



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

JULIO CESAR RODRIGUES DE SALES

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE SECA E DE CHUVA
UTILIZANDO O MÉTODO “RUN” EM SÉRIES TEMPORAIS DE
PRECIPITAÇÃO NO CARIRI ORIENTAL PARAIBANO**

**SUMÉ - PB
2018**

JULIO CESAR RODRIGUES DE SALES

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE SECA E DE CHUVA
UTILIZANDO O MÉTODO “RUN” EM SÉRIES TEMPORAIS DE
PRECIPITAÇÃO NO CARIRI ORIENTAL PARAIBANO**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal De Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

**Orientador: Dr. Paulo da Costa Medeiros
Co-orientador: Dr. George do Nascimento Ribeiro**

**SUMÉ - PB
2018**

S163d Sales, Julio Cesar Rodrigues de.

Determinação de parâmetros de seca e de chuva utilizando o método “RUN” em séries temporais de precipitação no Cariri Ocidental Paraibano.. / Rodolfo Antonino Leão. - Sumé - PB: [s.n], 2018.

47 f.

Orientador: Professor Dr. Paulo da costa Medeiros; Co-orientador: George do Nascimento Ribeiro.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Parâmetros de seca e de chuva. 2. Meteorologia. 3. Climatologia. 4. Semiárido Paraibano. 5. Meteorologia I. Título.


CDU: 551.5(043.1)

JULIO CESAR RODRIGUES DE SALES

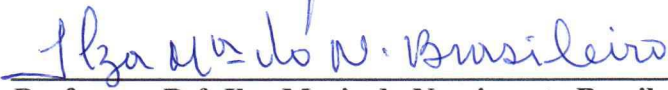
**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE SECA E DE CHUVA
UTILIZANDO O MÉTODO “RUN” EM SÉRIES TEMPORAIS DE
PRECIPITAÇÃO NO CARIRI ORIENTAL PARAIBANO**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal De Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

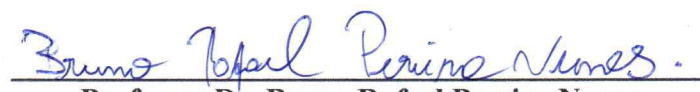
BANCA EXAMINADORA:



Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros
Orientador – UATEC/CDSA/UFCG



Professora Dr.ª Ilza Maria do Nascimento Brasileiro
Examinador Interno – UATEC/CDSA/UFCG



Professor Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes
Examinador Externo – UAEB/CDSA/UFCG

Trabalho aprovado em: 08 de 08 de 2018.

Dedico esta monografia a todos que participaram direta e indiretamente de toda a minha formação, especialmente a minha querida mãe, Santana Rodrigues, que me ensinou a ser uma pessoa de boa índole e não mediu esforços para me proporcionar um futuro melhor diante de tantas dificuldades. Dedico também aos meus irmãos Ramon Rodrigues e Danilo Rodrigues e a minha tia Maria de Lurdes.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por me dar muito mais do que eu merecia e proporcionar essa grande alegria de concluir mais uma etapa em minha vida.

A minha amada mãe que sempre foi guerreira e nunca desistiu em nenhum obstáculo e muito menos mediu esforços para me proporcionar um futuro melhor, me dando amor e sempre me apoiando. Aos meus irmãos Ramon Rodrigues e Danilo Rodrigues que quando pensei em desistir eles eram a minha base para prosseguir e servir como um exemplo, já que tive o grande orgulho e tarefa de ser um “certo pai” para eles. Não poderia deixar de citar, minha querida tia Maria de Lurdes, que sempre me ajudou direta e indiretamente até aqui.

Agradeço enormemente ao meu professor Dr. Paulo Medeiros por me dar a chance de ser seu orientando nesses últimos anos e acrescentar grandemente em meu conhecimento acadêmico. Ao meu co-orientador Prof. Dr. George Ribeiro, bem como também, a todos os professores e técnicos que participaram de minha formação acadêmica, principalmente ao Prof. Dr. Hugo Moraes, que desde do início dessa jornada me fez ficar encantado pelo curso e ao Prof. Dr. Edvaldo Eloy.

É satisfatório chegar até aqui, mas eu não cheguei sozinho, portanto, agradeço imensamente a minha querida parceira e amiga Herlanne Campos Porto, que de sua maneira sempre me incentivou e me apoiou. Aos colegas de curso que fiz desde o início da graduação, particularmente, a Maykon Rodrigo, Layane Carmem, Renata Richelli, Shayenny Medeiros, dentre outros, que muitas vezes compartilhamos, alegrias, tristezas, conquistas e alguns desentendimentos, é claro. Saúdo também a todos os colegas que fiz em Sumé.

Agradeço a todos os integrantes que compõem o CDSA, que sempre ajudaram da maneira que puderam.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com pobres de espirito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.” (Theodore Roosevelt).

RESUMO

Na literatura hidroclimatológica diferentes metodologias são empregadas de maneira a representar numericamente quão impactante foram os eventos de clima, segundo índices de anomalia de secas/chuvas. Neste trabalho foi utilizado o método “RUN” em séries temporais de precipitação, que identifica sequências de valores da variável analisada, inferiores ou superiores a um determinado limite crítico. Foram utilizadas séries históricas de precipitação pluviométrica contemplando, no mínimo, 30 anos de dados diários consecutivos, de estações localizadas no Cariri Oriental do estado da Paraíba, nos municípios de Barra de Santana, Caraúbas e São João do Cariri, inseridas na sub-bacia hidrográfica do Taperoá, e nas Regiões do Alto e Médio Paraíba, respectivamente. Calcularam-se as anomalias de precipitação para cada série/estação e, a partir dessas, identificadas as vertentes positivas e negativas frente a média histórica. Conseqüentemente, calcularam-se os parâmetros de duração, severidade e intensidade nos períodos chuvosos e de estiagem. A análise do banco de dados e dos gráficos da duração de chuva/estiagem versus severidade e intensidade, proporcionou uma gama de resultados, destacando-se: poucas ocorrências com precipitação acima da média histórica nas três séries analisadas; na estação de Bodocongó, município de Barra de Santana, foram observados os períodos mais longos de estiagem e menores intensidades de chuva e; mais de 70 % das chuvas, de Caraúbas e São João do Cariri, ficaram abaixo da média histórica. A metodologia visa apoiar no prognóstico de eventos mais expressivos de cheias e de secas, subsidiando a gestão dos recursos naturais, notadamente, quando se utiliza séries históricas com expressiva de qualidade e quantidade de dados.

Palavras-chave: Bacia do rio Paraíba, Climatologia, Semiárido.

ABSTRACT

In the hydroclimatological literature many methodologies are used to numerically represent how shocking the climate events were, according to drought/rainfall anomaly indexes. In this work the "RUN" method was used in time series of precipitation, which identifies sequences of values of the analyzed variable, below or above a certain critical limit. Historical rainfall series comprising at least 30 years of consecutive daily data were used for stations located in the Cariri Oriental of Paraíba state, in the municipalities of Barra de Santana, Caraúbas and São João do Cariri, located in the sub-basin of Taperoá, and in Alto Paraíba Region and Médio Paraíba Region, respectively. Precipitation anomalies were calculated for each data series and the positive and negative areas were identified in relation to the historical average. Consequently, the parameters of duration, severity and intensity in the rainy and drought periods were calculated. The analysis of the database and the graphs of rain/drought duration versus severity and intensity provided several results, mainly: few occurrences with precipitation above the historical average in the three series analyzed; in Bodocongó station, Barra de Santana municipality, the longest periods of drought and lower rainfall intensities were observed; more than 70% of the rainfall, from the Caraúbas and São João do Cariri series, were below the historical average. The methodology aims to support the prognosis of more expressive events of floods and droughts, contributing to the management of natural resources, especially when using historical series with expressive quality and quantity of data.

Key-words: Paraíba river basin, Climatolog, semiarid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Registros das secas no Nordeste brasileiro de 1583 a 2017.....	18
Mapa 1 - Área de Estudo: Perímetro do Cariri Oriental do estado da Paraíba, Estações Pluviométricas e Regiões Hidrográficas	22
Gráfico 2 - Pluviometria mensal (mm) nas estações: São João do Cariri (Período: 01/1911 a 12/1948) Bodocongó (Período: 01/1953 a 12/1991) e Caraúbas (Período: 03/1933 a 04/1981)	24
Gráfico 3 - Pluviometria mensal (mm) nas estações: São João do Cariri (Período: 01/1994 a 12/2017); Boqueirão (Período: 01/1994 a 12/2017) e Caraúbas (Período: 01/1994 a 08/2017)	25
Gráfico 4 - Precipitações mensais registradas (mm) acima de 350 mm, em estações do Cariri Paraibano (Período: março de 1996 a maio de 2011) (AESAs, 2018a).....	26
Gráfico 5 - Variáveis utilizadas para analisar chuva ou seca.....	27
Gráfico 6 - Anomalia de precipitação (AP) estação São João do Cariri Código 00736012 (Período: janeiro de 1911 a dezembro de 1948).....	28
Gráfico 7 - Anomalia de precipitação (AP) estação Caraúbas Código 00736020 (Período: março de 1993 a abril de 1981).	29
Gráfico 8 - Anomalia de precipitação (AP) estação Bodocongó Código 00735028 (Período: janeiro de 1953 a dezembro de 1991).....	29
Gráfico 9 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948	31
Gráfico 10 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948	31
Gráfico 11 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem– Estação Caraúbas – Período: março/1933 a abril/1981	32
Gráfico 12 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação Caraúbas – Período: março/1933 a abril/1981	32
Gráfico 13 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação Bodocongó – Período: janeiro/1953 a dezembro/1991.....	33

Gráfico 14 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação Bodocongó – Período: janeiro/1953 a dezembro/1991.....	33
Gráfico 15 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948.	35
Gráfico 16 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948.	35
Gráfico 17 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948.	36
Gráfico 18 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação Caraúbas – Período: março/1933 a abril/1981.	36
Gráfico 19 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação Caraúbas – Período: março/1933 a abril/1981.	37
Gráfico 20 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação Bodocongó – Período: janeiro/1953 a dezembro/1991.	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMS - American Meteorological Society/ Sociedade Meteorológica Americana

ANA - Agência Nacional de Águas

CPTEC - Centro de Previsão e Estudos Climáticos

HIDROWEB - Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

NEB - Nordeste Brasileiro

PDSI - Palmer Drought Severity Index - Índice de Severidade de Seca de Palmer

PDSIadapt - Índice de Severidade de Seca de Palmer Adaptado

SPI - Standardized Precipitation Index - Índice de Precipitação Padronizada

WMO - World Meteorological Organization/ OMM - Organização Meteorológica Mundial

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:	17
3.1 CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA COMO SISTEMA	17
3.2 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	17
3.3 PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO	18
3.4 SECA: BREVE HISTÓRICO E DEFINIÇÕES	18
3.5 ÍNDICES DE SECA	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 ÁREA DE ESTUDO	22
4.2 METODOLOGIA	23
4.2.1 Séries temporais de precipitação	23
4.2.2 Método “RUN” em série de precipitação	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO	29
5.1.1. Anomalias negativas	31
5.1.2. Anomalias positivas	35
6 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

“Os eventos hídricos extremos associados à abundância ou escassez hídrica são influenciados pelo clima e pela sua dinâmica (variabilidade climática e alteração climática), e podem colocar em risco o equilíbrio e funcionamento das sociedades” (JACINTO, 2012).

O Nordeste brasileiro possui basicamente três regimes chuvosos: no sul-sudoeste, chuvas são originadas principalmente pela passagem de frentes frias advindas do sul do Brasil, podendo ocorrer chuvas de curta duração em áreas isoladas (“pancadas de chuvas”); no leste (zona da mata), “as chuvas são ocasionadas principalmente pelos contrastes entre a temperatura do mar junto à costa e a temperatura do continente”; e no norte, abrangendo grande parte do Semiárido, ocorrendo as maiores secas, sendo Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) o mais importante sistema para essas chuvas (MARENGO, 2008).

Em função de mudanças climáticas mais expressivas (período e magnitude extremos), a variabilidade espaço-temporal dos períodos chuvosos e de estiagem, podem gerar impactos negativos refletindo diretamente na bacia hidrográfica (MARENGO, 2010).

Nas regiões litorâneas os eventos de cheias com picos ou períodos frequentes de chuvas intensas que geram inundações e as conseqüentes problemáticas (dados/perdas materiais em ambientes públicos (FRAGOSO JUNIOR et al, 2010; SOUZA, 2011; DA PAZ, 2017) e privados, alteração paisagística, doenças de veiculação hídrica (CONFALONIERI, 2004) entre outros) ocorrem com certa frequência, especialmente em zonas urbanas. Por outro lado, na Região semiárida do Nordeste, os altos índices de evaporação associado a frequência de estiagens prolongadas, geram impactos negativos mais expressivos (HASTENRATH, 2006).

No semiárido, destaca-se a “preciosidade” da água, fortemente escassa, fundamental para as atividades humanas, sendo comum o uso de açudes de pequeno, médio ou grande porte, como armazenamento de escoamento superficial, revelando-se importante mecanismo para ativação do potencial hídrico da bacia (ALBUQUERQUE & RÊGO, 1998). A ocorrência das chuvas não é homogênea no tempo e no espaço, existe uma irregularidade, sendo assim, algumas regiões podem ser atendidas pela dotação hídrica das chuvas enquanto que outras podem sofrer tais danos.

