia e Climatologia**. Recife/PE: INMET, 2006.

SILVA, G. B.; MELO, E.C. S.; AZEVEDO, P. V. (2006) Tendência dos índices no setor semiárido do Estado da Bahia. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Florianópolis.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. (2010) Tendências observadas nos índices extremos diários de temperatura e precipitação na cidade do Rio de Janeiro. In: **XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Belém.

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

SOARES, A.S.D. **Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no estado da Paraíba**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2014.

TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION (TRMM). **TRMM (TMPA) Rainfall Estimate L3 3 hour 0.25 degree x 0.25 degree V7**. Greenbelt, MD: Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5067/TRMM/TMPA/3H/7>. Acesso em: 10 ago. 2019.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre. Editora da UFRGS/ABRH, 2000.

ZHANG, X.; YANG, F. **RclimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch Environment. Canada. Downsview (Onatario, Canada), 22p., 2004.

7. ANEXOS

ANEXO A

Tabela 5- Lista dos 27 índices climáticos básicos da ETCCDMI.

	ID	Nome do Indicador	Definição	Unidade
TEMPERATURA	FD0	Dias de geadas	Número de dias em um ano quando TN(mínimo diário) < 0°	dias
	SU25	Dias de verão	Número de dias em um ano quando TX(máximo diário) > 25°	dias
	ID0	Dias de gelo	Número de dias em um ano quando TX(máximo diário) < 0°	dias
	TR20	Noites tropicais	Número de dias em um ano quando TN(mínimo diário) > 20°	dias
	GSL	Duração da estação de cultivo	Contagem anual (01/01 a 31/12 no HN, 01/07 a 30/06 no HS) entre o período de no mínimo 6 dias com TG>5°C e primeiro período após 1 de julho (1 de janeiro no HS) de 6 dias com TG<5°C	dias
	TXx	Max Tmax	Valor mensal máximo de temperatura máxima diária	°C
	TNx	Max Tmin	Valor mensal máximo de temperatura mínima diária	°C
	TXn	Min Tmax	Valor mensal mínimo de temperatura máxima diária	°C
	TNn	Min Tmin	Valor mensal mínimo de temperatura mínima diária	°C
	TN10p	Noites frias	Percentual de dias quando TN<10 percentil	dias
	TX10p	Dias frios	Percentual de dias quando TX<10 percentil	dias
	TN90p	Noites quentes	Percentual de dias quando TN>90 percentil	dias
	TX90p	Dias quentes	Percentual de dias quando TX>90 percentil	dias
	WSDI	Indicador da duração de períodos quentes	Contagem anual de dias com pelo menos 6 dias consecutivos em que TX>90percentil	dias
	CSDI	Indicador da duração de períodos frios	Contagem anual de dias com pelo menos 6 dias consecutivos em que TN<10percentil	dias
	DTR	Amplitude diária de temperatura	Diferença média entre as temperatura máxima e mínima	°C
PRECIPITAÇÃO	Rx1day	Quantidade máxima de precipitação em 1 dia	Máximo mensal de precipitação em 1 dia	mm
	Rx5day	Quantidade máxima de precipitação em 5 dias	Máximo mensal de precipitação em 5 dias consecutivos	mm
	SDII	Índice simples de intensidade diária	Precipitação anual total dividida pelo número de dia úmidos (definidos por PRCP ≥ 1mm) em um ano	mm/dia
	R10	Número de dias com precipitação intensa	Número de dias no ano em que PRCP ≥ 10mm	dias
	R20	Número de dias com precipitação muito intensa	Número de dias no ano em que PRCP ≥ 20mm	dias
	Rnn	Número de dias c/ precipitação acima de "nn"	Número de dias no ano em que PRCP ≥ "nn" mm ("nn" definido pelo usuário)	dias
	CDD	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias consecutivos em que RR<1mm	dias
	CWD	Dias consecutivos úmidos	Número máximo de dias consecutivos em que RR ≥ 1mm	dias
	R95p	Dias muito úmidos	Precipitação anual total em que RR>95 percentil	mm
	R99p	Dias extremamente úmidos	Precipitação anual total em que RR>99 percentil	mm
	PRCPTOT	Precipitação total anual nos dias úmidos	Precipitação total anual nos dias úmidos (RR ≥ 1mm)	mm

Fonte: Adaptado de RCLimDex User Guide (Zhang e Yang, 2004).

ANEXO B

Quadro 1 - Tendências ao ano para o índice CDD [dias/ano].

