

INDICES DE SEVERIDADE DA SECA NO SEMIÁRIDO, PARAÍBA

<https://doi.org/10.4215/rm2022.e21024>

Maxsuel Bezerra do Nascimento ^{a*} - Marysol Dantas de Medeiros ^b

(a) Doutorando em Ciências do Clima. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN), Brasil

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6381-2688>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/7100621157794567>.

(b) Doutor em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (CE), Brasil.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6055-170X>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/1715327754811051>.

Article history:

Received 12 April, 2021
Accepted 31 October, 2022
Published 15 December, 2022

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: UFRN. Lagoa Nova S/N, CEP 59078-970 , Natal (RN), Brasil. Tel (+55 84) 3342-2330

E-mail: maxsuel10gba@hotmail.com

Resumo

A ocorrência de secas anuais e plurianuais no semiárido brasileiro é um fenômeno recorrente e que desencadeia uma série de consequências, com impactos no ambiente e na qualidade de vida da população que habita essa região. A Região Geográfica Imediata de Monteiro – PB (REGIM), localizada no semiárido paraibano, não difere dessa realidade, tendo em vista que está inserida no polígono das secas. Diante do exposto, está pesquisa tem o objetivo de correlacionar os Índices de Severidade dos Eventos da Seca MD, IPN e IAC na REGIM, através dos dados da série pluviométrica histórica, com intuito de classificar os dados quantitativos em escala mensal e anual e a identificação da Severidade dos Eventos (SDE) desses ciclos e, assim, avaliar a variação da precipitação no tempo, identificando os períodos secos e chuvosos. No desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados dados pluviométricos mensais da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESAs), para composição da variabilidade espaço-temporal da precipitação, que foi calculada através do Índice de Porcentagem Normal – IPN (CUNHA, 2008), Método dos Decis – MD (GIBBS; MAHER, 1967) e Índice de Anomalia de Chuva – IAC (ROOY, 1965).

Palavras-chave: Índices de Padronização Pluviométrica – IPP; Severidade dos Eventos – SDE; Recursos Hídricos.

Abstract / Resumen

DROUGHT SEVERITY INDICES IN THE SEMIARID, PARAÍBA

The occurrence of annual and multiannual droughts in the Brazilian semiarid is a recurrent phenomenon that triggers a series of consequences, impacting the environment and the quality of life of the population inhabiting this region. Due to its location in the drought polygon, the Immediate Geographical Region of Monteiro – PB (REGIM) does not diverge from this reality. Given the above, this research aims to correlate the DM, PNI, and RAI Severity Indices of Drought Events in the REGIM, through the historical rainfall series data, to classify the quantitative data on a monthly and annual scale and identify these cycles' Severity of Events (SDE) and consequently evaluate the variation of precipitation over time, identifying the dry and rainy periods. The research sourced monthly rainfall data from the Northeast Development Superintendence (SUDENE), National Institute of Meteorology (INMET), and Executive Agency of Water Management of Paraíba (AESAs) to compose the spatial and temporal precipitation variability, which was calculated through the Normal Percentage Index – NPI (CUNHA, 2008), Decision Method – DM (GIBBS; MAHER, 1967) and Rainfall Anomaly Index – RAI (ROOY, 1965).

Keywords: Rainfall Standardization Indices – Ipp; Severity of Events – SDE; Water Resources.

ÍNDICES DE SEVERIDAD DE LA SEQUÍA EN EL SEMIÁRIDO, PARAÍBA

La ocurrencia de sequías anuales y plurianuales en la región semiárida brasileña es un fenómeno recurrente que desencadena una serie de consecuencias, con impactos en el medio ambiente y en la calidad de vida de la población que habita esa región. La Región Geográfica Inmediata de Monteiro - PB (REGIM), ubicada en la región semiárida de Paraíba, no difiere de esta realidad, considerando que se inserta en el polígono de sequía. En vista de lo anterior, esta investigación tiene como objetivo correlacionar los Índices de Severidad de los Eventos de Sequía MD, IPN e IAC en REGIM, a través de datos de la serie histórica de precipitaciones, con el fin de clasificar datos cuantitativos a escala mensual y anual e identificar la Severidad de los Eventos (SDE) de estos ciclos y, así, evaluar la variación de la precipitación en el tiempo, identificando los períodos seco y lluvioso. En el desarrollo de esta investigación, se utilizaron datos de precipitaciones mensuales de la Superintendencia de Desarrollo del Nordeste (SUDENE), el Instituto Nacional de Meteorología (INMET) y la Agencia Ejecutiva de Gestión Hídrica de Paraíba (AESAs) para componer el espacio. la variabilidad temporal de la precipitación, que se calculó mediante el Índice de Porcentaje Normal - IPN (CUNHA, 2008), el Método de Deciles - MD (GIBBS; MAHER, 1967) y el Índice de Anomalia de la Lluvia - IAC (ROOY, 1965).

Palabras-clave: Índice de Estandarización de Lluvia – Ipp; Severidad de Eventos – SDE; Recursos Hídricos.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de secas anuais e plurianuais no semiárido brasileiro se constitui como um dos principais problemas que vem afetando a biodiversidade, bem como a qualidade de vida da população local, uma vez que as estiagens que se abateram sobre esse espaço têm contribuído para a redução das reservas de água superficiais e subterrâneas, comprometendo o abastecimento hídrico de muitas cidades e comunidades rurais.

A seca refere-se à falta ou redução de chuvas no transcorrer do tempo em determinado local, cujo início é de complexa detecção. Portanto, seus impactos são múltiplos e severos, podendo acarretar agravos diretos e indiretos sobre os setores ambientais, econômicos e sociais, o que, em alguns casos, contribui para acelerar o processo migratório das famílias afetadas (MAGALHÃES, 2016; HAGENLOCHER et al., 2019; MEZA et al., 2019).

Nesse sentido, o conhecimento das características climáticas e suas projeções são essenciais, visto que evidenciam mudanças na precipitação e nas temperaturas da região do Nordeste brasileiro (NEB), fato que está intimamente associado à disponibilidade hídrica e as condições de adaptação das culturas (SALES et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2016).

De acordo com Costa e Silva (2017), o monitoramento das secas pode ser realizado por índices climáticos, os quais caracterizam os períodos secos e chuvosos, com o propósito de entender o comportamento das chuvas e a variabilidade climática de uma localidade, estado ou região e, assim, prever a severidade desses fenômenos e seus impactos.

Durante as últimas décadas, vem se intensificando o uso de Índices de Seca no intuito de demonstrar métodos nas análises de chuvas, temperatura e umidade, com destaque para os seguintes métodos: Índice de Severidade de Seca de Palmer – PDSI (Palmer Drought Severity Index) (PALMER, 1965); Índice de Seca de Bhalme e Mooley – BMDI (Bhalme & Mooley Drought Index) (BHALME; MOOLEY, 1980); Índice de Desvio de Chuva de Lamb – LRDI (Lamb Rainfall Departure Index) (LAMB et al., 1986); O Índice de Porcentagem Normal – IPN (CUNHA, 2008); Método dos Decis – MD (GIBBS; MAHER, 1967); Índice de Anomalia de Chuva – IAC (Rainfall Anomaly Index) (ROOY, 1965); e o Índice de Precipitação Padronizada – SPI (Standardized Precipitation Index) (McKEE et al., 1993).