O fenômeno da seca pode se referir a um período de escassez de água, sendo desta forma, um resultado de precipitação insuficiente, elevada evapotranspiração e demasiada exploração dos recursos hídricos ou de uma combinação destes parâmetros (FERNANDES et al., 2009). Destarte, inclui-se diversos fatores para a seca, sendo eles naturais ou por ações antrópicas, que tem um considerável impacto em todos os âmbitos da sociedade, como

também nos setores agrícolas e ambientais. Tal fenômeno afeta várias partes do mundo trazendo indesejáveis condições negativas.

A mensuração do período de seca é tarefa complexa (ROSA, 2011) pois esse fenômeno é interferido por diversos fatores, desde os hidroclimatológicos (como a evaporação elevada, precipitação abaixo da média, escassez de armazenamento de água) até às ações do homem (mau uso dos recursos naturais, carência ou falta de gestão), sendo um desafio para diversos pesquisadores ao redor do mundo desenvolve métodos para avaliar o início e fim desse acontecimento (SCHUBERT et al, 2004) assim como, medir a intensidade e severidade deste.

Por condicionar muitas vertentes objetivas e/ou subjetivas torna-se quase improvável desenvolver um índice de seca universal (BLAIN & BRUNINI, 2005; KEYANTASH & DRACUP, 2002), que atenda a todas essas necessidades, justamente por existir inúmeros parâmetros. Os índices de seca desempenham um papel importante para subsidiar/complementar informação sobre a predição (MCCABE et al., 2004).

O presente trabalho terá como foco a determinação da duração (período do início e fim de um evento de seca/cheia), severidade (áreas acima ou abaixo da média de precipitação mensal das estações de São João do Cariri, código 00736012, período: janeiro de 1911 a dezembro de 1948, Caraúbas código 00736020, período: março de 1993 a abril de 1981 e Bodocongó, código 00735028, período: janeiro de 1953 a dezembro de 1991) e intensidade de chuva e de seca (razão da severidade pela duração) – “Método RUN” (YEVJEVICH, 1967; DRACUP et al, 1980; KEYANTASH & DRACUP, 2002) aplicado em séries temporais de precipitação em estações localizadas no Cariri Oriental do estado da Paraíba. A determinação desses parâmetros representa um dos capítulos que apoiam a determinação de índices de seca (SANTOS, 1998).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar parâmetros de seca e de cheia segundo o “Método RUN”, em séries temporais pluviométricas em estações do cariri oriental paraibano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar banco de dados pluviométricos de séries históricas diárias e definir as estações segundo qualidade e quantidade de dados;
- Calcular os totais mensais de precipitação pluviométrica e respectivas anomalias nos períodos definidos;
- Confeccionar gráficos de anomalias de chuva *versus* tempo das estações escolhidas;
- Determinar períodos chuvosos e de estiagem e calcular as áreas acima e abaixo da linha da média das anomalias de precipitação;
- Calcular as severidades e intensidades para os períodos analisados.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

3.1 CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA COMO SISTEMA

O ciclo hidrológico e seus processos associados (precipitação, interceptação, evapotranspiração, infiltração, escoamentos (superficial, subsuperficial e subterrâneo) são a parte mais elementar da hidrologia (SILVA, 2015). É um ciclo fechado em termos globais, cuja quantidade de água disponível no planeta se mantém constante ao longo do tempo, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação do planeta (SILVEIRA, 2013). No entanto, essa água encontra-se heterogeneamente distribuída no tempo e no espaço, com grande variabilidade, especialmente quanto a água doce superficial (rios, lagos naturais e artificiais) (NOGUEIRA & CAPAZ, 2014). Que é, sendo a principal fonte das populações das diversas modalidades de usos.

Na fase terrestre, o ciclo da água pode ser analisado através da bacia hidrográfica. Esta, como unidade topograficamente delimitada que converge os escoamentos das cotas mais elevadas para uma saída, podendo assim, ser observada como sistema físico em que, a entrada é um volume de água precipitado e a saída, o exutório, considerando-se as perdas intermediárias, os volumes evapotranspirados e infiltrados (SILVEIRA, 2013).

3.2 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A precipitação é classificada como sendo o conjunto de águas originadas do meio atmosférico através do vapor de água que cai na superfície da terra, de diferentes formas, chuva, sereno, orvalho, neve, granizo, geada (GARCEZ, 1988). O que vai definir essas formas de precipitação é justamente o estado em que se encontra a água (BERTONI & TUCCI, 2013).

A precipitação é proveniente de diversos fatores, dentre eles podemos citar o resfriamento do ar atmosférico que são ascensões das massas de ar, que podem ser originadas dos seguintes fatores: convecção térmica, relevo e ação frontal de massas, assim dando origem aos três principais tipos de chuvas, frontal, orográfica e convectivas (HOLTZ, 1976). Existem três grandezas características na mensuração das chuvas, altura pluviométrica (que é a quantidade de água caída e acumulada sobre um recipiente graduado em milímetros), duração (é o tempo decorrido do início ao fim da chuva) e intensidade (que é justamente a

razão da altura pluviométrica pela a duração) comumente existem equipamentos para essas medições que são chamados de pluviômetros ou pluviógrafos (TUCCI, 1993).

3.3 PRECIPITAÇÃO NO SEMIÁRIDO

Na região Nordeste do Brasil (NEB) a previsão e o monitoramento de períodos de secas ou de chuva são particularmente úteis devido a aspectos como, o crescimento dos projetos/demandas de irrigação e abastecimento d'água, e a dependência da regularidade de chuvas na maioria das culturas agrícolas (FREITAS, 2005).

A precipitação no NEB é geralmente muito irregular e mal distribuída no espaço e tempo isto ocasiona longos períodos de estiagem, com ocorrências de chuvas comumente em três meses, com média anual abaixo de 800 mm (inferior a 500 mm por ano em algumas localidades) caracterizando o clima semiárido, estando intimamente relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico (MOLION e BERNARDO, 2002).

A variação nos dados de precipitação associada às mudanças climáticas vem sendo discutida através da publicação de relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, de modo a identificar possíveis impactos ambientais e suas consequências, segundo cenários divergentes para o campo de precipitação para a Região do NEB, alguns projetando aumento de precipitação e outros, redução (CAMPOS LÁZARO et al., 2011).

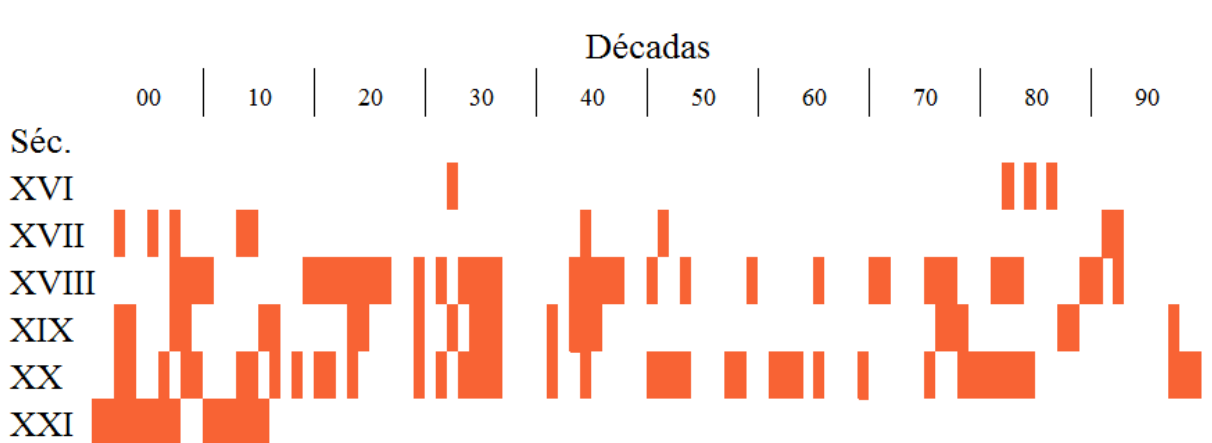
3.4 SECA: BREVE HISTÓRICO E DEFINIÇÕES

A região Nordeste do Brasil é caracterizada por ser uma região seca, devido a sua localização geográfica, sendo uma região de temperatura elevada o ano todo, e chuvas mal distribuídas, a sua localização é na zona intertropical da terra, sendo assim, a incidência de luz sobre essa região é maior, deixando as temperaturas elevadas (GONÇALVES et al., 2009).

Consideravelmente, a região Nordeste do Brasil, apesar de chover tanto quanto em muitas outras regiões do mundo, em particular na parte semiárida, é periodicamente afetada por ocorrência de baixas precipitações com perdas parciais ou totais na agropecuária, além de comprometer o abastecimento de água devido principalmente à irregularidade da estação chuvosa na região, com predominância de chuvas intensas e de curta duração (SILVA et al., 1998).

Historicamente, desde que se fazem registros sobre seca, aproximadamente 130 ocorrências (1853 a 2017) foram destacadas (RODRIGUES, 2016) (Gráfico 1), com primeira notícia sobre seca, descrita pelo padre Fernão Cardin, que ocorreu no período de 1583 a 1585, “uma grande seca e esterilidade na província e cinco mil índios desceram o sertão apertados pela fome”, em que todas as atividades econômicas da época paralisaram (CAMPOS, 2014). Outro período crítico, foi a seca de 1979 a 1984 que atingiu todos os estados do Nordeste, nenhuma atividade agrícola teve aproveitamento (OPENBRASIL, 2011), com mais de 3,5 milhões de mortos, a maioria crianças, por fome e enfermidades derivadas da desnutrição (ANTUNES, 2016). Vale ressaltar a última grande seca no Nordeste no período de 2012 a 2017, sendo a pior já registrada no Brasil (INMET, 2018).

Gráfico 1 - Registros das secas no Nordeste brasileiro de 1583 a 2017 (RODRIGUES, 2016)



Fonte: Autoria própria.

Embora não exista uma definição universal de seca (REDMOND, 2002; FERNANDES et al., 2010), no sentido mais geral, esta pode ser definida com diferentes perspectivas disciplinares, conforme variantes hidrológicas ou fatores de interesse.

A seca pode ser classificada de diversas maneiras (existe mais de 150 definições publicadas), amplamente difundida em quatro tipos: seca meteorológica (insuficiência de precipitação (BLAIN & KAYANO, 2010)), seca hidrológica (armazenamento superficial e subterrâneo reduzidos, falta de gestão das águas (CAMPOS; STUDART, 2001)), seca agrícola (*déficit* de água no solo) e seca socioeconômica (escassez para as atividades humanas) (HEIM JR., 2002; NDMC, 2018; YANG, 2010). A segunda seca, como sucessão da primeira (FERNANDES et al., 2009), a terceira como uma integração das duas anteriores, e a quarta uma consequência das três anteriores.

Entretanto, os autores ainda destacam que apesar de serem classificadas nesses quatro tipos de seca, todas são geradas a partir da falta de precipitação, no que acarreta na insuficiência de água para diversas atividades, trazendo assim, prejuízos para todos os setores da sociedade (WILHITE, 2003; WILHITE & GLANTZ, 2009; NORONHA et al, 2016).

Rosa (2011), condiciona a definição ao contexto meteorológico, quando existe um período prolongado (vários meses ou anos) em que as condições atmosféricas determinam a ausência ou a redução da precipitação (METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1992; AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 2004), e a existência de um desequilíbrio na evaporação associado a outros elementos como velocidade do vento, temperatura, umidade do ar e insolação que se pode desenvolver rapidamente e acabar abruptamente.

3.5 ÍNDICES DE SECA

Os índices de seca têm sido desenvolvidos majoritariamente para se adaptarem a diferentes perspectivas ou categorias de seca, em suas diferentes vertentes (meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica). Em dias atuais o monitoramento desses eventos é feito por meio de índices padronizados com base espacial e temporal, assimilando assim, vários anos de variáveis meteorológicas, por exemplo: precipitação, temperatura do ar, evapotranspiração, escoamento superficial (runoff), umidade do solo, entre outras variáveis, que, de forma combinada, possibilitam a identificação do início de um período de seca (HEIM JR, 2002; KEYANTASH E DRACUP, 2002; FERNANDES et., al 2009).

Os índices de seca focalizam a identificação do início e o término, comparando os dados com o histórico de ocorrências de secas, como também, na avaliação de sua evolução segundo a severidade, sendo ferramenta útil para compreensão do comportamento dos parâmetros relacionados com as características espaço-temporais da região e em previsões (ROSA, 2011).

Thornrhwaite (1931), introduziu o conceito de evapotranspiração, com contexto agrícola, considerando a severidade da seca como uma comparação entre as necessidades e as disponibilidades hídricas. Desde então, iniciou-se a busca de índice que associaria a seca apenas à precipitação (CAMARGO e CAMARGO, 1993).