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sertão	38	68	35	44	84	59	44	81	145	54	59	179	47	77	58	97	91	89	179	176	98	117
	39	56	32	44	69	85	57	96	93	65	46	181	63	52	49	52	151	57	141	177	88	117
	40	37	33	52	83	85	68	55	137	55	41	149	53	131	56	66	75	57	168	106	127	114
	42	73	25	30	29	37	49	39	88	54	73	116	68	105	96	113	77	71	102	74	62	115
	43	68	33	41	82	84	49	96	145	54	79	116	52	76	97	89	151	65	102	173	161	117
	44	51	34	41	82	62	49	101	146	53	80	116	55	84	53	92	78	58	167	137	151	117
	45	47	43	51	82	85	50	63	137	66	80	120	55	55	53	90	92	43	128	139	127	78
	46	55	22	50	62	29	81	65	144	64	144	113	68	76	53	111	112	66	168	203	91	98
	47	46	23	42	69	30	45	50	110	89	156	116	54	123	95	89	153	58	131	83	100	116
	48	53	27	41	84	36	54	70	138	62	143	116	64	84	52	137	142	66	131	83	162	116
	49	57	52	41	57	58	49	89	94	55	80	149	55	65	83	144	78	58	172	95	112	116
	51	87	43	38	83	111	81	100	144	130	151	60	59	95	95	98	76	44	166	204	90	125
	52	46	32	41	81	64	60	100	144	143	94	112	68	123	96	102	82	58	168	83	150	117
	53	68	35	41	82	87	57	71	137	62	142	116	78	51	136	148	53	60	131	95	153	117
	54	40	25	41	73	60	53	62	137	98	79	116	78	97	135	173	78	66	132	144	196	117
	55	58	47	83	108	127	75	74	162	137	74	160	123	140	96	211	77	94	169	144	240	208
56	71	46	41	68	133	125	96	76	99	143	147	123	131	91	259	46	86	177	101	128	194	
Agreste	20	54	43	26	40	41	52	62	66	58	33	141	70	46	46	47	192	41	97	79	78	99
	21	42	28	26	43	69	47	97	104	46	72	58	119	46	44	83	154	47	70	56	65	72
	22	37	31	31	41	51	44	31	113	78	55	58	70	50	46	79	82	54	90	65	73	98
	27	54	26	31	49	68	59	97	104	42	82	43	57	48	45	110	56	40	90	57	53	114
	28	37	23	31	45	41	52	63	104	45	102	58	56	77	59	89	82	53	107	51	87	116
	29	54	29	23	57	51	60	41	108	53	48	164	61	45	37	65	134	42	107	57	61	76
	33	44	19	31	49	68	40	93	104	44	40	111	47	77	80	110	70	54	90	56	61	117
	34	43	30	35	44	44	41	65	104	44	63	131	55	45	39	127	42	46	108	57	51	116
	35	37	30	31	55	68	36	48	113	53	30	174	61	45	39	65	131	43	92	54	61	77
	36	37	26	35	29	48	44	61	72	43	103	91	48	44	23	78	44	42	50	54	52	76

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Leste	1	33	38	23	35	35	32	21	98	52	41	36	77	28	48	74	74	28	44	39	32	33
	2	20	37	43	50	43	32	29	143	48	71	53	112	52	47	77	82	28	65	39	64	74
	3	34	23	43	58	29	35	60	54	45	32	50	51	52	52	68	125	26	68	34	55	37
	4	36	30	37	53	59	26	38	54	61	33	52	27	42	62	43	45	27	55	32	36	37
	5	36	26	43	46	99	33	62	47	36	68	55	93	52	54	59	82	43	68	54	54	62
	6	36	24	26	42	59	40	22	108	45	45	85	63	47	52	77	63	23	68	43	53	37
	7	37	29	22	58	87	32	94	111	45	51	43	79	52	33	51	63	36	63	53	33	38
	8	37	30	20	37	52	26	60	54	47	25	41	29	42	33	27	84	28	63	33	86	38
	9	20	27	23	38	65	35	77	102	36	31	123	69	52	56	52	102	33	43	54	56	70
	10	36	19	24	43	59	34	42	58	47	40	134	51	46	46	41	42	35	51	31	32	50
	11	37	23	22	41	27	29	69	72	47	63	53	67	46	54	37	45	40	47	32	38	50
	12	37	29	27	41	67	29	32	54	47	67	42	51	50	34	57	115	39	47	60	56	38
	13	28	30	18	35	36	25	47	82	36	68	53	48	46	24	66	40	28	54	36	37	29
	14	51	35	42	43	167	45	91	71	82	113	79	69	41	73	65	102	67	107	79	78	120
	15	43	21	33	34	39	43	33	56	49	33	141	39	40	37	70	91	59	97	56	56	99
	16	52	30	30	50	85	40	60	56	58	41	102	68	52	42	49	101	47	47	66	43	55
	17	52	29	31	39	51	54	36	58	77	46	104	53	57	44	47	124	36	113	63	43	98
	18	36	42	36	51	28	51	135	82	43	70	104	136	58	41	57	99	43	70	45	116	116
	19	28	27	20	23	30	26	30	82	58	67	19	135	49	46	54	154	35	70	39	115	47
	23	37	29	39	68	60	62	33	122	94	63	194	104	41	33	76	134	35	97	60	61	116
24	38	25	33	36	42	33	42	114	85	100	108	70	40	47	63	75	54	47	86	52	116	
25	38	28	31	35	51	62	39	78	43	59	54	53	37	36	69	54	43	54	44	40	116	
30	37	25	27	35	38	26	27	113	43	88	52	61	38	34	63	99	46	54	51	42	116	
31	37	27	33	36	26	33	50	71	49	40	78	48	40	39	81	81	43	54	51	62	76	

Fonte: Autora (2020).

ANEXO C

Quadro 2 - Tendências ao ano para o índice CWD [dias/ano].