Dentre os Índices de Seca supracitados, destacam-se o IPN, MD e o IAC, pois esses possuem vantagens como dados de uma variável ambiental, no qual a mais empregada é a pluviosidade, o que facilita o desenvolvimento da pesquisa e a análise do estudo, permitindo potencializar a utilização destes para as condições brasileiras, nas quais se tem uma grande dificuldade na obtenção de séries históricas de outras variáveis climatológicas com pelo menos 30 anos de dados (LIMA, 2016).

O IPN proporciona simplicidade em seus cálculos e pode ser empregado para diferentes escalas temporais, alterando, na maioria das vezes, entre um mês ou um conjunto de meses até um ano. Seus efeitos, no entanto, podem ser erroneamente explicados, uma vez que os dados normais usados nos cálculos podem proporcionar variabilidade ao longo do tempo na área de estudo (NDMC, 2020).

De acordo com Maniçoba et al., (2017) o IAC possibilita uma ótima visualização do grau de variação da chuva em torno da normal climatológica, apresentando-se como um bom indicador climático para se avaliar a variabilidade pluviométrica.

A seca pode ser classificada de distintas maneiras, dentre elas a meteorológica, que se configura pela falta de chuvas e durabilidade da secura de um determinado ambiente, por meio de um período constante, de um mês ou mais, durante o qual a precipitação está abaixo dos valores de chuva média para o período seco (NORONHA et al., 2016).

Por sua vez, a seca hidrológica está relacionada com uma deficiência no volume de água disponível, incluindo lençol freático, reservatórios e rios. Ainda é possível destacar a seca agrícola, determinada pela falta de água no solo para o desenvolvimento das plantas, a qual torna o auxílio de água às culturas insuficiente para repor as perdas por evapotranspiração (DUARTE et al., 2018).

Além disso, pode-se também citar a seca socioeconômica, que interliga a produção humana abertamente com a produção agrícola, que inclui os impactos diretos e indiretos na produção agrícola e outras atividades econômicas (FERNANDES et al., 2009).

O processo de degradação ambiental se intensificou na região semiárida paraibana devido ao desmatamento, práticas desordenadas nos cultivos, queimadas, irrigação irregular e pela poluição. Além desses fatores a seca vem aumentando pelos inúmeros fatores transcritos, o que agrava ainda mais no seu contexto histórico.

Tal fato vem se intensificando nas últimas décadas no semiárido paraibano, atraindo a atenção de pesquisadores que têm se debruçado em estudos para verificar o que está acontecendo e limitando esses fatores, visto principalmente que a Região Geográfica Imediata de Monteiro – PB (REGIM) se encontra no polígono das secas.

Está pesquisa tem como recorte espacial de análise a região semiárida paraibana, a qual apresenta grande variabilidade das precipitações pluviométricas, dificultando o desenvolvimento das atividades agropecuárias.

Com a predição do comportamento climático da região, a pesquisa tem o potencial de orientar os gestores locais, agricultores e demais órgãos de fomento do estado, mostrando quais os meses com tendência de anomalia climática, sendo ela de seca ou chuvosa, norteando assim o planejamento adequado para evitar desastres naturais, perda da safra e um melhor gerenciamento local.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho é correlacionar os Índices de Severidade dos Eventos da Seca MD, IPN e IAC na REGIM, através dos dados da série pluviométrica histórica, com intuito de classificar os dados quantitativos em escala mensal e anual e a identificação da Severidade dos Eventos (SDE) desses ciclos. Além disso, objetiva-se da precipitação no tempo, identificando os períodos secos e chuvosos.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na REGIM, localizado no Estado da Paraíba, que compõem a Região Geográfica Intermediária de Campina Grande, a qual é composta por sete municípios (Camalaú, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro e Zabelê), tendo uma população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para 1º de julho de 2017, de 56.699 habitantes e uma área total de 3.237,538 km².

DADOS PLUVIOMÉTRICOS

No desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados dados pluviométricos mensais da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESPA), para composição da variabilidade espaço-temporal da precipitação da REGIM.

Foram coletados dados temporais de 31 anos de precipitação em seis postos pluviométricos localizados dentro da REGIM, sendo possível determinar a pluviometria mensal e anual.

Cabe mencionar que os dados pluviométricos apresentaram falhas em alguns meses dentro dos postos pluviométricos. Diante disso, foram utilizados métodos estatísticos de ponderação regional, para o preenchimento de falhas, a fim de completar as lacunas e prosseguir a pesquisa.

MODELAGEM ESTATÍSTICA “PREENCHIMENTO DE FALHAS”

O método estatístico utilizado para o preenchimento de falhas na série histórica de precipitação foi o método de ponderação regional, conforme a Equação 1.

$$PX = \frac{1}{n-1} * \left(\frac{PA}{PAm} + \frac{PB}{PBm} + \frac{PC}{PCm} + n \right) * PXm \quad (\text{Equation 1})$$

Onde: PX_m , PAm , PB_m e PC_m são as precipitações médias nos postos X, A, B e C, respectivamente; PX , é a precipitação no posto X a determinar; e PA , PB e PC são as precipitações nos postos A, B e C, respectivamente, no intervalo de tempo referente àquele da precipitação no posto X a determinar.

Esse método consiste em estimar a precipitação ocorrida no posto pluviométrico com falha, considerando-a adequada às precipitações em postos vizinhos, sendo o fator de proporcionalidade a função da precipitação média nesses postos, levando-se em conta a precipitação média no próprio posto com falha.

Esse método é empregado elegendo-se ao menos três postos vizinhos àqueles com ausência de dados, os quais necessitam estar localizados em regiões climáticas semelhantes ao posto com falha.

Após o procedimento de preenchimento de falhas, o método de Dupla Massa foi aplicado (Figura 1), para comprovar a linearidade do modelo estatístico previsto.

Logo, se os pontos de um determinado gráfico se alinharem em uma reta aproximada, isso indica uma proporcionalidade entre os dados dos dois postos em questão.