A complexidade de se universalizar um índice de seca, é devido os mesmos serem desenvolvidos para se aplicar em determinadas regiões, cuja classificação pode não se adequar em outras áreas com características parcialmente ou totalmente diferentes. A

abordagem da seca meteorológica, é associada à baixa precipitação de determinada região. Nesse contexto o Índice de Severidade de Seca de Palmer (Palmer Drought Severity Index - PDSI) (PALMER, 1965) e o Índice Padronizado de Precipitação (Standardized Precipitation Index - SPI) (McKEE et al., 1993) são os mais conhecidos e mundialmente utilizados (BLAIN & BRUNINI, 2007).

O PDSI (BARLOW et al., 2001), utiliza dados de temperatura, precipitação e umidade do solo mensais (série de no mínimo 30 anos) quantificando a severidade de uma seca, sendo que um único valor do índice é usado para suspender ou implantar planos de contingência da anomalia climática. Após este índice muitos outros surgiram (ROSA, 2011). O SPI, tem como dados de entrada a precipitação e ajustado a uma distribuição de probabilidade (FERNANDES et al., 2009) sendo uma ferramenta que pode ser aplicada em diferentes escalas de tempo (BLAIN & BRUNINI, 2007) tanto para secos como úmidos, tipicamente um índice adimensional, baseado na distribuição de probabilidade da precipitação acumulada para escala mensal, podendo ser calculado em outras escalas, de 3 a 24 meses (ROSA, 2011).

Blain e Brunini (2005) utilizaram o PDSI e o SPI para identificar o início de uma seca e quantifica o excesso ou o *déficit* de chuva, acumulados em diferentes escalas de tempo, no estado de São Paulo, porém nessa avaliação eles adaptaram o PDSI (PDSI_{adapt}) para as condições da localidade e concluíram que este último configurou-se uma ferramenta consistente para o monitoramento da seca meteorológica, na escala mensal no Estado de São Paulo.

Outra ferramenta na análise dos períodos de seca e de chuva, é o método “RUN” (*theory of runs*) que pode ser aplicado em escoamentos ou outro tipo de variável. Consiste na identificação dos “RUNS”, que são uma sequência de valores da variável analisada inferiores/superiores a um determinado limiar crítico. Um “RUN” está, portanto, associado a uma seca ou cheia e é caracterizado pela sua duração e pelo déficit (estiagem) ou excedente (chuva). Esta metodologia foi aplicada pela primeira vez na caracterização de secas hidrológicas por Yevjevich (1967) e posteriormente por outros investigadores como Dracup (1980), amplamente difundida na literatura hidrometeorológica (SAHOO et al., 2015; PARTAL, 2015; MILLER, FOX, 2017; RAZMKHAH, 2017; WILBY, 2015; KATIPOGLU, CAN, 2017). O método “RUN”, será aplicado neste trabalho em séries de precipitação pluviométrica de longa duração.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O Estado da Paraíba está localizado no Nordeste Oriental, na Zona Tropical, e abrange uma área de 56.585 mil km². Faz divisa ao norte com o Rio Grande do Norte, ao sul com Pernambuco e a Oeste com o Ceará (IBGE, 2012). A escolha da área de estudo estava associada à definição das estações pluviométricas definidas para a aplicação da metodologia (aplicação do método RUN). Essas estações estão localizadas relativamente próximas entre si, na Mesorregião da Borborema, no Cariri Oriental, porém hidrograficamente separadas em três Regiões diferentes da bacia do rio Paraíba.

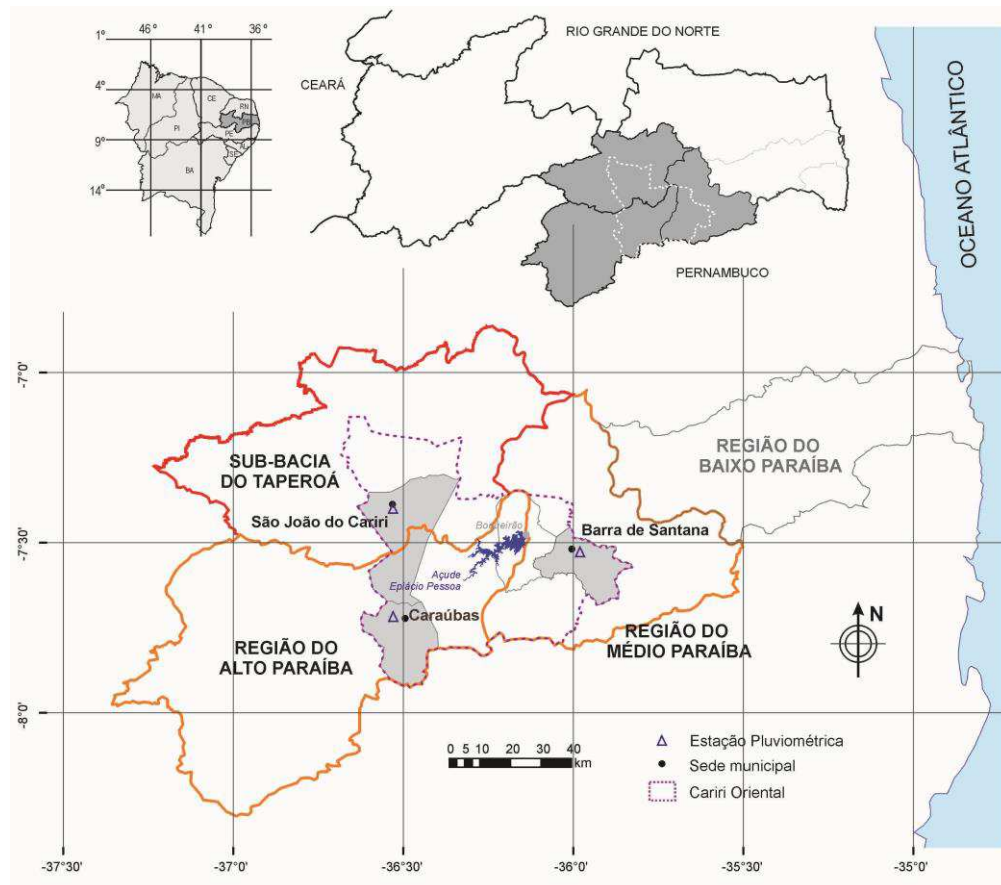
A microrregião do Cariri Oriental pertence à mesorregião da Borborema. Sua população foi estimada em 2007 pelo IBGE em 80.851 habitantes, possui uma área total de 8.214 km² e está dividida em 14 municípios (MDA, 2010). Destes, foram utilizados dados em estações pluviométricas localizadas em Caraúbas (3.899 habitantes), São João do Cariri (4.344 habitantes) e Barra de Santana (com 8.206 habitantes) (IBGE, 2018).

Atenta-se que Barra de Santana era distrito de Boqueirão no período relacionado à série histórica de dados (Estação Bodocongó – Período: Janeiro de 1953 a Dezembro de 1991) (HIDROWEB, 2018). No município de Boqueirão, com 16.888 habitantes (IBGE, 2010), está localizado um dos principais reservatórios do estado (Açude Público Epitácio Pessoa, com capacidade de 411.686.287 m³), cuja jusante encontra-se na divisa das Regiões do Alto e Médio curso do rio Paraíba. Tal reservatório atende as demandas de água para 19 municípios da Paraíba, incluindo a cidade de Campina Grande, segunda maior cidade do estado, com população com 410.332 habitantes (IBGE,2016) de grande importância socioeconômica.

O atendimento das demandas nas diferentes modalidades de usuários das águas do Açude Epitácio Pessoa historicamente gerou inúmeros problemas (BRITO, 2008). Nas últimas décadas tem sido palco de conflitos de uso, sendo alvo de atenção por parte de especialistas (GALVÃO et al, 2001; RÊGO et al, 2012; RÊGO et al., 2013) e especialmente nos últimos anos, quando praticamente entrou em colapso (3,18% em março de 2017) (AESA, 2017) em função da não recuperação volumétrica a partir de 2012 (TORQUATO, 2017).

No Mapa 1, são observadas as localizações das sedes dos municípios e estações pluviométricas, delimitação do Cariri Oriental, bem como as subdivisões hidrográficas: Sub-bacia do Taperoá e Regiões do Alto, Médio e Baixo Cursos do rio Paraíba.

Mapa 1 - Área de Estudo: Perímetro do Cariri Oriental do estado da Paraíba, Estações Pluviométricas e Regiões Hidrográficas (Adaptado de AESA, 2009)



Fonte: (AESA, 2009).

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 Séries temporais de precipitação

Inicialmente, foram consideradas 55 estações (séries históricas de dados diários), obtidos através do site de Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Água (HIDROWEB, 2018). Como ferramenta de trabalho foi utilizado o aplicativo Planilha Eletrônica MS EXCEL, especialmente com uso de funções lógicas para identificação de falhas ou ausência de dados. A Mesorregião da Borborema (composta por 44 municípios) foi o foco inicial da área de estudo. No entanto em muitas estações nessa região, havia ausência dados,

como por exemplo nos municípios de, Junco do Seridó, São Domingos do Cariri, Caturité, dentre outras.

Para as demais estações (33 constando dados), foi atribuído como filtro, a escolha de séries com, no mínimo, 30 anos de dados diários consecutivos, tendo em vista que a World Meteorological Organization (WMO), indica como condição ideal, conforme Normal Climatológica, escolha de séries com período relativamente longo e uniforme, compreendendo, no mínimo, três décadas consecutivas (INMET, 2018).

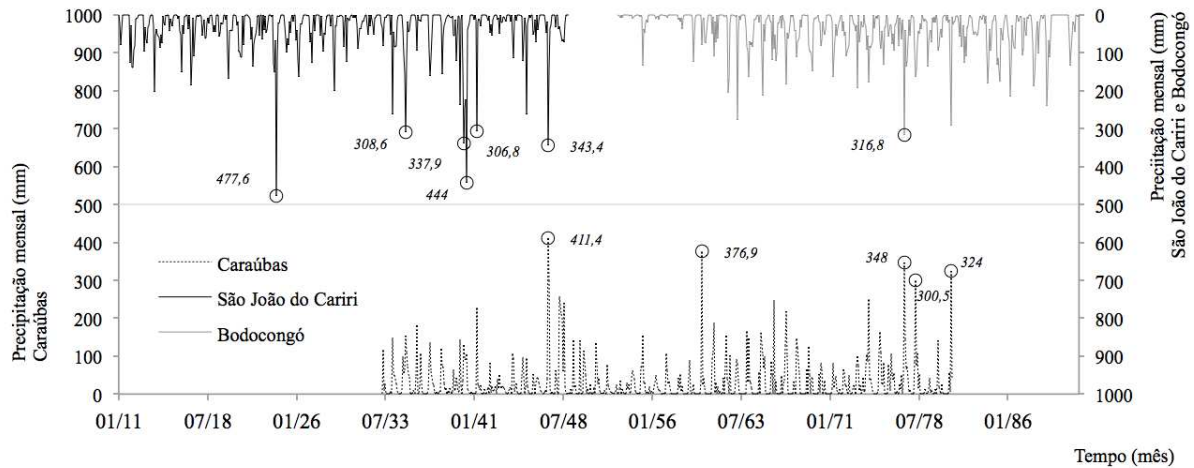
Condicionando-se assim, uma fase bastante laboral deste trabalho, tendo em vista a ausência de dados e a distribuição de forma bastante heterogênea. Um “mosaico” com existência/ausência de dados nas 33 estações, contemplando o período de 01/01/1910 a 31/12/2017, pode ser observado no Anexo (Figura 1A).

Ressalta-se como condição ideal de análise entre diferentes estações hidroclimatológicas, a escolha de períodos paralelos entre séries temporais. No entanto com o banco de dados disponível, considerando a necessidade de séries de longo período, não foi possível tal condição.

Foram identificadas quatro séries com pelo menos, 30 anos consecutivos de dados diários de chuva, uma delas foi a estação de Santa Luzia localizada no município de Santa Luzia (Código 636043). No entanto, de modo a favorecer a análise em estações mais próximas, os dados de Santa Luzia não foram utilizados, sendo assim escolhidos os postos que estão localizados no Cariri Oriental: Caraúbas (Código: 00736020; longitude 36°31'12" Oeste e latitude 7°43'12" Sul) com 47 anos de dados; São João do Cariri (longitude 36°31'48" Oeste e latitude 7°24'00" Sul) com 37 anos de dados; e Bodocongó (Código: 00735028; no município de Barra de Santana, longitude 35°58'48" Oeste e latitude 7°31'48" Sul) com 38 anos de dados.

Foram integrados os dados diários para confecção das séries temporais na escala mensal. No Gráfico 2 são observadas as três séries temporais (totais mensais), destacados os valores acima de 300 mm, notadamente em São João do Cariri (477,6 mm em 04/1924 e 444 mm em 05/1940) e Caraúbas (411,4 mm em 03/1947).