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sertão	38	3	5	5	3	7	4	14	7	7	7	6	6	3	3	3	5	4	3	5	2	3
	39	3	4	7	3	4	3	11	4	5	7	7	7	6	3	2	4	3	3	7	2	3
	40	3	4	7	3	4	3	11	5	4	4	7	7	4	3	3	3	4	4	5	3	3
	42	3	5	6	3	11	9	9	6	7	7	15	6	6	6	4	5	8	4	11	3	4
	43	3	3	8	3	11	6	9	7	7	7	9	7	9	5	4	5	5	3	5	2	4
	44	2	2	7	3	7	5	11	4	4	6	7	9	6	4	3	4	4	3	7	2	3
	45	2	4	8	3	6	3	11	6	6	7	8	4	7	2	3	4	4	2	8	2	3
	46	3	6	8	5	9	4	12	11	4	7	19	6	5	8	2	6	7	4	8	3	4
	47	3	4	5	3	9	7	12	4	3	7	6	6	6	7	4	6	7	4	7	2	4
	48	3	2	8	4	7	7	11	4	5	8	6	8	6	7	2	6	5	4	7	2	4
	49	2	2	5	3	7	5	11	7	3	7	6	8	4	5	3	4	5	4	7	2	3
	51	3	6	8	5	9	4	15	9	4	12	9	7	7	8	2	6	7	4	6	2	7
	52	3	5	8	5	9	3	11	4	3	7	7	6	5	7	3	5	5	4	7	2	5
	53	3	3	8	4	9	5	12	6	4	4	7	4	4	3	3	5	4	4	5	2	3
	54	3	2	3	4	11	5	8	6	5	7	6	4	4	5	3	5	5	4	6	2	3
	55	3	3	8	3	10	6	8	6	4	5	8	5	7	7	3	5	5	4	9	3	4
56	3	2	8	4	6	3	6	5	5	4	5	8	5	3	2	5	4	4	7	2	2	
Agreste	20	3	5	8	3	14	3	11	9	5	6	7	7	6	8	2	4	3	4	5	2	5
	21	3	6	7	4	6	3	12	6	5	6	6	5	6	8	3	3	3	3	4	3	2
	22	3	5	7	3	6	3	11	6	3	4	8	5	8	4	2	3	4	4	3	3	3
	27	3	4	7	3	6	3	11	7	5	6	18	5	8	8	2	4	3	3	5	3	5
	28	3	3	8	3	8	4	11	6	3	6	9	4	8	5	3	4	3	3	5	3	2
	29	3	4	8	3	9	4	11	3	3	4	5	6	8	4	2	4	3	4	3	4	4
	33	3	5	6	4	6	4	11	7	5	9	7	8	8	5	3	5	4	3	6	3	3
	34	3	5	6	3	7	3	11	6	2	6	8	6	8	3	3	4	4	4	5	2	3

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	35	3	3	7	2	10	4	11	4	3	5	6	4	6	4	2	4	3	3	3	4	4
	36	4	5	7	3	9	4	11	5	4	5	8	9	4	6	3	3	3	3	3	3	3
Leste	1	3	4	8	3	5	6	5	3	3	6	6	3	3	8	3	4	4	3	4	5	4
	2	4	4	6	2	6	5	5	4	4	5	10	4	6	8	3	4	5	4	2	4	5
	3	5	6	10	5	5	6	6	6	3	4	6	5	4	11	3	4	5	7	3	8	4
	4	6	6	6	4	5	4	7	4	4	5	5	6	5	11	4	4	5	6	4	8	5
	5	4	4	6	3	8	4	7	4	3	4	8	6	5	8	2	5	3	4	4	6	4
	6	6	6	9	4	9	6	5	6	3	4	9	5	4	9	3	4	3	5	3	8	4
	7	5	9	6	4	8	4	6	5	4	4	4	5	4	8	3	4	3	7	4	5	3
	8	5	6	9	4	8	3	9	7	3	4	5	5	7	5	3	5	6	8	2	6	5
	9	4	7	6	3	14	3	10	4	3	6	7	4	7	8	3	4	3	5	5	9	4
	10	6	5	6	3	10	6	10	5	4	6	6	6	6	9	3	3	6	4	3	5	4
	11	3	7	9	3	9	4	10	3	4	5	5	6	5	6	3	3	3	6	5	6	4
	12	5	6	10	4	6	4	10	7	4	4	10	5	4	5	3	3	3	5	3	4	5
	13	5	6	7	3	8	3	6	5	4	4	6	7	5	5	3	3	3	8	2	4	5
	14	3	4	6	3	8	3	11	4	3	6	18	5	6	7	3	3	5	4	5	3	3
	15	4	7	6	4	7	5	11	7	4	6	12	6	6	9	3	4	3	3	5	3	4
	16	3	6	8	3	6	5	10	6	4	5	12	7	6	5	3	4	3	4	6	3	3
	17	3	6	7	3	10	3	10	5	3	5	8	5	6	5	2	4	3	4	3	4	3
	18	3	3	6	3	8	4	10	5	5	4	7	5	6	6	3	4	3	3	2	4	4
	19	6	5	6	3	9	2	10	5	3	5	9	9	3	6	3	4	4	4	3	4	3
	23	3	3	8	3	10	3	11	5	4	4	5	5	8	6	3	4	3	4	4	4	2
24	4	4	6	4	9	4	10	5	4	4	11	9	3	6	2	4	3	4	3	4	4	
25	5	5	6	3	5	3	6	4	3	4	7	10	3	5	3	3	3	4	3	3	3	
30	5	4	7	3	9	4	6	6	4	4	10	9	5	6	3	4	3	4	3	4	4	
31	6	4	5	4	6	4	6	5	4	4	7	8	3	5	2	3	3	4	2	3	3	

Fonte: Autora (2020).

ANEXO D

Quadro 3 - Tendências ao ano para o índice PRCPTOT [mm/ano].

