



Mercator - Revista de Geografia da UFC
ISSN:
ISSN: 1984-2201
edantas@ufc.br
Universidade Federal do Ceará
Brasil

INDICES DE SEVERIDADE DA SECA NONSEMI-ARIDIDO, PARAÍBA

INDICES DE SEVERIDADE DA SECA NONSEMI-ARIDIDO, PARAÍBA
Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 21, núm. 1, 2022
Universidade Federal do Ceará

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273674020029>

INDICES DE SEVERIDADE DA SECA NONSEMI-ARIDIDO, PARAÍBA



Acceso abierto diamante

Abstract

A ocorrência de secas anuais e plurianuais no semiárido brasileiro é um fenômeno recorrente que desencadeia uma série de consequências, impactando o meio ambiente e a qualidade de vida da população que habita essa região. Devido à sua localização no polígono da seca, a Região Geográfica Imediata de Monteiro – PB (REGIM não diverge desta realidade. Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo correlacionar os Índices de Severidade de Eventos de Seca (MS), PNI e IRA no REGIM, por meio dos dados das séries históricas de chuvas, classificar os dados quantitativos em escala mensal e anual e identificar a Severidade de Eventos (SDE) desses ciclos e, conseqüentemente, avaliar a variação da precipitação ao longo do tempo, identificando os períodos seco e chuvoso. A pesquisa obteve dados pluviométricos mensais da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESAs) para compor a variabilidade espacial e temporal da precipitação, que foi calculada por meio do Índice Percentual de Normalidade – PNI (CUNHA, 2008), Método de Decisão – MS (GIBBS; MAHER, 1967) e Índice de Anomalias de Chuva – RAI (ROOY, 1965).

Keywords: Índices de Padronização das Chuvas – IPP, Gravidade dos Eventos – SDE, Recursos Hídricos.

Resumo

A ocorrência de secas anuais e plurianuais no semiárido brasileiro é um fenômeno generalizado e que tem uma série de consequências, com impactos no meio 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 seco. Em primeiro lugar, esta pesquisa tem como objetivo correlacionar os Índices de Severidade de Eventos do MD Seco, IPN e IAC no REGIM, através de dois dados das séries históricas de precipitação, com a intenção de classificar os dados quantitativos em escala mensal e anual e a identificação da Severidade de Eventos (SDE) desses ciclos e, assim, avaliar a variação da precipitação no tempo, identificando os períodos secos e chuvosos. Nesta pesquisa, dados pluviométricos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESAs) foram utilizados para compor a variabilidade espaço-temporal da precipitação, que foi calculada por meio do Índice Percentual de Normalidade – IPN (CUNHA, 2008), Método dos Decis – MD (GIBBS; MAHER, 1967) e Índice de Anomalias de Chuva – IAC (ROOY, 1965).

Palavras-chave: Índices do Padrão de Precipitação – PPI, Severidade dos Eventos – SDE, Recursos hídricos.

Resumen

A ocorrência de secas anuais e plurianuais no semiárido brasileiro é um fenômeno recorrente que desencadeia uma série de consequências, com impactos no meio ambiente e na qualidade de vida da população que habita aquela 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 da seca. Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo correlacionar os Índices de Severidade de MD, IPN e IAC de Eventos de Seca no REGIM, através de dados das séries históricas de precipitação, a fim de classificar dados quantitativos em escala mensal e anual e identificar a Severidade de Eventos (SDE) desses ciclos e, Assim, avaliar a variação da precipitação ao longo do tempo, identificando períodos secos e chuvosos. No desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados dados pluviométricos mensais da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESAs) para compor o espaço. a variabilidade temporal da precipitação, que foi calculada por meio do Índice Percentual de Normalidade (IPN) (CUNHA, 2008), do Método do Decil (MD) (GIBBS; MAHER, 1967) e o Índice de Anomalias de Chuva - IAC (ROOY, 1965).

Palabras clave: Índice de Padronização das Chuvas – IPP, Gravidade dos Eventos – SDE, Recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de secas anuais e plurianuais no semiárido brasileiro é um dos principais problemas que afetam a biodiversidade e a qualidade de vida da população local. Na ausência de chuvas que têm sido afetadas nessa área, tem contribuído para a redução das reservas superficiais e subterrâneas, comprometendo o abastecimento de muitas cidades e comunidades rurais.