Gráfico 2 - Pluviometria mensal (mm) nas estações: São João do Cariri código 00736012 (Período: 01/1911 a 12/1948) Bodocongó código: 00735028 (Período: 01/1953 a 12/1991) e Caraúbas código: 00736020 (Período: 03/1933 a 04/1981)

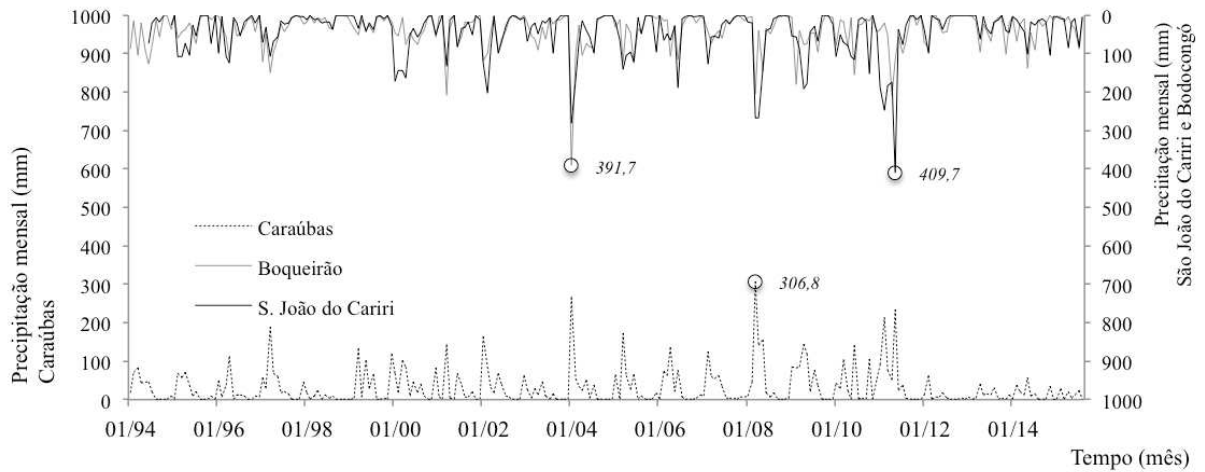


Fonte: Autoria própria.

Eventos expressivos na região de estudo muitas vezes são imprevisíveis (heterogeneidade espaço-temporal das chuvas no semiárido), no entanto, atentando-se para valores incomuns, acima de 400 mm para alguns meses, buscou-se inicialmente diagnosticar dados de pluviometria em estações próximas à região de estudo, considerando o período paralelo às ocorrências. No entanto, a inexistência desses dados tornou tarefa impossível de ser realizada.

Porém, foram observados dados de pluviometria mais atuais, em estações localizadas próximas à região de estudo, de forma a comparar/diagnosticar a ocorrência de valores acima do referido valor. São séries com dados abaixo de 30 anos, motivo pelo qual não foram utilizados aqui neste trabalho como objetivo principal. Estações monitoradas pela AESA (2018a), com dados diários para o período de 01/01/1994 e 31/12/2017. No Gráfico 3, observa-se pluviometria mensal, destacados valores acima de 300 mm, com atenção para São João do Cariri (409,7 mm em 05/2011).

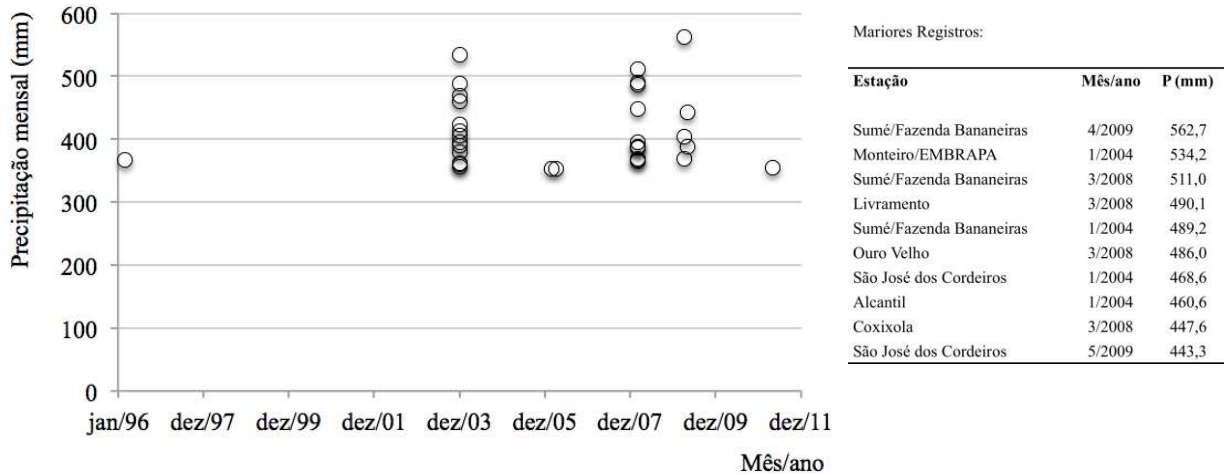
Gráfico 3 - Pluviometria mensal (mm) nas estações: São João do Cariri (Período: 01/1994 a 12/2017); Boqueirão (Período: 01/1994 a 12/2017) e Caraúbas (Período: 01/1994 a 08/2017)



Fonte: Autoria própria

Também, a partir do mesmo banco de dados da AESA (2018a), foram identificados mais 33 registros de precipitação mensal acima de 350 mm (14 acima de 400 mm) entre os anos de 1996 e 2011, em municípios localizados no Cariri Paraibano (Estações: Alcantil, Amparo, Assunção, Barra de Santana, Cabaceiras, Camalaú, Coxixola, Livramento, Monteiro/EMBRAPA, Ouro Velho, Parari, Riacho de Santo Antônio, São João do Tigre, São João do Tigre/Santa Maria da Paraíba, São José dos Cordeiros, Serra Branca, Sumé, Sumé/Fazenda Bananeiras, Taperoá). Foram 26 ocorrências nos meses de janeiro e março, e 7 nos meses de abril e maio. No Gráfico 4, são observados esses registros para o período de março de 1996 a maio de 2011.

Gráfico 4 - Precipitações mensais registradas (mm) acima de 350 mm, em estações do Cariri Paraibano (Período: março de 1996 a maio de 2011) (AESA, 2018a).



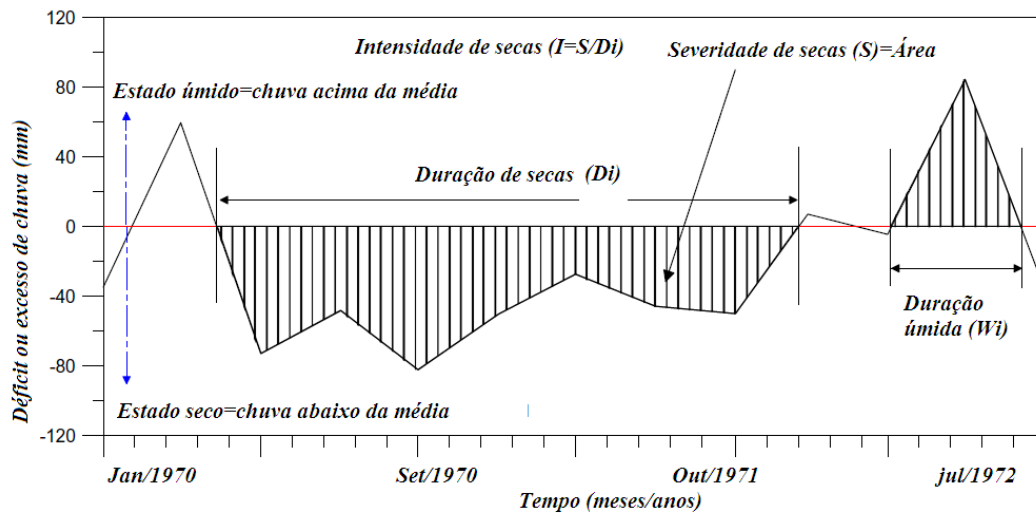
Fonte: Autoria própria.

Ressalta-se que, a ocorrência de totais mensais próximos de 400 mm em São João do Cariri, Boqueirão (Gráfico 3) (Pluviometria mensal (mm)), e em estações localizadas no Cariri (Gráfico 4) (Precipitações mensais registradas (mm) acima de 350 mm), tornou possível considerar o uso das séries escolhidas (Gráfico 2) (Pluviometria mensal (mm)), mesmo que tal análise tenha sido em períodos diferentes.

4.2.2 Método “RUN” em série de precipitação

No Gráfico 4 (Precipitações mensais registradas (mm) acima de 350 mm), destacam-se as variáveis do método “RUN” para os dados de precipitação (DRACUP, 1980). Trata-se da representação gráfica dos dados de anomalia precipitação ($AP = P_i - \bar{P}$) (P_i = precipitação do mês e \bar{P} = média de precipitação mensal do período estudado) mensal ou anual versus tempo (meses/anos) destacando-se os parâmetros: Duração (D_i), período entre as interseções da anomalia com AP nula (P_0), ou seja, período de interseção entre anomalias positivas e negativas (úmida e seca, respectivamente); Severidade (S), correspondendo a área abaixo ou acima da curva, que integra as anomalias negativas ou positivas, respectivamente, para cada duração; Intensidade (I) razão entre a severidade pela duração ($I=S/D_i$). Neste trabalho, o método “RUN” será aplicado em séries temporais de dados mensais.

Gráfico 5 - Variáveis utilizadas para analisar chuva ou seca.



Fonte: Adaptado de Dracup et al. (1980).

Entende-se, através do método “RUN”, que a duração define o tempo de severidade da estiagem, ou seja, o tempo em que as chuvas ficaram abaixo da média histórica, neste caso, a não ocorrência ($P_i = 0$) de chuva no mês, gerará uma intensidade de estiagem máxima, ou seja, a anomalia (AP) = $-\bar{P}$. Por outro lado, a integração de anomalias positivas, configura-se período chuvoso, sendo a carga total de chuva acima da média histórica da série temporal.

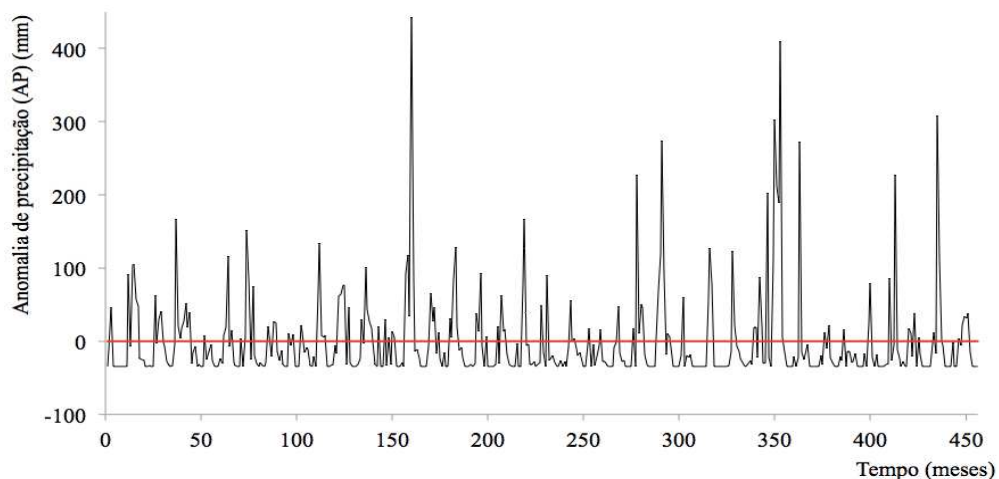
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo será mostrado os resultados obtidos e discussões sobre as anomalias encontradas (Anomalias positivas e negativas) de acordo com os parâmetros analisados, duração, severidade e intensidade.

5.1 ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO

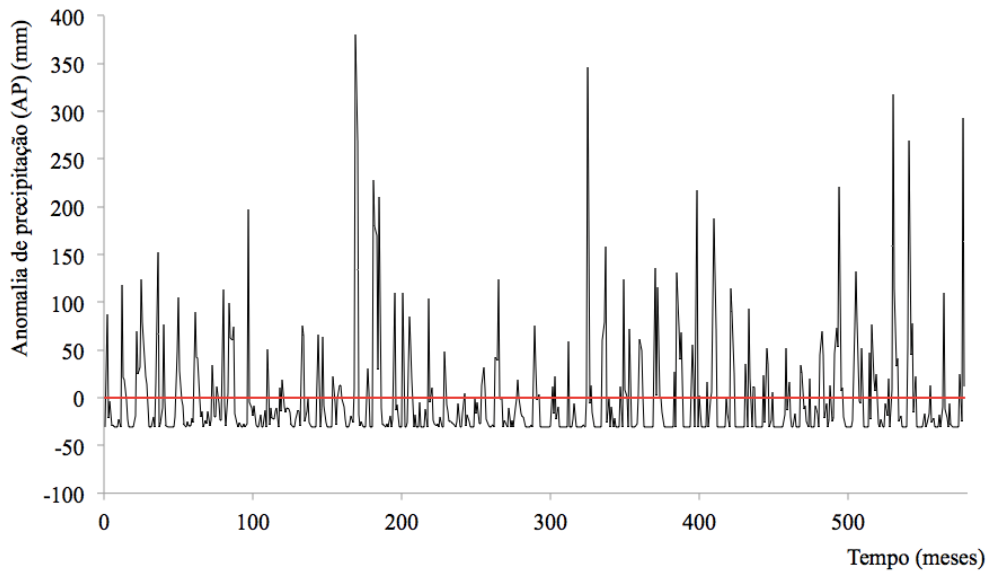
De posse dos dados mensais, foi calculado a média aritmética de cada série temporal nos períodos analisados (Caraúbas: 30,66 mm; Boqueirão: 35,578 mm; e São João do Cariri: 34,50 mm). A anomalia de precipitação foi assim obtida ($AP = P_i - \bar{P}$), cujos traçados podem ser observados nas Gráfico 6 a 8.