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sertão	38	262,8	392,2	724,7	324,8	669,7	300	678,2	743,5	579,9	550,3	597,2	641	698,9	408,5	78,9	503,8	366,5	218,8	326,3	213,6	361,7
	39	266,7	398	699,2	325,7	589,4	243,4	596,5	807,6	541,6	637,7	562	609,7	620,9	390,2	99	429,2	405,3	166,6	306,5	270,2	354,8
	40	312	508,8	611,5	394,6	587,8	369,2	590,4	658,4	440,2	531	539	679,7	531,1	350,9	113	344,4	281,4	131,2	257	291,4	332,9
	42	144,7	514,1	573,2	486,6	729,2	611,1	684,4	764,3	494,5	455,8	630,7	636,8	738,1	485,7	149,2	453,4	360,1	220,7	319,8	188	426,3
	43	209,2	400,1	571,2	345,2	609	387,2	593,3	789,9	457,1	483,9	617,6	596,3	652,6	349,7	99,6	511,8	388,1	166,3	251,9	181,7	385,2
	44	252,2	384,5	646,3	326,7	603,4	397,8	570,1	738,9	493,3	629,7	538,9	613,6	571,3	331,2	155,4	408,4	410	113,8	249,8	149,8	360,6
	45	259,9	466,1	632,7	350,2	605,8	361,5	628,6	719,5	369,3	547,6	493,5	623,8	546,7	362,8	169,8	383,4	343,4	104,6	251,9	190,8	323,1
	46	141,8	449	654,9	414,1	672	510	742,5	715,6	482,7	419,5	647,6	746,9	785,9	556,7	100,6	358,1	488,5	229,1	405,9	254	469,7
	47	139,2	463,3	541,9	433,6	602,7	567,9	688,7	758,5	425,4	395,6	614,7	677,2	706,4	505,9	146,8	449,8	369,7	201,8	336,4	208,8	431,3
	48	158,3	412,7	496,1	340,3	559,6	473	577,7	813,7	396,7	332,1	551,6	554,7	669,1	391,9	92,8	386	316,8	148,1	291,6	128,1	379,9
	49	180,5	318,4	523,5	331,5	542,5	395,9	594,5	765,2	394,4	455	510	552,8	546,2	334,1	96,3	388,1	320,5	133,3	233,4	122,2	361,3
	51	126,5	430,9	659,9	437	599,1	422,5	671,8	787,1	472,7	403,8	685,2	760,9	710,6	531,1	87,8	384	407,4	226,6	382,2	233	460,9
	52	137,5	448,6	589,9	403,8	545,2	382,5	570,1	769,1	406,1	380,8	604,3	647,4	528,2	499,3	105,2	373,9	340,1	152,2	323,6	191,4	437,6
	53	141,2	399,8	489,3	343,2	518,1	362,7	552,1	822,2	326,2	373	519,4	570,8	519,3	389,8	113,6	296,6	301,7	172,2	268,2	134,8	392,7
	54	155,2	359,3	471	277,1	558,5	358,8	598,9	829	323,9	288,6	439,1	550,4	439,2	457	108,4	371	288,8	196,2	245	163,6	357,5
	55	129,1	392,6	606,9	349	520,2	343,2	593	733,9	424,8	291,8	494,6	615,9	444,7	428,7	80,5	317,7	292,9	159,2	309,5	113,6	422,5
56	111	383,1	587,9	359,8	530,9	317,4	525,6	880,1	418	271,5	471	625,4	426	385	85,4	290,5	265	172,5	283,2	132,3	420,7	
Agreste	20	281,1	510	1276	527,4	771,7	438,6	903,4	821,5	579,6	538,6	758,9	681,5	1059	504,6	123	556	429,1	409	450,3	391,7	559,3
	21	316,2	537,6	1245	463,5	943,5	452,9	925,5	635,6	689,4	486,3	929,4	712,5	906	541,7	134,6	578,5	427,6	474	377,4	441,5	490,5
	22	373	558,6	1269	469,4	1049	379,1	953,4	761,3	659,6	563	836,7	782,8	905,7	645,8	173,3	522,8	442	501,9	284,9	523	525,8
	27	253,1	518,9	1022	377,9	786,8	327,2	828,8	646,9	596,6	487,6	907,9	729,7	871,1	445,3	131,7	560,6	352,3	302,9	292,8	339,7	456,8
	28	324,4	495,7	943,2	369	874,2	294,2	925,8	623,8	575	569,3	846,8	717,2	810,7	403,5	118	485,3	325,9	310,4	261,3	437,8	406,4
	29	398,7	580,5	1003	407,6	918	279,5	835,5	709,3	522,9	532,1	793,3	757,2	749,8	465,4	135,3	413	302,2	320,4	260,1	646,8	317,1
	33	301,7	568,9	818	367,9	624,6	312,3	721,9	635,4	666	527,1	809,2	696,3	799,9	434,2	114,5	492,4	244	235,2	313,6	271,8	424,6
	34	327,4	567,1	847,5	351,7	687,5	294,7	682,8	586,3	433,2	513	782,6	629,7	687,9	404,9	112,8	444,1	282,8	252,2	294,1	359,3	397,9