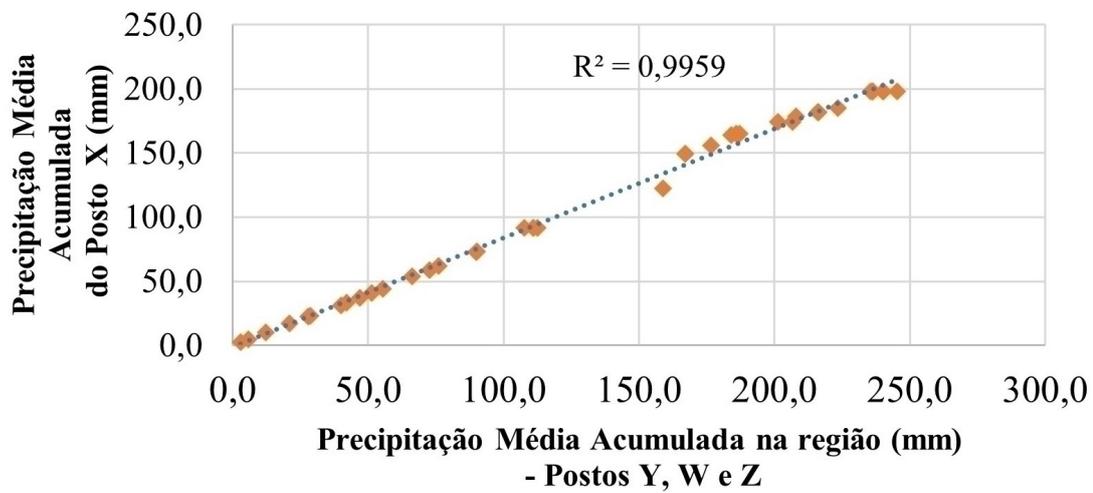


Figura 1 - Exemplo do modelo Análise de Dupla Massa. Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

ÍNDICES DE SECA

A partir das séries temporais históricas, foram realizados os cálculos dos três índices de seca, com o auxílio de planilhas eletrônicas do Microsoft Excel 2016.

MÉTODO DOS DECIS – MD

Para o cálculo do MD, agrupou-se as médias para cada período analisado em ordem crescente e, a partir da distribuição de frequência acumulada, dividiu-se a série em dez partes iguais (decis). A classificação desse método é baseada em Gibbs e Maher (1967). Segundo Lima (2016), serve para determinar a probabilidade de ocorrência de um evento e para definir de forma qualitativa a anomalia climática.

ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA – IAC

A análise da duração dos períodos secos e úmidos foi realizada por meio do cálculo do IAC (FREITAS, 2005), obtido a partir das equações e de acordo com a Tabela 1:

INDICES DE SEVERIDADE DA SECA NO SEMIÁRIDO, PARAÍBA

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right]; \text{ For positive anomalies (Equation 2)}$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right]; \text{ For negative anomalies (Equation 3)}$$

In which:

N = Current monthly rainfall (mm);

\bar{N} = Average monthly rainfall of the historical series (mm);

\bar{M} = Average of the ten largest monthly rainfall in the historical series (mm);

\bar{X} = Average of the ten lowest monthly rainfall in the historical series (mm).

	FAIXA DO IAC	CLASSES DE SEVERIDADE DOS EVENTOS
	De 4 acima	Extremamente úmido
Índice	2 a 4	Muito úmido
De anomalia	0 a 2	Úmido
De chuva	0 a -2	Seco
(IAC)	-2 a -4	Muito seco
	De -4 abaixo	Extremamente seco

Tabela 1 - Classes de Severidade dos eventos do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Fonte: Araújo et al. (2009)

Logo, esse método foi utilizado em diversos trabalhos nos últimos anos para a definição pluviométrica das secas e das características de determinada região (DINIZ et al., 2020; NASCIMENTO et al., 2020; NERY; SIQUEIRA et al., 2020).

ÍNDICE DE PORCENTAGEM NORMAL – IPN

O IPN proporciona simplicidade em seus cálculos e pode ser empregado para diferentes escalas temporais, alterando na maioria das vezes entre um mês ou um conjunto de meses até um ano (NDMC, 2020)

Para o cálculo do IPN, Cunha (2008) expressa em porcentagem a razão entre a precipitação atual e a precipitação normal (média de 26 anos) de uma região, utilizando-se a Equação 4.

$$IPN = \frac{P_{Actual}}{P_{Normal}} \quad \text{(Equation 4)}$$

em que:

IPN = Índice de Porcentagem Normal;

PAtual = Precipitação em um dado local (mm);

PNormal = Precipitação média do período analisado (mm).

Por fim, com o desenvolvimento dos três Índices de Seca, foi proposto um novo método para a REGIM, ajudando a compreender os períodos secos ou chuvosos, através do conjunto desses dados.

ADAPTAÇÃO DOS MÉTODOS DE SECA IAC, MD E IPN PARA REGIM

Considerou-se que a análise dos resultados dos diversos índices de seca é de difícil compreensão, nesse sentido, procurou-se avaliar o grau de severidade dos eventos com base nas classificações propostas para cada um dos índices avaliados. A utilização das classificações visou verificar a

frequência das diferentes SDE de seca dos índices quando aplicados na REGIM.

Destaca-se que a metodologia foi adaptada com relação ao recorte temporal, tendo em vista que muitos autores sugerem que sejam acima de 30 anos de dados (LIMA, 2016; SILVA et al. 2020;), nessa nova classificação, demonstrou-se que, com os dados existentes no trabalho é possível essa adaptação, pois para a pesquisa em tela foi usada uma série histórica de 31 anos.

Os índices de IPN e do MD tiveram uma adaptação no tocante à quantidade de classes para uma melhor visualização dos dados, assim, a padronização no sistema de classificação contou com seis classes de SDE, para se adequar às classes do IAC e obedecer aos mesmos parâmetros, a saber: Extremamente úmido (EU), Muito úmido (MU), Úmido (U), Seco (S), Muito seco (MS) e Extremamente seco (ES).

A Tabela 2 apresenta a classificação das secas sugerida por Araújo et al. (2009) e a nova proposta da pesquisa. Desse modo, seguindo o modelo do IAC, são modificados os parâmetros analisados, ou seja, antes classificados com valores variando de 4 a -4, passou a apresentar valores entre -4,1 a 4,1. Tal parâmetro serviu para igualar os valores das classes. Logo, a quantidade de classes permaneceu a mesma, ficando assim com o mesmo padrão que a nova classificação proposta para o MD e o IPN, dando mais objetividade ao Índice de Seca (IS).

Araújo et al. (2009)		Proposto	
MD	SEVERIDADE DOS EVENTOS	IAC	SEVERIDADE DOS EVENTOS
De 4 acima	Extremamente úmido	$4,1 \geq$	Extremamente úmido
2 a 4	Muito úmido	$2,1 \leq 4$	Muito úmido
0 a 2	Úmido	$0,1 \leq 2$	Úmido
0 a -2	Seco	$-0,1 \leq -2$	Seco
-2 a -4	Muito seco	$-2,1 \leq -4$	Muito seco
De -4 abaixo	Extremamente seco	$\leq -4,1$	Extremamente seco

Tabela 2 - Relação entre os valores do IAC de Araújo et al. (2009) e o proposto pelos autores

Já a Tabela 3, apresenta a classificação das secas segundo Gibbs e Maher (1967) e, também, a proposta. De acordo com o modelo proposto para o MD na Tabela 3, são adicionadas novas classes considerando os valores extremos máximo e mínimo, retirando-se a normalidade proposta por Gibbs e Maher (1967). Logo, esses novos valores sugeridos, nos possíveis resultados, precisaram de uma atenção maior quando os resultados demonstrarem os seus extremos positivo ou negativo.