A seca refere-se à falta ou redução das chuvas ao longo do tempo num determinado local, cujo início é complexo de detetar. Portanto, seus impactos são múltiplos e severos, podendo causar danos diretos e indiretos ao meio ambiente, à economia e à sociedade, e que, em alguns casos, contribuíram para a aceleração do processo migratório das famílias atingidas (MAGALHÃES, 2016; HAGENLOCHER et al., 2019; MEZA et al., 2019).

Assim, o conhecimento das características climáticas da Região Nordeste do Brasil (NEB) e suas projeções essenciais, pois evidenciam mudanças na precipitação pluviométrica e nas temperaturas, fato que está intimamente associado à disponibilidade hídrica e às condições de adaptação das culturas (SALES et al., 2015; GUIMARÃES et al., 2016).

Segundo Costa e Silva (2017), o monitoramento da estação seca pode ser facilitado por meio de índices climáticos, que descrevem períodos secos e chuvosos, para entender o comportamento das chuvas e a variabilidade climática de um local, estado ou região e, assim, prever a severidade desses fenômenos e seus impactos.

Nas últimas décadas, o uso de Índices de Seca tem se intensificado para demonstrar métodos de análise de tigre, temperatura e ambiente, com ênfase nos seguintes métodos: Palmer Drought Severity Index (PDSI) (PALMER, 1965); Índice Seco de Bhalme e Mooley (Bhalme & Índice Seco de Cooley) (BHALME; MOOLEY, 1980); Índice de Saída de Chuva de Cordeiro (LRDI) (LAMB et al., 1986); O Índice Percentual de Normalidade (PNI) (CUNHA, 2008); Método Decisão – DM (GIBBS; MAHER, 1967); Índice de Anomalias de Chuva (RAI) (ROOY, 1965); e o Índice de Precipitação Padronizada (SPI) (McKEE et al., 1993).

O PNI, DM e RAI estão em primeiro lugar entre os Índices de Secas acima, pois apresentam vantagens como dados ambientais variáveis. A mais uso é a pluviosidade, o que facilita o desenvolvimento das pesquisas e análises aqui, visto que é difícil obter séries históricas de outras variáveis climáticas com pelo menos 30 anos de dados para as condições brasileiras (LIMA, 2016).

O PNI tem os cálculos mais diretos e pode ser aplicado em diferentes escalas de tempo, geralmente entre um mês (ou um conjunto de meses) até um ano. No entanto, seus efeitos podem ser malinterpretados, pois os dados padrão usados nos cálculos podem variar ao longo do tempo na área de estudo (NDMC, 2020).

Segundo Maniçoba et al (2017), o RAI otimiza a visualização do grau de variação das chuvas em torno da norma climatológico, atuando como um bom indicador climático da variabilidade das chuvas.

Existem diferentes classificações de estações secas, incluindo abordagens meteorológicas, que são moldadas pela falta de chuvas e pela duração da aridez de um determinado ambiente, persistindo por mais de alguns anos, com valores pluviométricos constantes para o período seco. período (NORONHA et al., 2016).

Por outro lado, a água seca hidrológica está relacionada a um baixo volume de água disponível, incluindo lençóis freáticos, reservatórios e rios. Nota-se também que a seca agrícola é determinada pela falta de água não só para o desenvolvimento das plantas, mas também para o fornecimento de água e água que é insuficiente para perdas por evapotranspiração (DUARTE et al., 2018). Além disso, a seca socioeconômica interliga a produção humana e agrícola e inclui os impactos diretos e independentes sobre a produção agrícola e outras atividades econômicas (FERNANDES et al., 2009).

Desmatamento, práticas agrícolas desordenadas, queimadas, irrigação irregular e poluição intensificam o processo de degradação ambiental no não semiárido paraibano. Além desses fatores, a seca tem aumento devido aos inúmeros fatores delineados, agravando ainda mais seu contexto histórico.

As secas têm se agravado nas últimas décadas, sob a atenção de pesquisadores que estão analisando os fenômenos para limitar esses fatores, especialmente porque a Região Geográfica Imediata de Monteiro – PB (REGIM) não está no polígono seco.