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	35	357,6	577,3	853,1	414,7	730,1	307,2	721,8	574,1	444,7	558,4	775,8	721,9	675,9	460,2	128,2	417	280,9	245,1	333,1	505,7	336,2
	36	636,7	838,6	976,6	530,4	997,3	424,4	772,9	597,2	523,5	537,1	686,6	770,8	699,3	619,6	219,7	423,8	316,6	371,4	369,4	726,2	374,4
Leste	1	561,1	749,5	2180	529,4	1206	678,7	1092	897,2	659,6	659,6	879,4	1150	925,4	1318	400,9	1211	689,9	763,4	714,1	1067	897,1
	2	584,8	754,8	1856	458,3	1051	612,2	974,1	815,8	730,4	588,8	858	1051	991,6	1069	268,7	1019	505,3	565,4	598,1	872,4	821,1
	3	739,5	868,1	1868	589,1	1169	677,5	1182	801,5	695,3	513	1061	1090	1060	1025	288,6	915,5	638,5	741,9	723,8	786,4	692,7
	4	656,2	855,4	1898	713,7	1306	725,8	1226	899,2	788,1	620,7	1217	1157	996,8	1029	505,1	1259	862,8	895,5	761,6	1077	966,2
	5	653,7	735,2	1787	633,5	1014	606,8	1128	738,4	829,5	594,1	932,9	998,6	1046	1073	296,4	849,5	580,4	583,7	560,1	872,7	727
	6	612,8	953,1	1748	728,1	1074	764,2	1059	655,4	788,2	519,9	926	1012	997,8	974,1	307,7	817,7	621,1	604,1	644	792,9	675,7
	7	531,9	912,9	1640	630,9	1214	653	966	731,8	670,4	560,1	1034	1047	848,1	888,7	328,4	827,4	695,6	776,6	628,9	905,6	715,7
	8	548,5	852,4	1713	587,2	1309	560,8	978,7	904,2	994,8	697,5	1283	1152	960,2	910,1	406,9	1183	652,5	842,4	668,3	1131	846,3
	9	465	637,7	1549	611,6	931,6	634,7	1037	830,9	774,5	579,9	808,5	909,9	1081	984,1	278,3	761,1	440,7	483,1	492,6	844,6	692,4
	10	681,5	871,9	1582	724,7	1039	642,9	1061	868,5	720,9	506,1	868,2	946,4	993,7	883,9	236,7	729,3	532,1	571,9	634,9	842,4	730,1
	11	542	832,1	1496	623,1	1276	620,9	962,5	707	715	534	962,3	925,8	873,6	717,7	255,9	699	459,9	690,8	559,9	772,1	650,4
	12	560,1	861,4	1603	527,1	1254	500,5	973,3	684,8	685,5	482,1	1003	900,5	860	772,2	260,1	616	412,1	619,7	422,9	697,6	773,2
	13	535,4	823,6	1473	672,9	1222	463,9	1008	794,8	833,1	552,6	1094	844,2	925,8	854,5	394,1	608,5	476,5	706,5	406,5	664,9	668,4
	14	253,2	461,5	1211	419,7	797,2	481,1	897,5	937	768,1	507,9	752,4	730	1136	686,3	190,7	555,6	431	359,5	389,7	545,3	501,2
	15	420,4	629,2	1364	596,1	1008	508,1	950,4	910,4	743,1	529,8	839,8	867,9	1102	691,3	152,9	715,6	461,4	509,5	492,3	597,1	550,6
	16	402,3	631,5	1395	585,1	1160	511,7	1030	771,5	692,3	561,1	997,2	894,3	952,7	681,2	184,2	613,9	472,1	629,1	433,9	658,3	580,6
	17	416,9	623,4	1309	386,1	1128	446,8	1022	753,3	650,9	545,1	890,3	858,1	845,4	679,5	145,6	499,4	460,4	469,8	314	632,9	590,2
	18	317,3	645,8	1209	456,7	1071	331,5	1064	622,7	628,4	508,6	902,6	809,7	776,6	715	213,4	571	317,3	402,3	262,3	470,2	483,9
	19	427,9	839,3	1231	729,7	1233	361,8	932,6	699,6	561,6	495,3	1033	813,1	809,1	724,3	330,4	429,8	399,7	545,7	285,7	588,2	407,3
	23	369,1	615,6	1083	569	994	325,2	938,1	728,5	633,3	475,2	878	805,7	760	594,5	160,8	468,2	305,8	431,8	239,5	479,9	366,2
	24	484,6	743	1125	576,3	1166	359,7	849,9	691,8	419,2	471,8	852,3	851,3	689,9	783	278,8	365,5	235,9	455,8	301	633,4	341,5
25	496,6	822,8	1120	548,5	1173	384,5	781,8	713,7	401,9	428	829,8	805,3	698,9	665,5	346,6	411,6	250,1	414,6	332,9	683,6	327	
30	579,9	801,9	1091	516,8	1138	423,3	776,9	676,9	651,1	442,3	801,3	825,5	720,7	625,2	219,2	430,4	234,9	414,9	350,9	741,5	308,7	
31	629,7	878,4	1055	691,6	1164	390,2	752,5	639,9	461,4	432,7	654,9	830,1	631,3	581,2	246	363,3	372,1	501,7	340,6	679,8	277,1	

Fonte: Autora (2020).

ANEXO E

Quadro 4 - Tendências ao ano para o índice R10 [dias/ano].