Gibbs e Maher (1967)		Proposto	
MD	SEVERIDADE DOS EVENTOS	MD	SEVERIDADE DOS EVENTOS
10 - 9	Muito úmido	10	Extremamente úmido
8 - 7	Úmido	9 - 8	Muito úmido
6 - 5	Próximo ao normal	7 - 6	Úmido
4 - 3	Seco	5 - 4	Seco
2 - 1	Muito seco	3 - 2	Muito seco
-	-	1	Extremamente seco

Tabela 3 - Relação entre os valores de MD e o proposto pelos autores.

Na Tabela 4 está exposta a classificação do IPN sugerida por Cunha (2008) e a classificação proposta no presente trabalho, na qual foram adotados diferentes intervalos numéricos para cada uma das classes de SDE de seca. Logo, foi reformulado de acordo com as classes anteriores empregadas pelo MD e IAC, nas quais ocorreram a classificação desses índices com destaque para os parâmetros de SDE de chuvas (chuva fraca a extrema), e a retirada da classe normal. Com isso, essa nova abordagem, apresenta valores de eventos úmidos que não existiam no IPN anterior.

Cunha (2008)		Proposto	
IPN	SEVERIDADE DOS EVENTOS	IPN	SEVERIDADE DOS EVENTOS
$IPN \geq 0,85$	Normal	$IPN \geq 1,51$	Extremamente úmido
$0,75 \leq IPN < 0,85$	Seca moderada	$1,26 \leq IPN < 1,50$	Muito úmido
$0,50 \leq IPN < 0,75$	Seca severa	$1,01 \leq IPN < 1,25$	Úmido
$IPN < 0,50$	Seca extrema	$0,76 \leq IPN < 1,00$	Seco
-	-	$0,51 \leq IPN < 0,75$	Muito seco
-	-	$IPN < 0,50$	Extremamente seco

Tabela 4 - Relação entre os valores de IPN de Cunha (2008) e o proposto pelos autores.

Após a análise do banco de dados e de sua classificação nas duas escalas de tempo analisadas (mensal e anual), a Tabela 5 apresenta a nova metodologia proposta para identificação dos SDE.

PADRONIZAÇÃO	SEVERIDADE DOS EVENTOS PROPOSTO		
	MD	IAC	IPN
Extremamente úmido	10	$4,1 \geq$	$IPN \geq 1,51$
Muito úmido	9 - 8	$2,1 \leq 4$	$1,26 \leq IPN < 1,50$
Úmido	7 - 6	$0,1 \leq 2$	$1,01 \leq IPN < 1,25$
Seco	5 - 4	$-0,1 \leq -2$	$0,76 \leq IPN < 1,00$
Muito seco	3 - 2	$-2,1 \leq -4$	$0,51 \leq IPN < 0,75$
Extremamente seco	1	$\leq -4,1$	$IPN < 0,50$

Tabela 5 - Padrão da classificação dos Índices de Seca MD, IAC e IPN

PROPOSTA DE ABORDAGEM METODOLÓGICA DA CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DA PLUVIOMETRIA PROPOSTO NA ESCALA DE TEMPO MENSAL E ANUAL

Logo, empregou-se a classificação qualitativa em uma classificação quantitativa, na qual foram analisados os resultados de cada índice em cada ano do período estudado, conforme a classificação do Índice de Padronização da Pluviometria (IPP). De acordo com essa nova classificação, cada índice receberá uma escala de chuva conforme a SDE das chuvas na região; ao final, esses valores serão somados, gerando-se uma nota. Portanto, a classificação pode variar de “Emergencial de Seca” até “Emergência de Chuva” entre os seis índices. Nesse sentido, foram aplicados os parâmetros dessa classificação na escala mensal e anual para uma compreensão melhor dos resultados.

Para criar o sistema de classificação de secas, levou-se em consideração que todos os índices possuem a mesma SDE de seca proposta, conforme explicado na Tabela 5. Logo, esse valor global foi utilizado para determinar a SDE de todos os meses e anos do período adotado no trabalho.

Através de uma correlação entre os índices de seca analisados, foi proposta uma nova classificação para a situação de seca de cada método em estudo. Portanto, cada índice possui sua metodologia, porém, no fim ambos possuem o mesmo valor. Através disso, foi criada a classificação baseada nos índices de seca, que está para evidenciar de uma maneira mais fácil o resultado final, correlacionando os três índices.

Em seguida, foram delimitados valores para os índices de seca, os quais se estabeleceram com base nos possíveis somatórios de escalas de chuva e recebendo o nome de Índice de Padronização de Pluviometria (IPP) (Tabela 6), e podem ser observadas algumas combinações de classes de SDE de seca e sua classificação.

Essa classificação do IPP foi definida pelas possíveis combinações dos índices IPN, MD e IAC, que nos possíveis cenários podem apresentar respostas similares, ou diferentes entre ambos. Dessa forma, no conjunto de dados analisados, dividindo-o em seis classes, conforme a Tabela 5, que varia de “Extremamente seco” a “Extremamente úmido”, observou-se que esse parâmetro foi dividido em 20 notas.

Portanto, para cada nota foi estabelecido um nome na proposição da nova classificação, em que cada classe tem seus valores determinados justamente pelo conjunto de possíveis resultados apresentados pelos índices da Tabela 5. Logo, o Índice de Avaliação Pluviométrica proposto, foi dividido em seis classes, recebendo os nomes de Seca Extrema (SE), Seca Severa (SS), Seca Normal (SN), Chuva Normal (CN), Chuva Severa (CS), Chuva Extrema (CE).

Índice de Padronização da Pluviometria	Escala de Chuva	IPN	MD	IAC
Seca Extrema	-10	ES	ES	ES
	-9	ES	ES	MS
Seca Severa	-8	ES	MS	MS
	-7	MS	MS	MS
	-6	MS	MS	S
	-5	ES	MS	S
	-4	MS	S	S
Seca Normal	-3	S	S	S
	-2	S	S	U
	-1	MS	S	U
Chuva Normal	1	S	U	U
	2	U	U	U
	3	U	U	MU
	4	S	U	MU
Chuva Severa	5	U	UM	MU
	6	UM	UM	MU
	7	UM	UM	EU
Chuva Extrema	8	U	UM	EU
	9	UM	EU	EU
	10	EU	EU	EU

Tabela 6 - Proposição de combinações das classes de SDE, para determinação da nota do Índice de Padronização Pluviométrica. Elaborado pelos autores.

Nesse sentido, cada classe e suas respectivas escalas de chuva, foram delimitadas da seguinte forma (Quadro 1): a Seca Extrema, que possui escalas -10 e -9, levou em consideração que, quando ocorrer três resultados iguais, ou seja, ES em todos os índices, será atribuída a escala de chuva -10. Logo a escala de -9, leva-se em consideração quando dois dos três índices apresentarem com ES e um MS.