Gráfico 6 - Anomalia de precipitação (AP) estação São João do Cariri Código 00736012 (Período: janeiro de 1911 a dezembro de 1948).



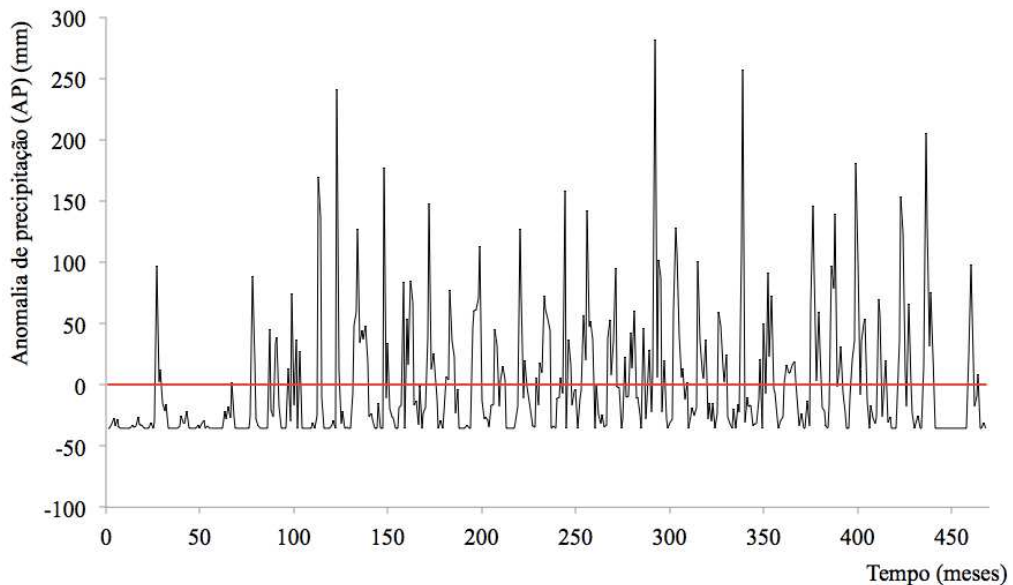
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 7 - Anomalia de precipitação (AP) estação Caraúbas Código 00736020 (Período: março de 1933 a abril de 1981).



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 8 - Anomalia de precipitação (AP) estação Bodocongó Código 00735028 (Período: janeiro de 1953 a dezembro de 1991).



Fonte: Autoria própria.

O método “RUN” configura-se uma importante ferramenta na análise dos dados da série temporal, quando os mesmos se encontram acima ou abaixo de determinado limite. A análise de índices quanto aos dados de precipitação confere o diagnóstico segundo o contexto meteorológico. Sendo assim, com a aplicação do método “RUN” nas anomalias de precipitação (Gráfico 6 a 8), foi possível diagnosticar os eventos de chuva/estiagem através dos parâmetros: períodos, severidades e intensidades.

5.1.1. Anomalias negativas

A estação de Bodocongó, localizada no município de Barra de Santana (longitude 35°58'48" Oeste e latitude 7°31'48" Sul), apresentou as maiores sequências de meses com chuvas abaixo da média histórica: junho de 1955 a junho de 1958, 37 meses; janeiro de 1953 a fevereiro de 1955, 26 meses; setembro de 1989 a fevereiro de 1991, 18 meses, esta última com intensidade máxima (-35,58 mm) um pouco maior que as duas primeiras. Nesses períodos foram observadas as maiores severidades que são as áreas acima e abaixo da média aritmética, das três estações avaliadas, integrando anomalias negativas (mm): -1164.43, -871.49, -640.38. Também foram observadas secas prolongadas: uma de 10 meses; duas de 9 meses; três de oito meses; oito de 7 meses. As demais, com valores entre 6 a 1 mês, compreenderam 42 ocorrências. Em 23 ocorrências de seca, a intensidade foi superior a 80% do valor máximo.

Na estação de São João do Cariri-PB, entre as décadas de 1930 a 1940 foram observadas as maiores severidades (em média -328.10 mm) em três ocorrências com 12 meses consecutivos de chuvas abaixo da média, uma ocorrência de 11 meses e outra de 10 meses. Destaques também: vinte vezes com chuvas abaixo da média histórica com durações entre 7 e 9 meses consecutivos. Intensidades maiores que 80% do valor máximo, foram observadas em quase metade das severidades (áreas abaixo da média aritmética) observadas. Destaque para a severidade de seca de abril a novembro de 1911, com intensidade máxima (-34,5 mm). Em 70,4% dos meses da série de dados existiu anomalias negativas.

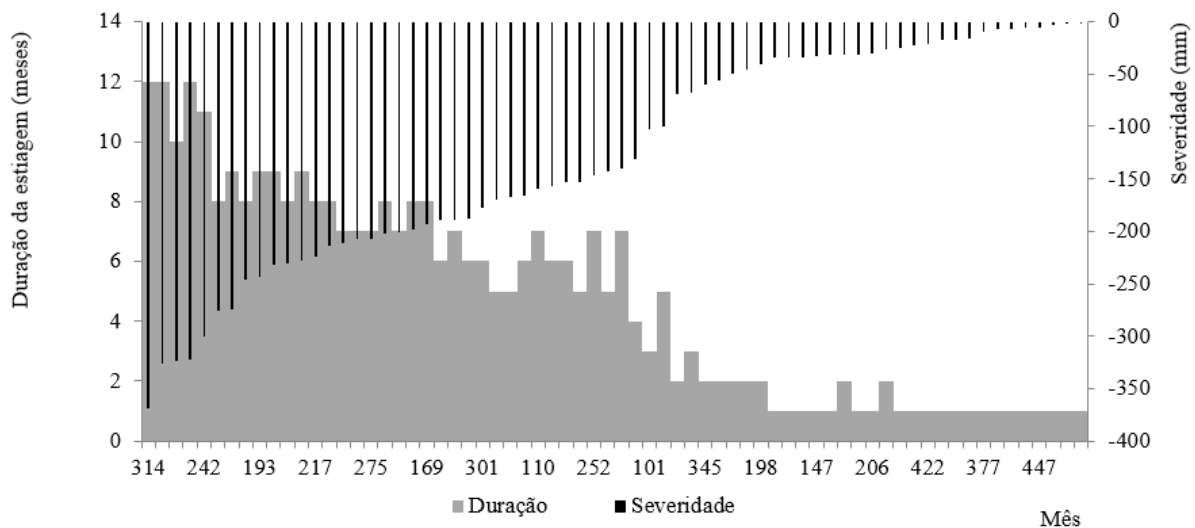
Na estação de Caraúbas-PB, quatro ocorrências de meses consecutivos com chuvas abaixo da média foram identificadas (quatro com 12 meses, dois com 11 meses e três com 10 meses) com severidade média de -250,76 mm. Em mais de 40% das severidades de seca, os períodos foram superiores a 7 meses. É a estação com mais registros de intensidade de seca máxima (17 vezes). Em mais de 50 % dos períodos de severidade encontrados a intensidade foi superior a 80% da intensidade máxima (-30,66 mm).

Na confecção dos gráficos que informam os parâmetros obtidos na metodologia desenvolvida nesse trabalho, foi considerada a sequência numérica de meses da série temporal, assim sendo: a estação São João do Cariri, com 456 dados mensais (mês 1º ao 456º mês); Caraúbas com 578 dados e; Bodocongó, com 468 dados.

Nos Gráficos 9, 11 e 13, observam-se os gráficos com o eixo das abcissas referente ao mês de cada evento de estiagem, e nos eixos das ordenadas: à esquerda, a duração da anomalia e; à direita a severidade (esse parâmetro depende meramente a precipitação e duração do período). As severidades estão dispostas em ordem decrescente.

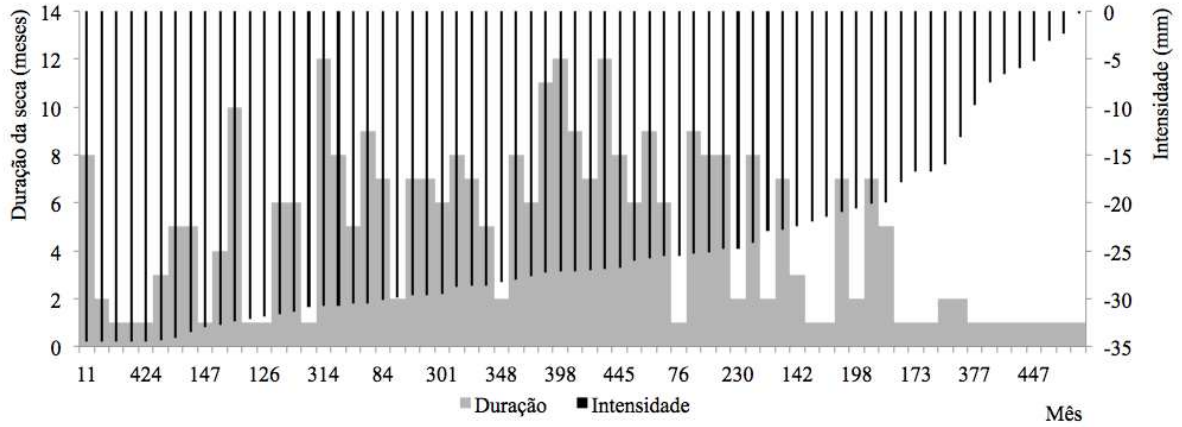
Nos Gráficos 10, 12 e 14, observam-se os gráficos com o eixo das abcissas referente ao mês de cada evento de estiagem, e nos eixos das ordenadas: à esquerda, a duração da anomalia e; à direita a intensidade. As intensidades estão dispostas em ordem decrescente. Muitas vezes a maior intensidade não vai ser aquela que teve a maior duração e severidade. Por exemplo na figura 15 no dado 314 foi onde ocorreu a maior intensidade justamente por que o período durou apenas 1 mês e nesse período não houve chuva, logo a intensidade foi máxima (-35,57 mm).

Gráfico 9 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948.



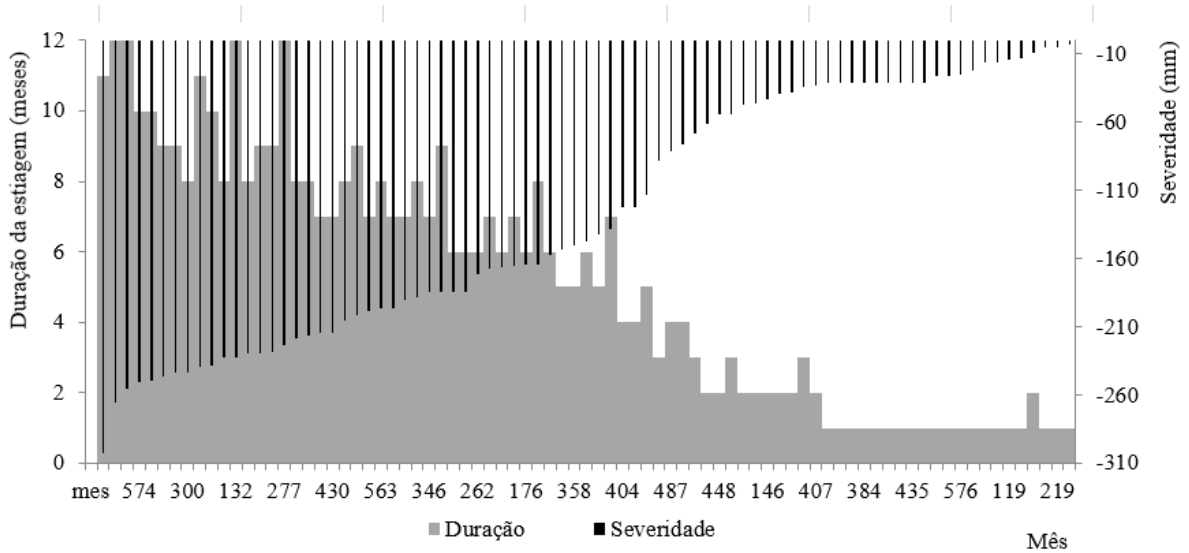
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 10 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948.