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sertão	38	7	13	22	14	23	14	22	24	20	20	22	19	18	13	2	16	11	5	13	7	13
	39	7	12	20	13	15	13	16	27	20	21	20	23	18	10	3	17	12	6	11	5	14
	40	9	16	23	11	21	9	18	15	15	18	24	20	17	12	2	13	10	4	10	5	12
	42	3	18	20	18	21	19	23	24	18	18	19	24	20	15	6	14	9	7	11	6	14
	43	7	13	17	13	17	16	18	26	15	20	20	17	19	10	3	17	9	5	8	4	13
	44	12	14	23	12	19	18	17	26	22	25	21	22	16	11	4	14	10	3	8	4	9
	45	10	13	22	13	16	12	19	17	17	18	23	19	14	9	5	15	9	3	7	3	11
	46	2	12	22	13	26	16	23	21	21	16	22	28	23	17	2	12	13	8	13	10	15
	47	1	15	19	17	24	19	24	29	13	15	20	24	17	16	6	13	12	8	13	8	12
	48	2	16	15	13	24	14	20	27	14	13	19	19	17	12	2	11	12	5	8	6	13
	49	5	14	16	14	17	14	14	24	16	14	18	18	20	11	2	14	9	4	8	4	10
	51	2	14	23	13	20	14	21	25	16	14	22	27	22	15	1	14	16	6	12	11	20
	52	2	15	20	13	23	15	15	26	13	15	20	20	16	15	2	14	12	5	11	7	13
	53	3	15	14	12	20	14	15	26	15	15	17	15	18	11	2	9	11	5	7	5	11
	54	4	16	16	9	18	14	14	22	11	9	14	14	13	13	2	15	8	6	9	5	10
	55	3	12	17	12	12	10	16	23	14	11	15	16	13	9	1	9	10	7	13	4	13
56	3	11	17	6	19	10	14	23	15	10	15	14	11	12	2	13	10	7	12	3	14	
Agreste	20	7	18	37	19	26	14	29	20	22	20	26	25	28	18	4	12	11	13	17	11	17
	21	12	17	39	18	28	15	25	17	21	14	24	17	21	17	5	18	11	14	12	14	14
	22	9	14	39	16	32	17	29	22	19	18	22	19	18	20	5	16	14	12	11	14	14
	27	8	19	31	12	26	9	27	20	21	15	29	25	24	19	4	18	11	10	9	10	14
	28	9	14	31	12	25	9	30	18	24	20	22	23	19	14	4	16	10	11	7	13	16
	29	13	14	32	16	23	11	21	19	16	22	22	28	22	17	5	15	11	11	8	16	11
	33	9	17	23	13	25	10	26	22	22	21	29	22	22	13	2	17	7	9	10	9	16
	34	11	17	28	13	23	11	21	20	18	18	24	21	20	15	3	17	8	10	11	9	17

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	35	12	14	29	11	26	8	22	18	20	19	24	23	23	17	3	17	8	9	9	12	13
	36	14	16	29	14	27	15	24	15	14	18	18	25	19	22	7	16	8	11	12	15	10
Leste	1	17	21	40	14	29	18	29	16	20	19	24	25	26	29	12	25	13	17	20	26	22
	2	12	20	38	17	26	20	28	17	22	12	21	22	24	26	9	19	8	14	14	18	18
	3	21	21	42	18	22	16	30	17	18	8	23	28	22	25	6	21	14	18	14	25	22
	4	22	19	37	21	29	18	32	19	25	14	21	30	21	24	13	32	22	22	14	27	26
	5	17	20	39	21	31	20	29	19	28	13	24	26	27	24	8	20	13	18	17	25	20
	6	16	27	39	21	26	21	27	16	26	15	21	27	26	22	6	20	17	15	13	27	20
	7	14	20	35	11	25	14	21	14	23	11	16	29	17	22	8	15	16	18	9	23	17
	8	14	20	40	19	25	15	24	21	21	17	21	28	21	25	12	29	16	23	16	35	22
	9	12	19	41	17	30	21	31	22	29	15	25	29	22	21	9	15	12	18	13	20	23
	10	19	28	40	24	27	18	25	22	23	15	18	25	24	20	7	16	14	15	19	27	25
	11	13	22	42	18	35	20	24	16	20	14	15	23	21	21	8	17	11	17	15	22	18
	12	15	25	41	17	25	15	20	15	12	12	18	24	20	22	7	16	10	15	11	23	15
	13	12	17	38	25	32	11	21	14	13	14	21	22	17	23	11	18	14	18	10	22	15
	14	7	17	29	17	28	15	30	24	25	19	23	28	23	21	7	13	12	13	11	11	16
	15	18	17	33	19	26	16	28	23	26	18	26	24	30	22	6	16	13	14	16	18	17
	16	13	20	36	16	30	13	30	20	21	17	24	24	24	19	6	16	13	16	15	23	18
	17	11	15	39	12	29	13	25	19	16	14	21	21	19	19	5	13	9	13	11	19	16
	18	11	14	37	19	25	7	27	16	13	14	19	20	16	16	8	12	9	8	7	12	11
	19	8	17	36	18	32	9	23	18	14	11	21	21	15	20	7	9	8	13	8	22	15
	23	11	14	33	17	25	14	25	20	18	12	24	24	17	21	6	13	12	10	9	14	13
	24	11	16	34	16	23	10	24	14	10	13	18	26	15	18	6	15	6	12	12	18	13
25	12	18	30	11	25	13	20	16	10	12	19	21	19	18	7	13	4	11	12	19	12	
30	13	17	31	17	22	13	23	14	19	14	19	23	18	19	7	19	3	13	11	16	14	
31	12	22	27	18	20	12	21	12	11	10	16	17	15	18	4	14	10	16	9	18	12	

Fonte: Autora (2020).

ANEXO F

Quadro 5 - Tendências ao ano para o índice R20 [dias/ano].