Já em relação à escala de chuva do Seca Severa, foram atribuídas quatro notas que vão de -8 a -5, sendo foi possível destacar que: quando se possui a classe -8, leva-se em consideração que os índices apresentaram dois deles: MS e ES; para a -7 todos os índices apresentam-se com MS; para a classificação -6, considerou-se que os mesmos apresentaram dois MS e um S; e, por fim, a escala -5 é atribuída quando os índices possuem variações entre eles, sendo ES, MS e S. Nesse caso, atribui-se o índice de classificação à variável que está no meio.

Na classificação da classe Seca Normal, levou-se em conta as notas que vão de -4 a -1, sendo possível notar que a classe -4 é atribuída quando se possui dois S e um MS; a -3 quando todos os índices se apresentam com S; a escala de chuva -2 quando se apresenta com dois S e um U; a nota -1 para os índices que apresentam valores diferentes como MS, S e U.

A classe Chuva Normal varia entre as escalas de chuva de 1 a 4, em que: a nota 1 será atribuída quando os índices apresentarem dois U e um S; a 2 quando todos os índices forem U; a 3 será composta por duas U e uma MU; já a nota 4 será utilizada quando aparecer entre eles S, U e MU.

A penúltima classe, que é a de Chuva Severa, apresenta quatro escalas que vão da 5 a 8: na qual a nota 5 é composta quando dois índices apresentarem MU e U; a 6 quando todos os índices se apresentarem com MU; a 7 quando apresentar dois MU e um EU; e a 8 quando aparecer em índices diferentes as variáveis U, MU e EM.

Por fim, a última classe, denominada Chuva Extrema, que possui duas escalas: sendo elas a 9, que será empregada quando ocorrer duas EU e um MU; e a 10 quando todos os índices se apresentarem como EU.

Desse modo, ao aplicar o sistema de classificação do IPP na escala de tempo mensal e anual proposto, buscou-se verificar a periodicidade das anomalias mais extremas e um possível padrão existente na série temporal.

Logo, o sistema de classificação permitirá examinar as condições de seca e identificar os meses e anos com índices mais extremos, sendo eles os de “Emergência de Chuva ou de Seca”, e observar a sua relação na sequência cronológica do estudo, verificando sua variação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliando a Figura 2, é possível notar duas estações predominantes na região, uma com cinco meses chuvosos e outra com sete meses secos. Ao analisar os dados obtidos, foi examinado que o período chuvoso ocorre entre os meses de janeiro a maio, sendo o mês de março o mais representativo, o qual atinge precipitação média de 116 mm. Em contrapartida, o período seco ocorre entre os meses de junho a dezembro, tendo setembro como o mês mais seco, com 3 mm.

Nos cinco primeiros meses do ano, ocorrem cerca de 78% das precipitações, os sete meses restantes se encontram no período seco, apresentando 22% das chuvas no ano, caracterizando-se como meses de bastante escassez de precipitações pluviométricas na região, com volumes de no máximo em 32 mm.

Desse modo, Souza et al., (2017) afirmam a importância de se aprofundar o conhecimento em relação à variabilidade interanual e sazonal da precipitação no NEB, para que sejam definidas políticas públicas voltadas para manutenção e preservação dos recursos hídricos.

Os resultados das SDE (IAC, IPN e MD) são demonstrados em escalas de tempo (mensal e anual) para a REGIM – PB. Desse modo, de acordo com o Tabela 7, o MD apresentou variações em seus extremos com quatro meses ES e EU. Além disso, observou-se que nesse método nenhum dos índices apresentaram os parâmetros S e U.

Já o IAC e o IPN ofereceram maior constância nos seus resultados, com similaridade entre os meses ou chegando bem próximo. Nesse sentido, analisando as SDE, notou-se que o IAC e o IPN se apresentam com oito meses, ou 66,6%. O IAC com o MD apresenta apenas um mês ou 8,3% e o IPN com o MD dois meses, ou 16,6%, para essa região. Assim, o IAC e o IPN na escala mensal estão mais próximos da realidade.

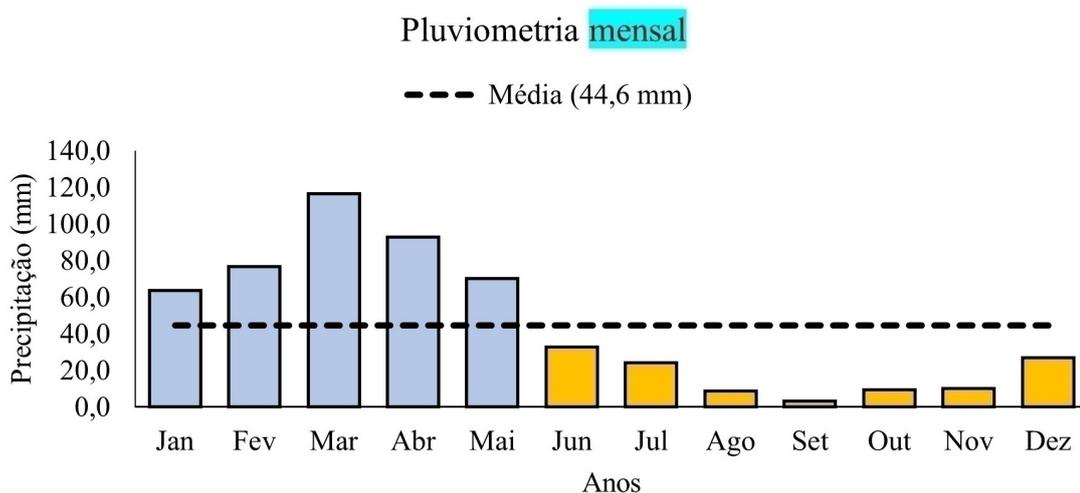


Figura 2 - Pluviograma de precipitação mensal (mm) dos 31 anos da REGIM. Elaborado pelos autores (2022).

Meses	SEVERIDADE DOS EVENTOS					
	IAC		MD		IPN	
Janeiro	1,3	U	7	MU	1,42	U
Fevereiro	2,2	MU	8	EU	1,72	MU
Março	4,9	EU	10	EU	2,61	EU
Abril	3,2	MU	9	EU	2,08	MU
Maio	1,7	U	8	EU	1,57	MU
Junho	-1,0	S	6	MS	0,74	U
Julho	-1,7	S	4	MS	0,54	S
Agosto	-2,9	MS	2	ES	0,19	MS
Setembro	-3,4	MS	1	ES	0,07	ES
Outubro	-2,9	MS	3	ES	0,21	MS
Novembro	-2,8	MS	3	ES	0,23	MS
Dezembro	-1,4	S	5	MS	0,61	S

Tabela 7- Classificação mensal dos SDE na escala de 1990 a 2020, conforme a nova classificação proposta. Elaborado pelos autores.

Na tabela 7, verifica-se que cada mês possui sua peculiaridade nos distintos índices, destacando-se a proximidade entre um ou mais índices, seguindo aproximadamente a mesma SDE. Assim, a escala de chuva proposta demonstra informações atribuídas para a região, na qual é possível delimitar o Índice de Padronização da Pluviometria mensal.