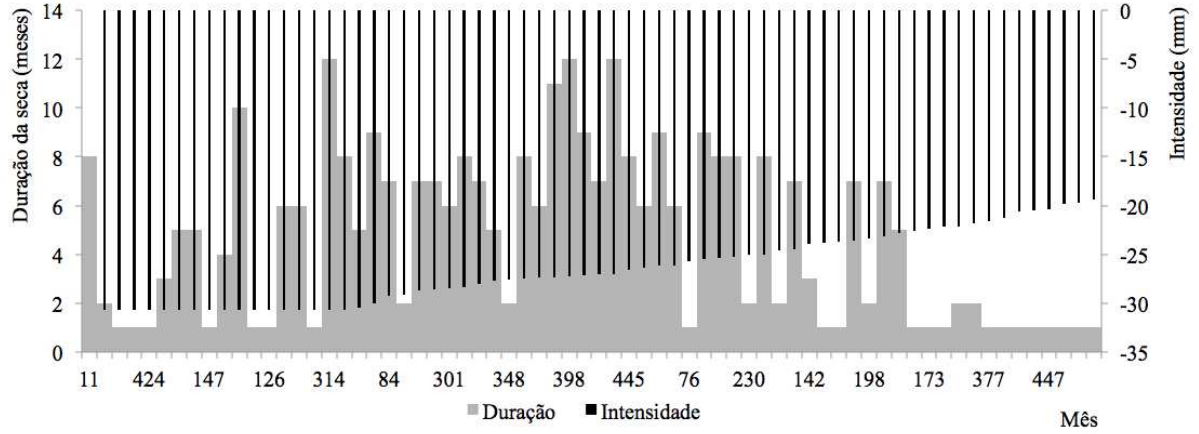
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 11 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação Caraúbas – Período: março/1933 a abril/1981.



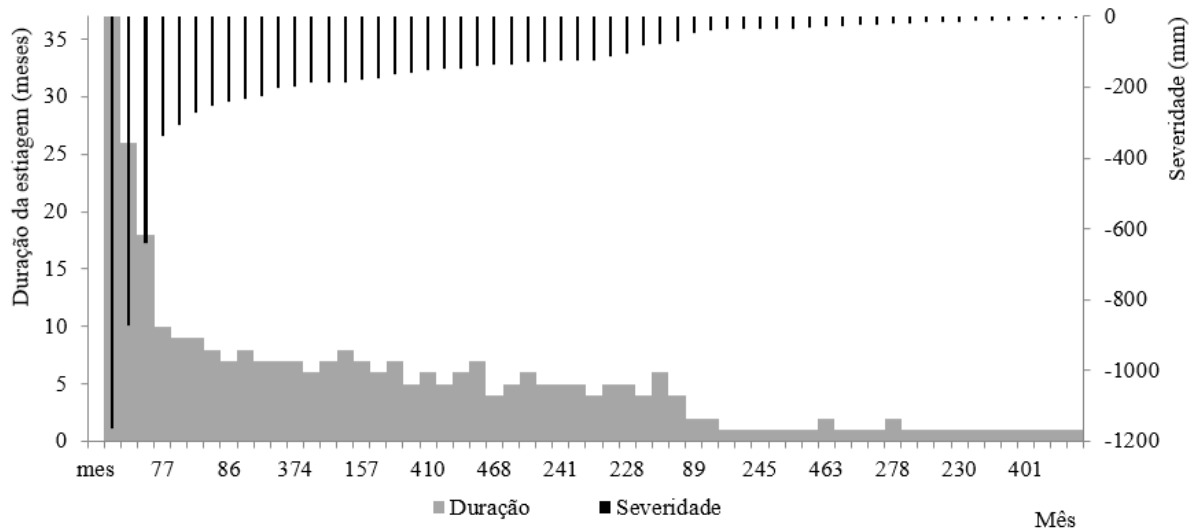
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 12 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação Caraúbas – Período: março/1933 a abril/1981.



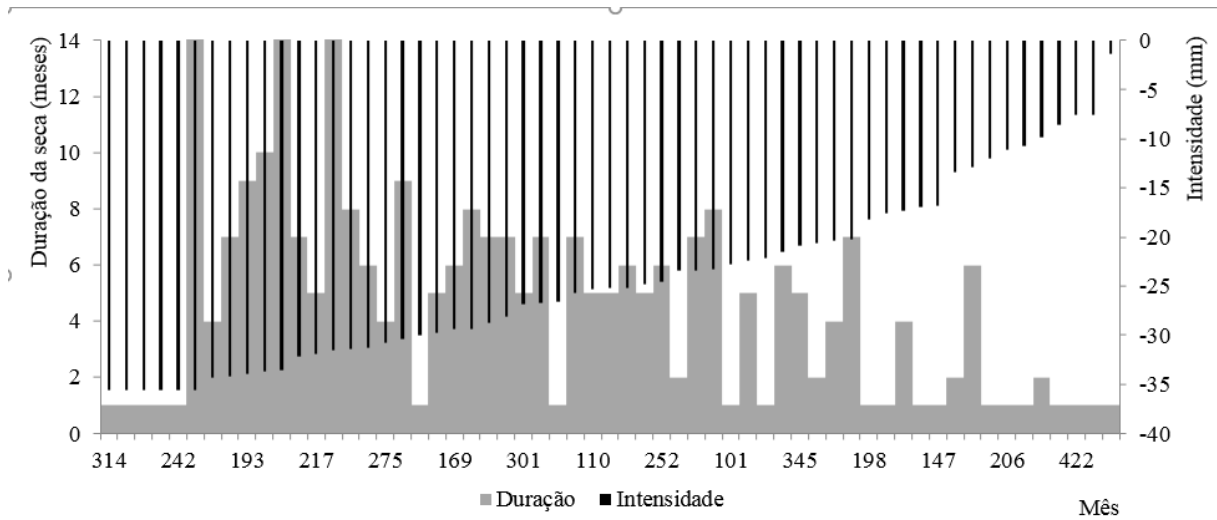
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 13 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação Bodocongó – Período: janeiro/1953 a dezembro/1991.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 14 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de estiagem – Estação Bodocongó – Período: janeiro/1953 a dezembro/1991.



Fonte: Autoria própria.

5.1.2. Anomalias positivas

Na estação de São João do Cariri-PB foram identificadas 67 períodos com anomalias positivas, variando de 1 a 8 meses. Em apenas 11 ocorrências foram superados os 3 meses de chuva acima da média. Com destaques para os meses de janeiro a agosto de 1914, a maior sequência com 8 meses de precipitação acima da média da série temporal; e janeiro a junho de 1940, com o maior impacto hídrico (integrando anomalias positivas em 1231 mm, em 6 meses de chuva, com 205,17 mm de intensidade). Maiores intensidades na década de 1940: no mês de março de 1941, com 272,3 mm; maio de 1945, 227 mm e entre março e abril de 1947, com 210,25 mm. Em 29,6% dos meses estudados os dados de chuva estavam acima da média.

Na estação de Caraúbas-PB, a maior duração de anomalias positivas de chuva foi observada em 1935, com 8 meses, porém com intensidade baixa em relação aos valores mais expressivos (50,81 mm). Os períodos com maiores contribuições de chuva (anomalia positiva), foram observados de março a julho de 1948, com 817,42 mm e de fevereiro a abril de 1947, com 659,03 mm (219,68 mm de intensidade). Apenas 27,34% dos meses da série de Caraúbas tinham dados de anomalias positivas, 60,75% das intensidades calculadas estavam acima da média histórica (30,66 mm).

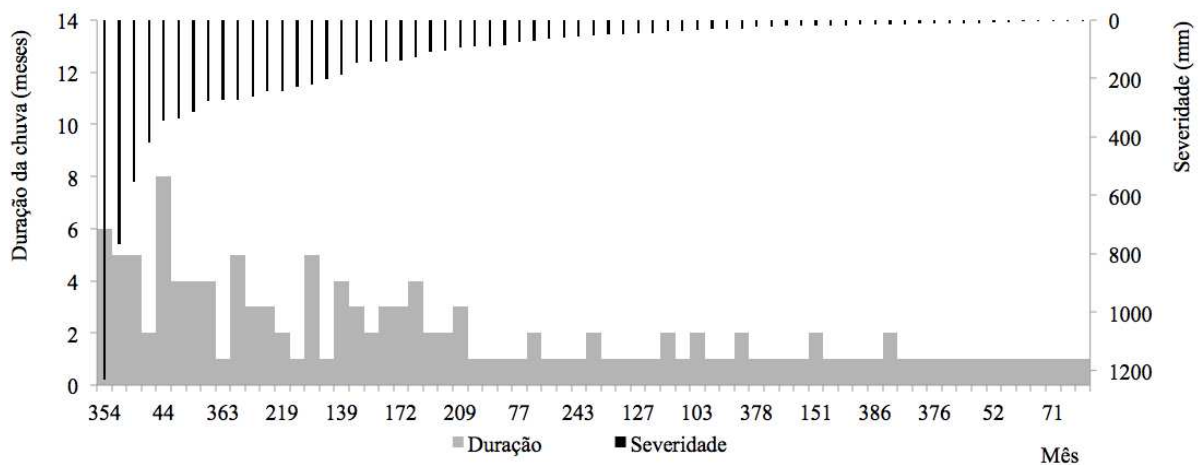
De dezembro de 1963 a julho de 1964, foi observado a maior duração de anomalia positiva na série histórica da estação Bodocongó (8 meses), no entanto com intensidade de 52,04 mm. Outra sequência de 7 meses (janeiro a julho de 1983) foi constatada, mas com fraca intensidade de 10,59 mm. As maiores intensidades ocorreram entre fevereiro e março de

1981 (184,02 mm) e em abril de 1965 (177,52 mm). Nessa estação, foi observado o menor índice de intensidade média (52,36 mm), bem como menor média de chuvas consecutivas acumuladas (anomalias positivas) (149,25 mm).

Nos Gráficos 15, 17 e 19, observam-se os gráficos com o eixo das abcissas referente ao mês de cada evento chuvoso, e nos eixos das ordenadas: à esquerda, a duração da anomalia e; à direita a severidade. As severidades estão dispostas em ordem decrescente.

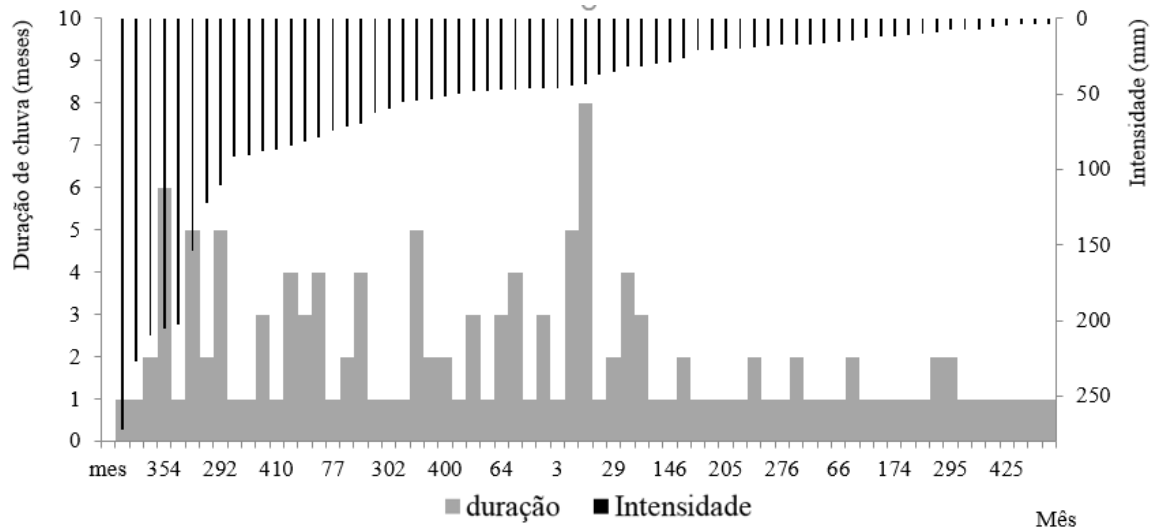
Nos Gráficos 16, 18 e 20, observam-se os gráficos com o eixo das abcissas referente ao mês de cada evento chuvoso, e nos eixos das ordenadas: à esquerda, a duração da anomalia e; à direita a intensidade. As intensidades estão dispostas em ordem decrescente.

Gráfico 15 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948.



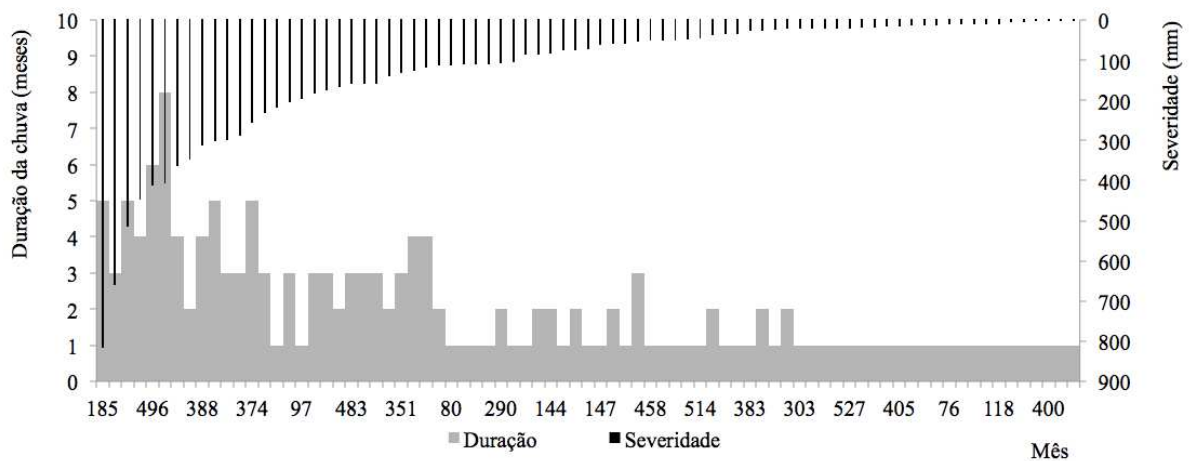
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 16 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948.