A análise espacial deste estudo é do semiárido paraibano, que apresenta grande variabilidade pluviométrica, dificultando o desenvolvimento das atividades agrícolas. Para antever o comportamento climático da região, esta pesquisa tem o potencial de orientar gestores locais, agricultores e demais órgãos de desenvolvimento do estado, indicando os meses com tendência de anomalia climática, sejam secos ou quentes, orientando bem como o planejamento para evitar desastres naturais, perda de safras e melhor manejo local.

No contexto deste estudo, o estudo correlaciona os Índices de Severidade de Eventos Secos (MS, PNI e IRA) no REGIM utilizando os dados das séries históricas de precipitação para classificar os dados quantitativos em escala mensal e anual e identificar a Severidade de Eventos (SDE) desses ciclos. Além disso, examina a precipitação ao longo do tempo, identificando os períodos secos e chuvosos.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo fazia parte da Região Geográfica Intermediária de Campina Grande e era composta por sete municípios (Camalaú, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro e Zabelê). Sua população foi estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 56.699 habitantes e uma área total de 3.237.538 km² em 1º de julho de 2017.

DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Esta pesquisa utilizou os dados pluviométricos da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESA) para criar uma variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica no REGIM.

Dados de precipitação temporária de 31 anos foram coletados em seis estações pluviométricas localizadas na REGIM. Assim, foi possível determinar uma precipitação mensal e anual; No entanto, houve falhas nos dados pluviométricos de alguns meses das estações pluviométricas. Para tanto, foram utilizados métodos estatísticos de ponderação regional para pré-estabelecer lacunas e dar continuidade à pesquisa

MODELAGEM ESTATÍSTICA "PREENCHIMENTO DE FALHAS"

O método estatístico de ponderação regional foi utilizado para pré-estabelecer lacunas na série histórica das chuvas, segundo a Equação 1.

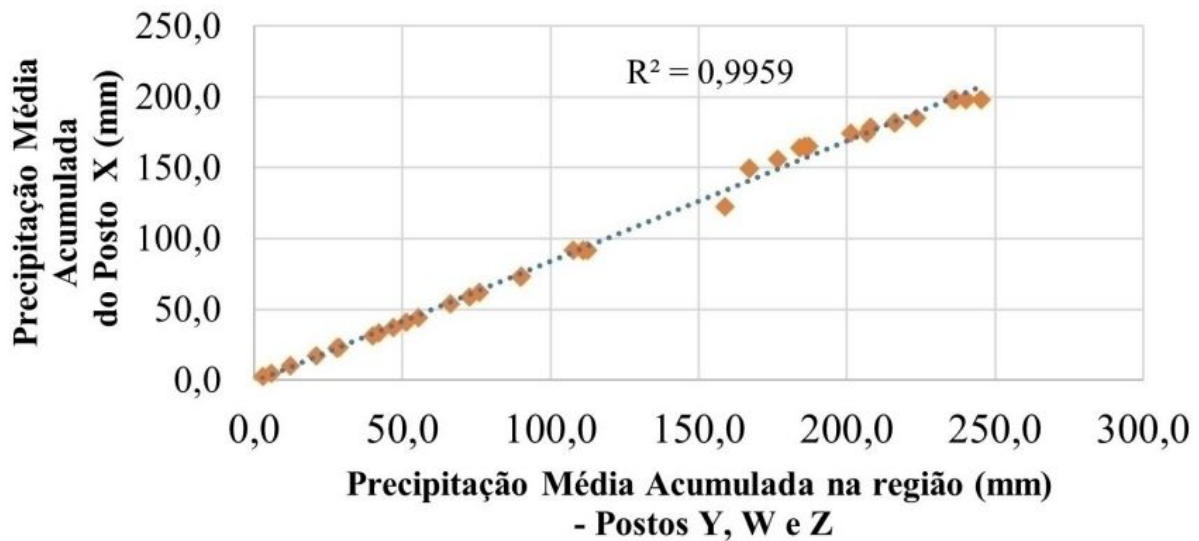
$$PX = \frac{1}{n-1} * \left(\frac{PA}{PAm} + \frac{PB}{PBm} + \frac{PC}{PCm} + n \right) * PXm \quad (\text{Equation 1})$$

[#form1.jpg]

Onde: PXm, PAm, PBm e PCm apenas como médias de precipitação nas estações X, A, B e C, respectivamente; PX é a precipitação a ser determinada na estação X; e PA, PB e PC são as precipitações das estações A, B e C, respectivamente, no intervalo de tempo referente à precipitação a ser determinada na estação X.