Logo, com os métodos empregados, e a classificação utilizada para os índices, apresentam-se resultados similares com a Figura 4, a qual configura dois períodos distintos um que vai de janeiro a maio, considerado meses chuvosos que variam na escala de CN a CE, sendo março o seu pico de maior IPP.

Por outro lado, é possível notar os demais meses com secas variando de SN a SE, com setembro sendo o de menor valor pluviométrico. Além disso, destacam-se os meses de março e dezembro como os finais dos períodos chuvosos e seco, respectivamente e, conseqüentemente, os meses de maior carência hídrica que representam resultados idênticos ao pluviograma temporal da Figura 2.

Portanto, a água possui papel fundamental no desenvolvimento de toda a sociedade, desempenhando funções não apenas ecológicas, mas também econômicas e sociais (CALADO et al., 2020).

Em virtude dos resultados obtidos, torna-se indispensável o gerenciamento dos recursos hídricos dessa região, fundamentados no conhecimento das estações de maior e menor subsídios hídrico da área em estudo. Assim, por meio de políticas públicas que preservem e priorizem a água, através das criações de métodos de cisternas em diversas localidades da REGIM, visto que se encontra dentro de uma região semiárida, necessitando de reservas hídricas nos meses de menor abundância de chuvas.

As cisternas de placas apresentam grande eficiência na captação de água da chuva, o que justifica sua importância para as regiões suscetíveis à estiagem, esses aspectos se devem a sua viabilidade econômica, fácil manejo e construção, além da possibilidade de criar postos de trabalho, ainda que temporários, para os moradores locais, onde esses reservatórios estão sendo construídos (PEREIRA et al., 2018; MARINHO et al., 2019). Além disso, pode-se empregar outras formas como criações de poços, tanques e barragens, que visam facilitar o acesso da água à parte da população.

A análise anual da SDE corresponde a tabela 8, o qual apresenta os parâmetros de cada índice, onde foi possível observar que para os índices, os anos EU aparecem em apenas dois anos nos três índices IAC, IPN e MD. Por outro lado, os anos ES aparecem em dois anos no IAC e MD e no IPN em três anos, sendo possível observar que para todos os índices há respostas distintas.

Outro fato observado na tabela 8 é que cerca de 50% do número de anos nos distintos SDE estão entre os períodos seco e úmido, configurando para a região um equilíbrio para a área estudada. Desse modo, séries históricas de precipitação pluviométrica, sendo elas curtas ou longas, o importante é a alternância entre os ciclos chuvosos e secos, já que assim se compreenderá um balanceamento sem anular as atividades no meio (NASCIMENTO et al., 2019).

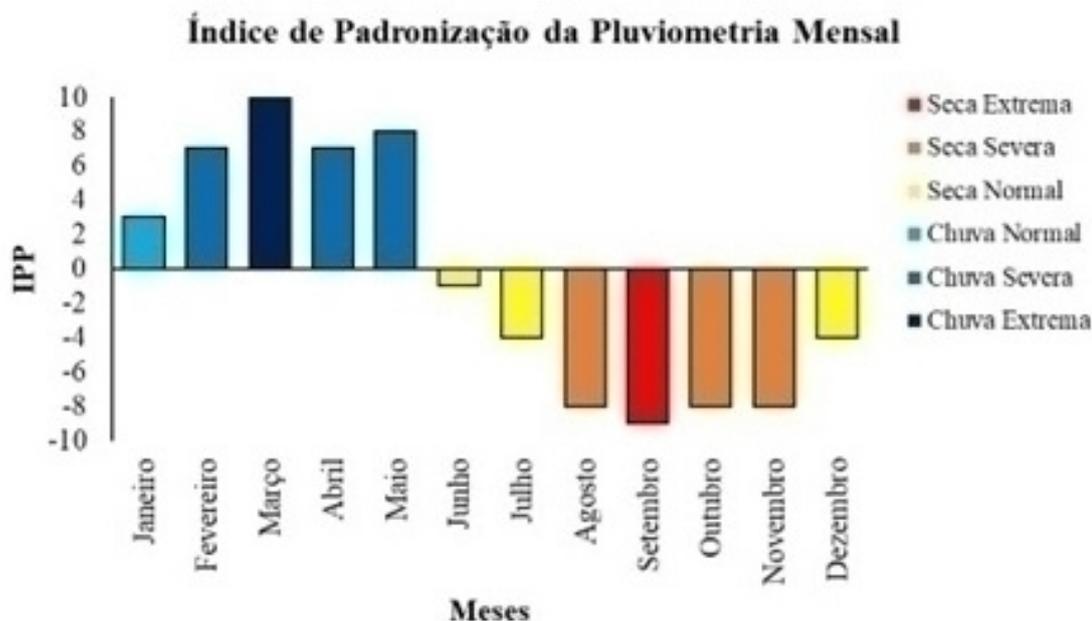


Figura 3 - Índice de Padronização da Pluviometria mensal da REGIM conforme a nova classificação proposta. Preparado pelos autores.

Além disso, dentre as três SDE analisadas no estudo, o índice MD apresentou 24 dados similares, ou 67,85% com os outros índices, enquanto o IAC apresentou 30 dados similares com quase 100%, e o IPN apresentou 31 dados similares, ou seja, 100% dos dados correlacionaram-se com os outros SDE, mostrando a sua importância no estudo proposto.

Assim, o IAC e o IPN se destacam com os melhores resultados na área estudada, possuindo respostas próximas em ambos os índices, logo o MD também é imprescindível para a pesquisa em ambas as escalas, mensal e anual. De forma similar ao que foi realizado na análise mensal no sentido de padronizar os dados, foi feito o mesmo procedimento para a análise anual, de forma a se compreender melhor a pesquisa proposta anual, dos períodos de cheia ou seca na REGIM, conforme a Figura 4, que demonstra a análise anual, que os anos apresentaram, em sua maioria, uma situação de IPP Anual conforme a classificação proposta.