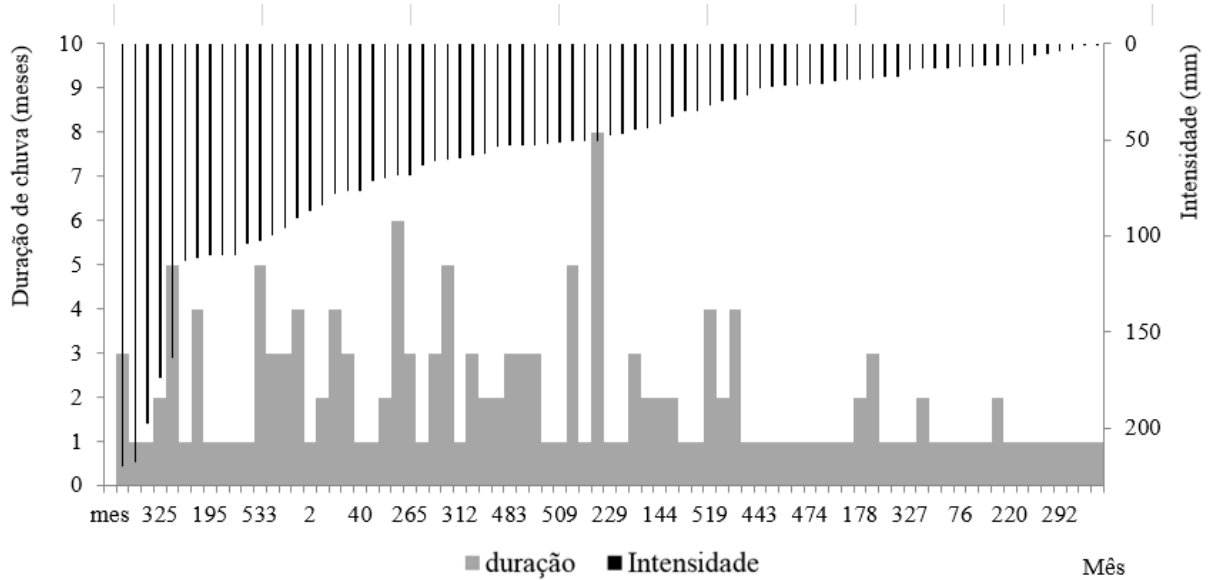
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 17 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação São João do Cariri – Período: janeiro/1911 a dezembro/1948.



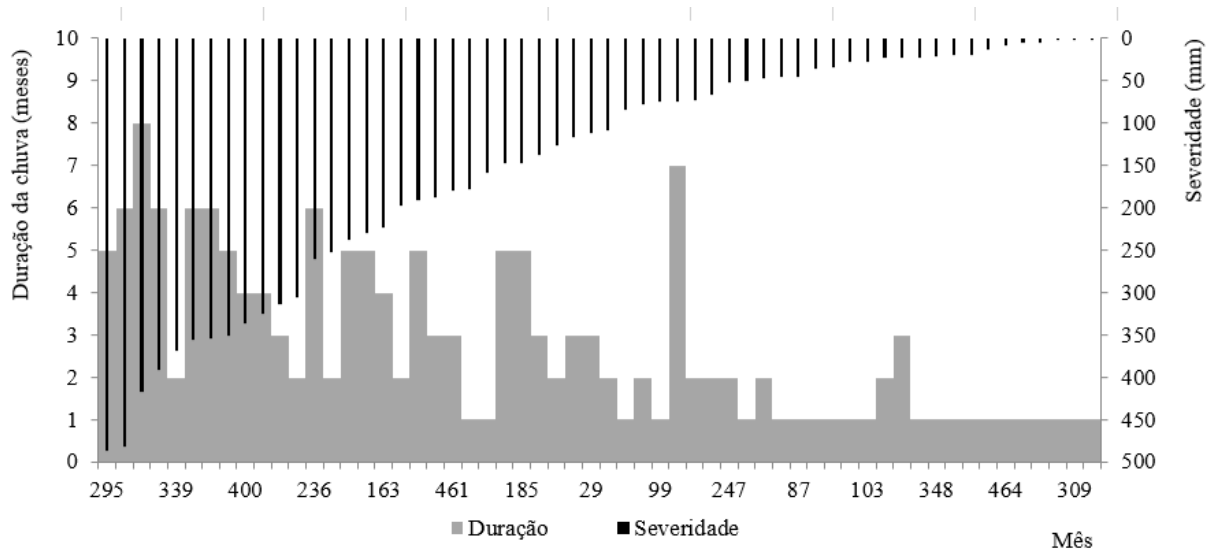
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 18 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação Caraúbas – Período: março/1933 a abril/1981.



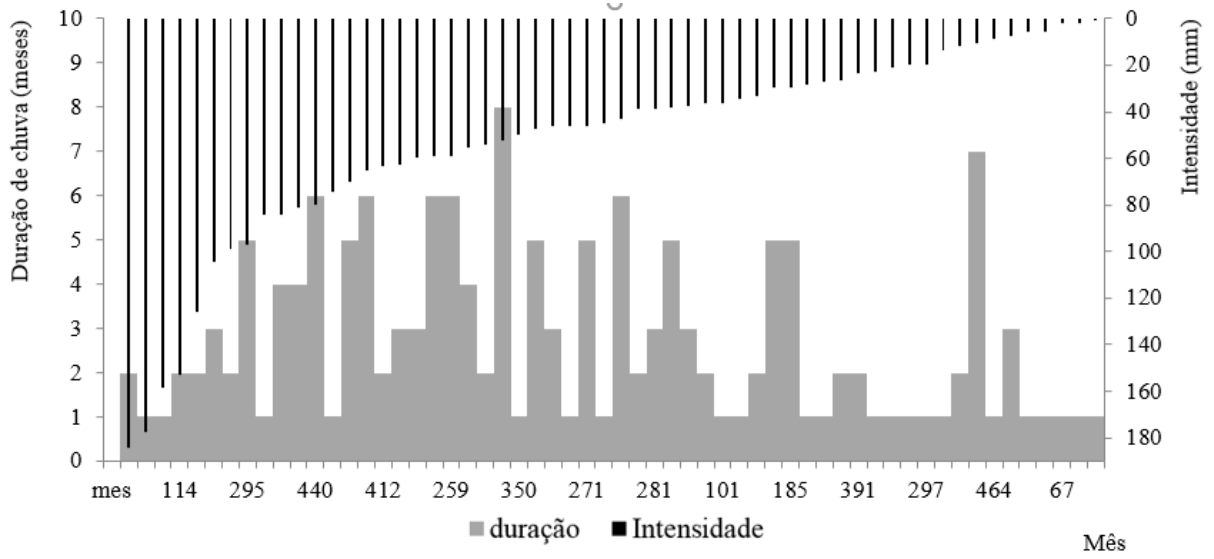
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 19 - Duração e meses relacionados à severidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação Caraúbas – Período: março/1933 a abril/1981



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 20 - Duração e meses relacionados à intensidade (em ordem decrescente) das anomalias de chuva – Estação Bodocongó – Período: janeiro/1953 a dezembro/1991.



Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÕES

O método “RUN” aplicado em dados de precipitação neste trabalho, mostrou-se ser importante ferramenta na análise dos eventos de chuva e de estiagem na região de estudo, destacando-se a observação quanto a qualidade dos dados, bem como o uso de séries temporais de longo período. Os parâmetros de duração, severidade e intensidade auxiliam no diagnóstico de quão impactante, positivamente ou negativamente, as chuvas na região se comportam ao longo dos anos estudados (1911 a 1991).

Nas análises das séries temporais, através da metodologia aplicada, foram destacados: estação de Bodocongó com maiores durações de seca e menores intensidades médias de chuva; poucas ocorrências de meses consecutivos com chuvas acima da média histórica nas três estações; mais de 70 % dos dados de Caraúbas e São João do Cariri localizados no Cariri Oriental paraibano apresentam chuvas abaixo da média histórica.

Recomenda-se a aplicação da metodologia em outras estações, observando os aspectos qualitativos e quantitativos dos dados, bem como, na medida do possível, considerar séries temporais de mesmo período, para apoiar na desratização dos parâmetros aqui analisados, em faixas numéricas, comparando com eventos de seca em dados históricos, de modo a apoiar estudos relacionados à índices de seca em regiões do semiárido.

REFERÊNCIAS

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. Pluviometria Diário por Posto Pluviométrico entre os dias 01/01/1994 e 31/12/2017. Março, 2018a.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. Bacias Hidrográficas. 2009. Disponível em: <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportais/mapas_perh/BaciasHidrografica_sdoEstadodaParaiba.zip> . Acesso em: Ago. 2018.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. Caracterização das Bacias Hidrográficas, 2009. Disponível em http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_02.pdf >. Acesso: 24 jul. 2018.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas. Volume diário dos principais açudes. Março 2017. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-diario/?tipo=outros>. Acesso >: Ago. 2018.
- BARLOW et., 2001. ENSO, Pacific Decadal Variability, and U. S. Summertime Precipitation, Drought, and Stream Flow. n. 1997, p. 2105–2128, 2001.
- ALBUQUERQUE, J. P. T.; RÊGO, J. C. 1998. **Conceitos e definições para avaliação e gerenciamento conjunto de recursos hídricos superficiais e subterrâneos**. IV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Campina Grande, 1998.
- AMS, (AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY). AMS statement on meteorological drought. Bull. Am. Meteor. Soc, v. 85, n. 771773, p. 6, 2004.
- ANTUNES, L. Os 10 maiores períodos de seca no Brasil. 2016. Super interessante. Disponível em < <https://super.abril.com.br/blog/superlistas/os-10-maiores-periodos-de-seca-no-brasil> >. Acesso em: 28 de julho de 2018.
- BERTONI, J. C, TUCII, C. E. M. Precipitação. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Carlos E. M. Tucci (org.). 4ed. 2013.
- BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise comparativa dos índices de seca de palmer, palmer adaptado e índice padronizado de precipitação no estado de São Paulo. **Rev. bras. meteorol.** 2007, vol.22, n.1, pp.105-111.
- BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. **Avaliação adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) às condições climáticas do Estado de São Paulo**. Bragantia, v. 64, n. 4, p. 695–705, 2005.
- BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T. 118 Anos de Dados Mensais do Índice Padronizado de Precipitação: Série Meteorológica de Campinas, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.1, 137 - 148, 2010.
- BRITO, F. B. O Conflito Pelo Uso Da Água Do Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) – Pb. p. 208, 2008.

CAMARGO, M. B. P.; CAMARGO, A. P. **Representação Gráfica Informatizada Do Extrato Do Balanço Hídrico De Thornthwaite & Mather.** *Bragantia*. Campinas v. 52, n. 2, p. 169–172, 1993.

CAMPOS LÁZARO, Y. M Magdalena.; SILVEIRA, C. Silva.; SOUZA FILHO, F. Assis. Avaliação de Desempenho dos Modelos do IPCC-AR4 no Nordeste Setentrional do Brasil Quanto à Variabilidade Plurianual da Precipitação no Século XX. 2011. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.28 n.3 São Paulo. p. 317 - 330, 2013.

CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**, v. 28, n. 82, p. 65–88, 2014.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. DE C. Secas no nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. **Fourth Inter-American Dialogue on Water Management**, n. November, p. 10, 2001.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Revista Terra Livre**, São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 193-2004.

DA PAZ, J. Desabrigados das enchentes de 2010 em Palmares ainda esperam moradias Diário de Pernambuco, 2017. Disponível em: < www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2017/06/22/interna_vidaurbana,709751/desabrigados-das-enchentes-de-2010-em-palmares-ainda-esperam-moradias.shtml >. Acesso em: 23 jul. 2018.

DRACUP, J. A.; LEE, K. S.; PAULSON, E. G. On the statistical characteristics of drought events. **Water Resources**, 16 (2), p.289–296, 1980.

FERNANDES, D. S. et al. Desempenho de índices quantitativos de seca na estimativa da produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 771–779, 2010.

FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B.; PAZ, R.L.F. da; AMORIM, A. de O.; CARDOSO, A.S. Índices para a quantificação da seca. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2009. 10p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 244).

FRAGOSO JUNIOR, C.R, PEDROSA, V.A., SOUZA, V. C. B. **Reflexões sobre a cheia de junho de 2010 nas bacias do rio Mundaú e Paraíba.** X Simpósio Regional Brasileiro de Recursos Hídricos. Fortaleza/CE. 2010. Disponível em:< <http://www.ctec.ufal.br/professor/vap/Cheia2010.pdf> >.

FREITAS, M. A. Sousa. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95, 2005.

GALVÃO, C.O.; RÊGO, J.C.; RIBEIRO, M.M.R.; ALBUQUERQUE, J.P.T. (2001). **Sustainability characterization and modelling of water supply management practices.** IAHS-AISH Publication, 268, pp. 81-88.

GARCEZ, L. N; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2a Edição. Revista e Atualizada. São Paulo: Blucher. 1988.