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sertão	38	5	6	15	4	10	2	12	14	7	9	11	6	9	4	1	11	4	1	4	4	4
	39	5	4	12	6	11	2	13	12	8	14	10	9	11	2	2	5	6	1	3	3	5
	40	4	6	10	8	9	6	13	9	3	9	9	10	11	5	1	6	2	0	2	3	4
	42	0	6	11	6	8	6	14	14	5	5	11	10	12	5	2	9	5	1	4	3	7
	43	3	5	8	4	9	4	12	13	6	8	12	9	9	5	1	12	5	2	5	2	7
	44	2	7	12	3	7	4	12	9	5	8	10	7	11	5	2	9	6	0	3	2	7
	45	2	5	11	5	9	5	13	10	2	9	10	11	9	4	3	7	4	1	3	2	6
	46	1	4	10	5	7	8	12	9	6	3	8	10	12	5	1	5	8	2	7	4	4
	47	0	5	7	5	8	7	11	12	5	5	11	12	9	8	1	8	4	2	5	3	6
	48	1	3	5	5	7	2	10	13	4	3	12	9	11	5	2	7	3	0	2	2	7
	49	2	4	8	4	10	7	11	11	4	6	10	9	8	5	1	5	3	1	1	2	5
	51	1	6	8	7	9	6	11	9	4	6	11	12	9	6	1	4	6	3	5	3	5
	52	0	5	9	4	9	5	11	9	5	4	9	10	6	6	1	5	4	2	4	3	7
	53	0	5	4	4	7	5	8	11	6	6	10	8	8	8	2	5	4	1	5	3	8
	54	0	3	5	3	9	5	9	11	4	3	6	5	7	6	2	4	3	3	2	2	5
	55	0	5	6	5	9	4	10	11	7	2	7	9	4	6	1	7	5	1	2	2	6
56	0	4	7	5	7	5	7	10	7	5	7	8	4	7	2	5	4	0	4	2	7	
Agreste	20	4	5	19	11	13	5	13	13	7	10	12	11	10	8	1	8	4	6	5	4	6
	21	3	7	19	9	16	4	14	10	9	10	15	10	11	8	1	11	4	5	4	5	5
	22	5	7	24	6	14	3	15	14	10	11	14	12	12	10	2	9	5	7	5	7	7
	27	1	6	13	4	10	4	14	10	8	7	15	13	12	6	2	9	5	3	4	5	9
	28	4	5	14	4	11	3	16	10	10	11	14	12	12	6	1	6	4	2	4	5	5
	29	5	8	18	7	13	3	14	13	7	8	12	12	10	7	1	5	5	2	4	10	5
	33	2	8	17	6	8	3	13	9	10	7	16	11	13	6	1	9	2	2	2	3	5
	34	5	6	14	3	10	3	16	11	4	9	17	9	11	4	1	7	7	1	2	3	5

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	35	5	6	14	7	11	5	14	10	2	9	12	9	10	9	1	6	5	0	5	7	3
	36	6	7	15	8	18	7	14	10	10	11	11	11	10	10	3	5	2	3	3	5	4
Leste	1	6	11	28	6	11	7	16	10	11	6	16	19	15	17	4	16	7	9	9	11	11
	2	7	15	22	6	16	8	19	9	12	7	12	15	12	13	4	14	5	8	9	9	13
	3	7	13	26	7	14	10	18	10	14	3	13	19	12	15	3	12	6	11	9	11	9
	4	8	12	27	10	16	9	20	12	9	8	13	18	15	14	7	19	10	11	9	14	14
	5	7	8	28	10	15	12	15	9	18	9	14	17	13	13	4	13	8	8	10	12	10
	6	5	11	26	11	15	10	12	8	13	5	12	16	15	14	3	9	5	6	8	11	8
	7	6	12	23	6	16	6	11	10	9	6	12	19	13	10	3	10	8	9	7	17	9
	8	7	8	24	9	15	7	12	11	13	6	15	17	13	14	6	11	4	11	9	16	10
	9	4	9	20	9	17	8	12	13	17	9	12	17	14	12	6	11	5	8	8	12	10
	10	8	9	20	10	17	7	14	12	15	7	12	16	15	14	2	8	6	9	10	15	8
	11	6	9	20	6	18	8	12	10	11	11	12	13	8	11	2	7	4	8	8	14	8
	12	8	10	23	10	16	4	8	9	8	7	12	15	11	10	4	6	4	5	7	8	8
	13	7	8	21	7	20	5	11	8	11	6	15	12	13	11	6	6	5	9	6	9	6
	14	4	6	16	5	14	4	16	15	12	10	16	11	14	11	3	7	6	4	6	7	6
	15	3	6	14	13	18	5	16	13	18	9	17	14	13	10	2	12	6	8	6	11	7
	16	5	9	22	10	16	7	17	15	11	8	14	13	10	9	2	9	3	7	9	11	5
	17	6	7	20	7	16	7	14	9	12	6	13	14	12	9	2	5	2	6	4	8	6
	18	3	6	24	8	13	3	17	12	9	9	14	15	10	12	3	8	4	5	3	7	5
	19	3	9	21	10	19	6	14	8	5	8	16	13	11	10	5	4	3	5	1	8	5
	23	6	6	20	8	12	4	17	14	7	8	9	15	9	10	3	6	4	6	3	4	4
24	3	9	18	9	12	5	14	7	6	8	10	13	8	13	4	4	3	3	2	8	3	
25	3	10	18	6	14	6	10	7	4	4	12	15	9	11	3	9	1	2	2	8	3	
30	6	6	15	10	14	6	13	5	10	8	11	14	12	9	4	6	1	3	4	7	2	
31	6	8	17	9	14	6	13	7	6	5	9	14	9	10	2	6	3	3	5	5	3	

Fonte: Autora (2020).

ANEXO G

Quadro 6 - Tendências ao ano para o índice R25 [dias/ano].