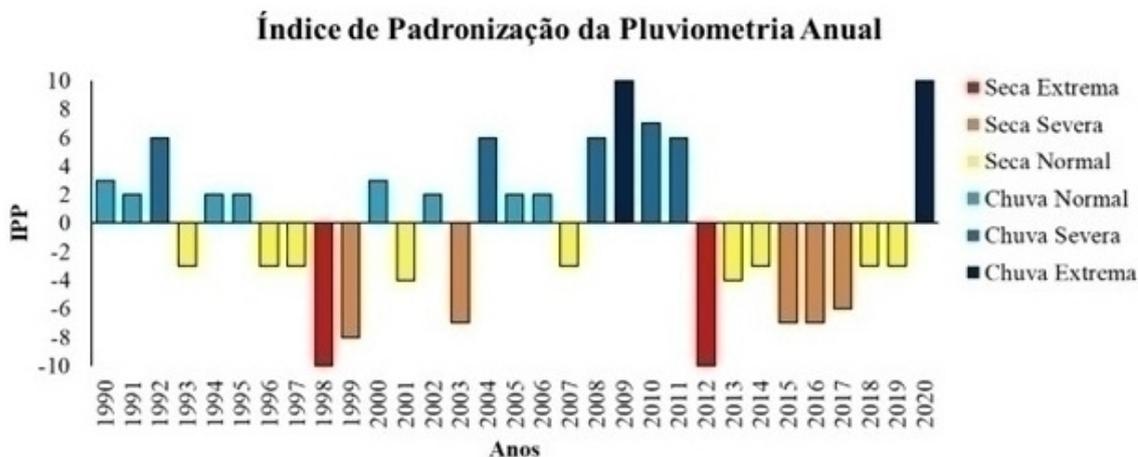


Figura 4 - Índice de Padronização da Pluviometria anual da REGIM, conforme a nova classificação proposta

Assim sendo, a área em estudo possui, segundo a SDE proposta conforme a tabela 8, todas as variações possíveis, apresentando 15 anos chuvosos, sendo classificados como CN (1990, 1991, 1994,

1995, 2000 e 2002), CS (1992, 2004, 2008, 2010 e 2011) e CE (2009 e 2020). Em contrapartida, apresentou 16 anos secos, classificados em SN (1992, 1996, 1997, 2001, 2007, 2013, 2014, 2018 e 2019), SS (1999, 2003, 2015, 2016 e 2017) e SE (1998 e 2012).

Ano	SEVERIDADE DOS EVENTOS					
	IAC		MD		IPN	
1990	1,4	U	1,18	U	8	MU
1991	1,1	U	1,14	U	7	U
1992	2,9	MU	1,36	MU	9	MU
1993	-0,4	S	0,97	S	5	S
1994	0,3	U	1,03	U	6	U
1995	1,1	U	1,14	U	7	U
1996	-0,6	S	0,93	S	5	S
1997	-0,8	S	0,90	S	4	S
1998	-5,4	ES	0,32	ES	1	ES
1999	-3,5	MS	0,56	MS	1	ES
2000	1,4	U	1,17	U	8	MU
2001	-1,8	S	0,77	S	3	MS
2002	0,4	U	1,05	U	6	U
2003	-2,4	MS	0,71	MS	2	MS
2004	2,9	MU	1,37	MU	9	MU
2005	0,4	U	1,05	U	6	U
2006	1,2	U	1,14	U	7	U
2007	-0,4	S	0,95	S	5	S
2008	3,1	MU	1,39	MU	9	MU
2009	6,8	EU	1,85	EU	10	EU
2010	3,1	MU	1,39	MU	10	EU
2011	2,5	MU	1,32	MU	8	MU
2012	-5,7	ES	0,29	ES	1	ES
2013	-1,8	S	0,77	S	3	MS
2014	-1,2	S	0,85	S	4	S
2015	-3,3	MS	0,59	MS	2	MS
2016	-2,9	MS	0,64	MS	2	MS
2017	-2,0	S	0,75	MS	3	MS
2018	-0,6	S	0,93	S	5	S
2019	-0,7	S	0,91	S	4	S
2020	4,7	EU	1,39	EU	10	EU

Tabela 8 - Classificação anual dos SDE na escala de 1990 a 2020, conforme a nova classificação proposta. ES = Extremamente seco; MS = Muito seco; S = Seco; U = Úmido; MU = Muito úmido; EU = Extremamente úmido. Elaborado pelos autores (2022).

Através desses resultados é notório observar, dentro das escalas mensais e anuais, que a escala anual possui uma maior variação para a área em estudo. Se uma correlação for realizada entre os anos classificados como SN ou CN, obtém-se um somatório de 17 anos, ou 55,2%, e podemos classificá-los como estáveis e com pouco impacto significativo.

Já os anos classificados como “CS ou SS”, apresentaram juntos cerca de 10 anos, ou 33,2%, enquanto os anos de “SE ou CE” apresentaram apenas 4 anos, com 11,6%, todavia são nesses anos que requerem uma atenção maior. Com essa delimitação entre os anos de “CS”, destacam-se períodos de grandes impactos, que ocasionam na sociedade, no território e o meio ambiente, numa perspectiva de que precipitações pluviométricas volumosas, causam dificuldades em amplos centros urbanos, através de inundações, riscos de catástrofe, perda do cultivo e agravos no bem-estar, acontecimento ocasionado por uma má gestão dos recursos hídricos ou carência de informação dos períodos analisados.

Todavia, as “SS” têm impactos negativos para além da agricultura, como também trazem consequências na elevação da temperatura, avarias à saúde humana, mortalidade de algumas espécies, êxodo rural e migrações forçadas para outras regiões.

Os anos classificados como “SE ou CE” apresentaram grandes impactos, principalmente naqueles com o índice de seca mais intenso. Os anos de 1998 e 2012 possuem similaridades, sendo classificados como “extremos” de seca. O ano de 1998, por sua vez, possuía anos subsequentes de seca, diferentemente de 2012 que teve anos anteriores classificados como sendo de CS e CE, mas que, na sequência, apresentou anos de secas na região até 2019.

Dessa forma, Silva et al. (2018) dizem que as SE presente nesses anos, geraram consequências do aumento da temperatura e na diminuição dos recursos hídricos, que afetaram na quantidade de água disponível nos reservatórios da região. De forma similar ao que ocorreu no período seco, os eventos CE de precipitação tiveram dois anos, sendo eles 2009 e 2020. 2008 já foi considerado um ano chuvoso e, até o final de 2011, a região contou com chuvas intensas.

O ano de 2020 foi precedido de oito anos de seca, em decorrência disso, a CE apresentada nesse ano colaborou para um alívio hídrico na região, com uma quantidade de chuvas que há anos não ocorria, ajudando no aumento do nível dos mananciais, beneficiando a agricultura local e melhorando a reserva hídrica da REGIM.

Através desses resultados na REGIM, é possível contribuir com as gestões municipais, associações de agricultores e agências ambientais do estado e municipais, pois, através do conhecimento dos períodos destacados em nível anual e mensal de insuficiência e/ou extremos pluviométricos, é possível gerir melhor os recursos hídricos, bem como sensibilizar a população da importância do uso racional da água, bem natural tão essencial no dia a dia. Além disso, é possível contribuir na formulação de políticas públicas na REGIM que possibilitem construções de cisternas, obtenção de poços e maior regulamentação dos reservatórios.

Além de beneficiar e promover estratégias de convivência do homem do campo para promover uma agricultura rica e próspera na REGIM em ambos os períodos distintos, que venham a projetar cenários futuros para melhoria do gerenciamento dos recursos hídricos.

Por fim, esses cenários podem ser averiguados por ferramentas de geoprocessamento, através de levantamento de dados da sequência cronológica de uma determinada área, município, região ou estado, o que possibilita avaliar a vulnerabilidade hídrica dos municípios que se encontram dentro da REGIM e projetar cenários futuros.