GONÇALVEZ et., al, 2009. **As chuvas e as secas influenciada pelo El Niño e La Niña no Sul e Nordeste Brasileiro**. Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia De Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

HASTENRATH, S. Circulation and teleconnection mechanisms of Northeast Brazil.droughts. **Progress in Oceanography**. v. 70, p. 407–415, 2006.

HEIM JR., R. R. A Review of Twentieth- Century Drought Indices Used in the United States. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 83, n. August, p. 1149–1165, 2002.

HIDROWEB. Sistemas de Informações Hidrológicas. Séries Históricas de Estações. 2018. Disponível em: < https://www.google.com/search?q=hidroweb&rlz=1C1RLNS_pt-BRBR803BR803&oq=hidroweb&aqs=chrome..69i57j69i59l2j0l3.3104j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8 >. Acesso em: maio 2018.

HOLTZ. Tipos de Precipitação. In: PINTO, N. S. et al., **HIDROLOGIA BÁSICA**. São Paulo: Blucher. 1976.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/home> >. Acesso em: 24 de jul. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama> >. Acesso em: 03 de agos. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/barra-de-santana/historico>>. Acesso em: 3 de Ago. 2018.

INMET. Instituto nacional de meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas> >. Acesso: 20/05/2018.

JACINTO, R.A.F. **Resiliência a eventos de seca e cheia no contexto dos instrumentos de planejamento (ordenamento e emergência)**. Cadernos Curso de Doutorado em Geografia. FLUP, 2012. Disponível em: < <http://ler.letras.up.pt/uploads/cheiros/9961.pdf> >.

KATIPOGLU, O. M; CAN, I. **Water Science and Technology: Water Supply**. Determining the lengths of dry periods in annual and monthly stream flows using runs analysis at Karasu River, in Turkey. Vol. 18. Pág: 1329-1338, 2017. Disponível em: < <https://iwaponline.com/ws/article-abstract/18/4/1329/39247> >. Acesso em: 3 Ago 2018.

KEYANTASH, J.; DRACUP, J. A. The quantification of drought: An evaluation of drought indices. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 83, n. 8, p. 1167–1180, 2002.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. **Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS**, 2010. Disponível em: < <http://www.fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-504.pdf> >.

MARENGO, J. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semárido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, v.27, p.149-75, 2008.

MCCABE, G. J.; PALECKI, M. A.; BETANCOURT, J. L. **Pacific and Atlantic Ocean influences on multidecadal drought frequency in the United States**. v. 101, n. 12, 2004.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. **AMS 8th CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY**, n. January, p. 179–184, 1993.

MILLER, R. B; FOX, G. A. **Journal of Hydrology: Regional Studies**. A tool for drought planning in Oklahoma: Estimating and using drought-influenced flow exceedance curves. **ScienceDirect**. Vol. 10, pág. 35-46, 2017. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581816300568> > Acesso em: 3 Ago 2018.

MINISTRO DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (MDA). Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável – PTDRS - Território do Cariri Oriental. Resumo Executivo, 2010. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio027.pdf>. Acesso: 24 jul. 2018.

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

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER (NDMC). Types of Drought. University of Nebraska-Lincoln. Disponível em < <http://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx> >. Acesso em: Julho, 2018.

NOGUEIRA, L.A.H. CAPAZ, R. S. org. **Ciências ambientais para engenharia**. 1ª edição, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

NORONHA, G. C. DE; AQUINO, M. DE; MASSERA, G. Análise do Índice de Anomalia de Chuva para a Microbacia de Santa Maria / Cambiocó , RJ Rain Anomaly Index Analysis for the SantaMaria / Cambiocó Catchment , Rio de Janeiro State , Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, p. 74–81, 2016.

OPENBRASIL. O grito da Seca- Cronologia das Secas.OpenBrasil.org, 2011. Disponível em: < <http://ogritodaseca.openbrasil.org/2011/06/cronologia-das-secas-1583-2001.html> >. Acesso em: 23 jul. 2018.

PALMER, W. C. **Meteorological DroughtU.S.** Weather Bureau, Res. Pap. No. 45, 1965.

PARTAL, T; CIGIZOGLU, H. K; KAHYA, E. Daily precipitation predictions using three different wavelet neural network algorithms by meteorological data. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**. Vol 29. Pág. 1317-1329, 2015. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00477-015-1061-1#citeas> >. Acesso em: 3 Ago 2018.

RAZMKHAH, H. **Water Resources Management**. Comparing Threshold Level Methods in Development of Stream Flow Drought Severity-Duration-Frequency Curves. Vol. 31. Pág:

4045-4061, 2017. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-017-1587-8> >. Acesso em: 3 Ago 2018.

REDMOND, K.T. **The depiction of drought**: a commentary. Bulletin of the American Meteorological Society, v.83, p.1143-1147, 2002.

RÊGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; ALBUQUERQUE, J.P.T. (2012). **Considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do açude Epitácio Pessoa** – Boqueirão na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba em cenário de vindouros anos secos. In Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. João Pessoa, Nov. 2012.

RÊGO, J.C.; RIBEIRO, M.M.R.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; GALVÃO, C.O.; SOUZA, J.A. (2013). **Atribuições e responsabilidades na gestão de recursos hídricos** - o caso do açude Epitácio Pessoa/Boqueirão no Cariri Paraibano. In Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, Nov. 2013.

RODRIGUES, N. M. Todas as 130 secas registradas no espaço geográfico do Semiárido do Nordeste do Brasil. 2016. Disponível em < <http://natalgeo.blogspot.com/2016/02/todas-as-128-secas-registradas-no.html> >.

ROSA, Ricardo. **ÍNDICES DE SECA. APLICAÇÃO AO CONTINENTE PORTUGUÊS**. 2011. 03 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

SAHOO, A. K et al., Remote Sensing of Environment: Evaluation of the Tropical Rainfall Measuring Mission Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA) for assessment of large-scale meteorological drought. **Science Direct**. Vol. 159, pág. 181-193, 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442571400488X> >. Acesso em: 03 Ago. 2018.

SANTOS M.J. 1998 – “**Caracterização e monitorização de secas**”, INAG-SNIRH Hidrobiblioteca. Disponível em: < snirh.pt/snirh/download/relatorios/caract_secas.pdf >. Schubert, S.D., Suarez, M.J., Pegion, P.J., Koster, R.D., Bacmeister, J.T. Causes of Long-Term Drought in the U. S. Great Plains. p. 485–503, 2004.

SILVA, L. P. Hidrologia: Engenharia e Meio Ambiente. Elsevier Brasil, 2015.
Silva, L. PB tem mais de 100 reservatórios com baixo volume, 2016. Jornal da Paraíba. Disponível em < https://www.jornaldaparaiba.com.br/vida_urbana/pb-tem-mais-de-100-reservatorios-com-baixo-volume.html >.

SILVA, V. de P. R.; Correia, A. A.; Coelho, M. S. Análise de tendência das series de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.111-114, 1998.

SILVA, V. P. R. DA et al. 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.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e bacia hidrográfica. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Carlos E. M. Tucci (org.). 4ed . 2013.

SOUZA, J. C. O. Análise do Evento Climático Extremo Ocorrido na Região Leste de Alagoas: Bacias Hidrográficas dos Rios Mundaú e Paraíba do Meio. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 2011. v. 4, n.2. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232732>>. Acesso em: 28 de julho de 2018.

SCHUBERT et al., Causes of Long-Term Drought in the U.S. Great Plains. **American Meteorological Society**. Fev, 2004.

TORQUATO, S. Cinco maiores açudes da Paraíba acumulam menor volume dos últimos cinco anos. Jornal da Paraíba. Janeiro 2017. Disponível em <http://www.jornaldaparaiba.com.br/vida_urbana/cinco-maiores-acudes-da-paraiba-acumulam-menor-volume-dos-ultimos-cinco-anos.html>. Acesso em: Ago. 2018.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4ª Edição. Porto Alegre: UFRGS/ABRH. 2012.

WILBY, R. L et al., Journal of Extreme Events: Persistence of Hydrometeorological Droughts in the United Kingdom: A Regional Analysis of Multi-Season Rainfall and River Flow Anomalies. Vol. 02, 2015. Disponível em: <<https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S2345737615500062>>. Acesso em: 3 Ago 2018.

WILHITE, D. A. DROUGHT. **Encyclopedia of Atmospheric Sciences**, p. 650–658, 1 jan. 2003.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Water International Understanding: The Drought Phenomenon: The Role of Definitions. 2009.

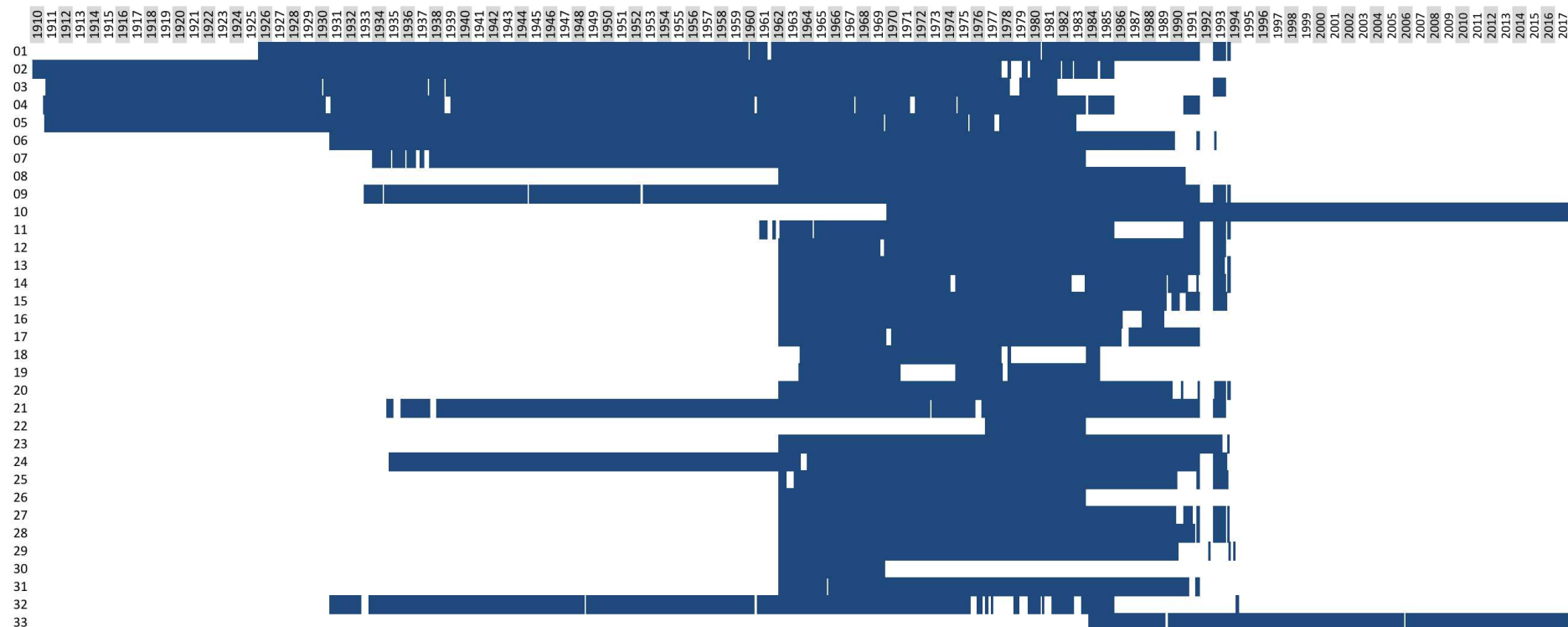
WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Drought and agriculture**. Geneva, Switzerland, 1975. 127 p. (WMO Tech. Note 138, Publ. WMO-392).

YANG, W. Drought Analysis under Climate Change by Application of Drought Indices and Copulas. **Civil and Environmental Engineering**, 2010.

YEVJEVICH, V. (1967) An objective approach to definition and investigations of continental hydrologic droughts, **Hydrology papers**, 23, Colorado State University, Fort Collins, USA.

ANEXO

Anexo 1A: Meses com dados diários de precipitação em séries históricas do HIDROWEB (2018)
Estações localizadas na Mesorregião da Borborema



Legenda: Estação, código

01 Cabaceiras, 736022	07 Pedra Lavrada, 636037	13 Camalaú, 736021	19 Monteiro, 737913	25 São José dos Cordeiros, 736011	31 Sumé (Fazenda Bananreiras), 00736026
02 Monteiro, 73714	08 Barra de São Miguel, 636037	14 Congo, 736018	20 Prata, 737004	26 São Mamede, 636037	32 Sumé, 736003
03 Santa Luzia, 636043	09 Bodocongo, 735028	15 Gurjão, 736016	21 Salgadinho, 736010	27 São Sebastião do Umbuzeiro, 837000	33 Taperoá II, 00736000
04 Taperoá, 736002	10 Bodocongo, 735124	16 Santo Andre, 736005	22 Santa Luzia, 636041	28 Coxixola, 00736017	
05 São João do Cariri, 736012	11 Bodocongo, 736023	17 Juazeirinho, 736015	23 Santa Maria da Paraíba, 00836001	29 Serra Branca, 736009	
06 Caraúbas, 736020	12 Riacho Santo Antônio, 736013	18 Alagoa do Monteiro, 737012	24 São João do Tigre, 00836000	30 Sucuru, 00736004	