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sertão	38	3	5	12	2	6	1	10	9	7	7	8	6	8	3	0	8	4	1	2	3	4
	39	4	3	10	4	8	0	10	9	6	10	6	6	10	1	2	5	4	1	2	3	3
	40	3	5	5	6	9	4	10	8	3	6	6	8	7	2	1	4	2	0	1	3	3
	42	0	3	6	3	5	4	8	8	3	1	8	5	10	5	1	8	2	1	3	3	6
	43	2	2	5	3	6	3	10	9	4	4	9	6	6	3	0	8	4	1	4	2	4
	44	2	4	6	2	6	2	10	7	3	5	7	6	7	2	1	4	6	0	2	2	4
	45	1	4	6	2	6	5	9	7	0	7	5	7	8	3	3	4	2	0	3	2	4
	46	0	3	6	4	4	5	8	8	3	3	7	7	11	5	1	4	6	2	3	2	3
	47	0	4	4	3	6	0	8	7	4	2	8	6	5	5	1	5	2	1	3	2	4
	48	0	1	3	3	5	2	8	10	3	1	8	6	7	3	2	4	2	0	1	1	6
	49	1	1	5	3	7	4	9	7	4	5	3	5	6	2	1	4	3	1	1	2	4
	51	0	5	4	5	4	3	8	6	2	5	9	6	8	5	1	4	2	3	4	0	3
	52	0	2	6	2	6	3	7	6	2	2	7	8	5	5	1	3	2	1	1	2	6
	53	0	1	3	1	2	2	7	8	2	5	5	5	5	4	2	2	1	1	1	2	6
	54	0	3	3	2	5	4	8	10	3	2	3	5	5	4	2	4	2	2	1	2	4
	55	0	4	6	3	8	3	9	6	5	1	5	6	3	5	1	3	4	0	1	1	6
56	0	3	7	4	6	4	7	10	5	2	5	7	3	5	2	2	3	0	2	1	6	
Agreste	20	3	5	14	6	10	4	12	9	5	8	8	8	9	3	1	5	3	4	2	4	3
	21	1	3	15	6	9	2	11	9	7	8	13	10	8	7	1	7	4	4	2	2	4
	22	4	4	17	4	11	2	13	12	9	9	8	8	8	8	2	5	4	5	3	4	5
	27	1	5	9	4	8	4	11	6	7	7	7	11	7	3	1	6	3	2	2	4	5
	28	3	3	9	4	9	3	13	9	5	9	9	10	10	3	1	5	3	2	3	4	4
	29	4	3	14	6	10	2	13	9	5	5	8	8	10	3	0	4	3	1	2	7	3
	33	2	4	12	4	5	2	9	6	8	5	10	7	10	5	0	5	2	1	1	2	3
	34	3	3	11	2	9	3	13	7	4	6	13	3	8	2	1	5	3	1	1	3	2

Mesorregião	Pixel	Ano																				
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	35	3	5	10	5	7	3	10	9	2	6	12	8	8	3	1	4	1	0	2	3	1
	36	3	5	9	6	13	6	11	9	7	7	7	7	8	7	1	3	2	1	3	5	4
Leste	1	4	8	22	6	11	7	11	9	10	6	15	17	11	15	4	14	6	8	8	10	11
	2	6	9	22	4	12	5	13	5	10	7	9	14	12	13	2	11	4	7	8	9	10
	3	5	11	23	3	12	5	13	7	12	3	11	18	11	14	3	12	5	9	9	9	9
	4	6	8	22	8	13	6	14	9	8	6	11	16	14	11	7	15	6	10	8	12	10
	5	5	7	19	6	10	8	12	7	15	9	12	14	10	10	3	11	4	6	8	10	9
	6	4	9	20	7	11	7	9	6	11	3	10	12	12	13	3	8	3	5	6	9	7
	7	4	10	19	4	12	4	9	8	8	6	11	15	10	10	3	7	6	6	7	13	9
	8	3	7	19	5	9	4	11	9	12	5	13	15	10	11	4	10	3	8	6	13	8
	9	4	5	17	7	12	8	9	11	10	8	10	12	10	10	4	9	4	4	7	8	6
	10	6	8	15	8	14	6	13	11	10	5	11	11	13	12	2	7	4	7	8	9	8
	11	6	7	13	5	14	7	10	8	7	5	12	13	8	9	2	6	2	6	7	8	4
	12	6	6	16	6	14	4	8	9	7	6	10	13	9	9	4	5	2	5	7	6	7
	13	5	3	19	4	11	4	6	7	9	6	12	9	10	9	5	5	3	8	4	6	6
	14	2	5	13	4	11	4	11	10	10	6	10	5	10	4	3	7	4	3	5	5	5
	15	2	6	12	7	16	5	9	11	10	7	12	10	10	6	1	8	4	6	4	8	5
	16	5	5	16	8	14	6	11	10	9	7	9	11	8	9	1	6	3	5	6	5	5
	17	6	5	14	4	12	4	9	9	8	6	10	14	10	7	2	3	2	3	3	5	5
	18	2	5	19	6	11	2	11	9	6	8	10	12	8	8	1	6	3	4	3	3	5
	19	2	5	18	8	17	4	10	6	4	7	12	9	9	9	4	2	3	4	1	5	4
	23	3	4	18	7	10	2	11	13	7	7	6	11	8	5	1	5	2	5	2	3	4
24	3	5	14	7	10	4	11	5	5	6	9	12	6	11	2	2	1	2	0	6	2	
25	3	8	14	5	9	4	10	4	4	4	10	10	7	9	2	3	1	2	2	6	1	
30	6	4	12	7	12	5	12	4	7	7	9	12	10	8	2	5	1	2	3	7	0	
31	4	7	16	8	13	3	11	5	5	5	7	10	7	7	2	4	3	2	2	4	2	

Fonte: Autora (2020).