Todavia, com o emprego dos métodos de seca é que se pode abordar a um resultado positivo ou negativo para toda REGIM, destacando-se que o conjunto dessas SDE foi de extrema importância para definir os parâmetros. Dessa forma, o estudo da SDE com a nova classificação proposta, demonstra resultados promissores que devem ser aplicados a outras regiões do país.

CONCLUSÃO

A REGIM – PB tem dois períodos distintos de chuva, um chuvoso, de janeiro a maio, e um seco, entre junho e dezembro. O uso dos SDE é eficiente na delimitação dos períodos secos e chuvosos na REGIM - permite táticas de coexistência PB, destacando-se os índices IAC e IPN na avaliação dos extremos de chuva. O IPP Mensal e Anual foi de grande valia para a REGIM, demonstrando propriedades e determinações de cada mês e ano.

Esses resultados contribuam para que os governantes municipais e estadual, agricultores e agências ambientais do estado, preservem os recursos hídricos em ambos os períodos de escassez e abundância. Por fim, permitem táticas de coexistência do homem do campo para a melhor convivência em nos períodos da REGIM, possibilitando a projeção de cenários futuros para o gerenciamento dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M. DE; SOUSA, F. DE A. S. Classificação da precipitação e da quadra chuvosa da bacia do Rio Paraíba utilizando índice de anomalia de chuva (IAC). Revista Ambi-Água, v. 4, p. 93-110, 2009.

BHALME, H. N.; MOOLEY, D. A. Large-scale drought/floods and monsoon circulation. Monthly Weather Review, Boston, v. 108, n. 8, p. 1197-1211, 1980.

CALADO, T. O.; E. A. T.; MARQUES, E. A. T.; SOBRAL, M. C. Planos diretores na articulação da gestão de recursos hídricos com o uso do solo no entorno de reservatórios. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 3, p. 958-972, 2020.

- COSTA, J. A.; DA SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 4, p. 1002-1013, 2017.
- CUNHA, R. L. A. Definição de cenários de referência para avaliação dos impactos das secas. 147f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.
- DINIZ, R. R. S.; ALENCAR, M. L. S.; MEDEIROS, S. A.; GUERRA, H. O. C.; SALES, J. C. R. Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 6, p. 2628-2640, 2020.
- DUARTE, J. G. P.; FARIAS, A. A.; SOUSA, F. A. S.; SOUZA, J. T. A.; RAMOS, M. M. Q. Secas e impactos na agropecuária no município de Campina Grande – PB. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, n. 2, p. 289-297, 2018.
- FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L.; AMORIM, A. O.; CARDOSO, A. S. Índices para a quantificação da seca. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 48p. Disponível em: Acesso em: 20 jan. 2021.
- FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. *Revista Tecnologia*, v. 19, p. 84-95, 2005.
- GIBBS, W. J.; MAHER, J. V. Rainfall deciles as drought indicators. Melbourne: Commonwealth of Australia, 1967. 84 p. (Bureau of Meteorology. Bulletin, 48).
- GUIMARÃES, S. O.; COSTA, A. A.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; SILVA, E. M., SALES, D. C., ARAÚJO JÚNIOR; L. M., SOUZA, S. G. Projeções de mudanças climáticas sobre o nordeste brasileiro dos modelos do CMIP5 e do CORDEX. *Revista Brasileira de Meteorologia* v. 31, p. 337-365, 2016.
- HAGENLOCHER, M.; MEZA, I.; ANDERSON, C. C.; MIN, A. Drought vulnerability and risk assessments: state of the art, persistent gaps, and research agenda. *Environ. Res. Lett*, v.14, 2019.
- LAMB, P. J.; PEPLER, R. A.; HASTENRATH, S. Interannual variability in the tropical atlantic. *Nature*, London, v. 322, n. 6076, p. 238-240, 1986.
- LIMA, R. P. C. Avaliação de índices de severidade de seca na bacia do Rio Doce visando ao desenvolvimento de Sistema de Classificação de Secas. 2016. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- MAGALHÃES, A. Vida e seca no Brasil. In: DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. (org.). *Secas no Brasil: política e gestão proativas*. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE; Banco Mundial, 2016. 292 p.
- MANIÇOBA, R. M.; SOBRINHO, J. E.; GUIMARÃES, Í. T.; JUNIOR, E. G. C.; SILVA, T. T. F.; ZONTA, J. H. Índice de anomalias de chuva para diferentes mesorregiões do Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 4, p. 1110-1119, 2017.
- MARINHO, J. O.; CAMPOS, J. O.; LIMA, V. R. P. A importância das cisternas de placas na zona rural de Serra Redonda – PB: uma análise da comunidade Torre. *Revista Geotemas*, v. 9, n. 1, p. 07-27, 2019.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, Anhaeim, CA. Proceedings. Boston: American Meteorological Society, v. 8, p. 179-184, 1993.
- MEZA, I.; HAGENLOCHER, M.; NAUMANN, G.; VOGT, J.; FRISCHEN, J. Drought vulnerability indicators for global-scale drought risk assessments. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019.
- NASCIMENTO, M. B. do; BANDEIRA, M. M.; ARAÚJO, L. E. de. Variabilidade climática da precipitação do município de Areia/Paraíba, Brasil. *Gaia Scientia*, v. 13, n. 3, p. 24-37, 2019.
- NASCIMENTO, M. B.; ALMEIDA, N. V.; ARAÚJO, L. E. Análise da variabilidade da precipitação

pluviométrica na microrregião de Umbuzeiro, Paraíba. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 26, p. 233-248, 2020.

NERY, J. T.; SIQUEIRA, B. Índice de anomalia de chuva aplicado ao estudo das precipitações no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 27, p. 772-788, 2020.

NDMC – National Drought Mitigation Center, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, EUA. Disponível em: <http://drought.unl.edu>. Acesso em: maio 2020.

NORONHA, G. C.; HORA, M. A. G. M.; SILVA, L. P. Análise do índice de anomalia de chuva para a microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n. 1, p. 74-81, 2016.

PALMER, W. C. *Meteorological drought*. Washington: U. S. Department of Commerce, 1965. 65 p. (Research paper, 45).

PEREIRA, M. D. B.; OLIVEIRA, D. S.; VIANNA, P. C. G. Análise do alcance e da distribuição das cisternas de placas no meio rural da microrregião de Souza – PB. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/blog/download/id/78/post/542/midia/11875>. Acesso em: 25 maio 2018.

ROOY, M. P. van. A Rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos*. v. 14, p. 43-48, 1965.

SALES, D. C.; COSTA, A. A.; SILVA, E. M.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; MARIN, A. M. P.; GUIMARÃES, S. O.; JUNIOR, L. M. A.; PEREIRA, J. M. R. Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no Nordeste Brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, p. 435-456, 2015.

SILVA, F. F.; DOS SANTOS, F. A.; DOS SANTOS, J. M. Índice de anomalia de chuva (IAC) aplicado ao estudo das precipitações no município de Caridade, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 27, p. 426-442, 2020.

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