Este método estima a precipitação na estação chuvosa, considerando a precipitação das chuvas no inverno. O fator de proporcionalidade é função da média pluviométrica dessas estações, considerando a média pluviométrica da própria estação falida. Esse método opta por ser localizado em regiões climáticas semelhantes ao estado que não o fez.

Após o procedimento de preenchimento da falha, foi aplicado o método Double Mass (Figura 1) para comprovar a linearidade do modelo estatístico previsto. Portanto, o alinhamento aproximado dos pontos em um determinado gráfico indica uma proporcionalidade entre os dados das duas estações em questão.



#fig2en.jpg

Figura 1 - Exemplo do modo Dual Mass Analysis. Fonte: Elaborado pelos autores.

ÍNDICES SECOS

Os três índices de seca foram calculados usando a série temporal histórica, auxiliados por planilhas do Microsoft Excel 2016.

MÉTODO DE DECISÃO - DM

A DM foi determinada agrupando-se os meios de cada período analisado em ordem crescente. A partir da distribuição de frequência cumulativa, a série foi dividida em dez partes iguais (decilios). A classificação desse método foi baseada em Gibbs e Maher (1967). Segundo Lima (2016), ela determina a probabilidade de um evento ou corrida e define qualitativamente uma anomalia climática.

ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA - RAI

A análise da duração dos períodos seco e recente foi realizada por meio do cálculo do RAI (FREITAS, 2005) obtido das equações e conforme Tabela 1.

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

[#form2.jpg]

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

#tablen.jpg

Tabela 1 - Índice de Anomalias de Precipitação (RAI) de duas classes de gravidade. Fonte: Araújo, et al (2014) (2009).

Fonte: Araújo, et al (2014) (2009).

Nos últimos anos, esse método tem sido utilizado em diversos estudos para definir a precipitação pluviométrica em períodos secos e as características de uma determinada região (DINIZ et al., 2020; NASCIMENTO et al., 2020; NERY; SIQUEIRA et al., 2020).

ÍNDICE PERCENTUAL DE NORMALIDADE - PNI

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

Para o cálculo do PNI, Cunha (2008 Equação 4.

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

[#form3.jpg]

Onde:

PNI = Índice Percentual de Normalidade;

PAreal = precipitação em determinado local (mm);

PNormal = Precipitação média do período analisado (mm).

Finalmente, uma vez desenvolvidos os três Índices de Seca, foi proposto um novo método para o REGIM entender os períodos secos ou chuvosos através do conjunto de dados.

ADAPTAÇÃO DOS MÉTODOS DE SECA IAC, DM E PNI AO REGIM

A análise dos resultados dos vários índices de seca foi considerada difícil de compreender. Assim, buscou-se avaliar o grau de gravidade dos eventos com base nas classificações propostas para cada um dos índices avaliados. Essas classificações foram utilizadas para verificar a frequência dos diferentes SDE de seca dos índices aplicados ao REGIM. Ressalta-se que a método foi adequada ao recorte temporal, visto que muitos autores sugerem que devem ser dados de mais de 30 anos (LIMA, 2016; SILVA et al., 2020). A nova classificação demonstrou que essa adaptação é possível a partir dos dados existentes, pois para a pesquisa em questão foi usado uma série histórica de 31 anos.

A quantidade de classes dos índices PNI e DM foi adaptada para melhor visualização dos dados; Assim, o sistema de classificação padrão possui seis classes SDE a serem englobadas nas classes RAI e obedece aos mesmos parâmetros, a saber: Extremamente úmido (EW), Muito úmido (VW), Molhado (W), Seco (D), Muito seco (VD) e Extremamente seco (ED).

A Tabela 2 apresenta uma classificação de seca sugerida por Araújo e colaboradores (2009) e uma nova proposta de pesquisa. Seguindo o modelo RAI, os parâmetros analisados foram modificados. Antes classificadas com valores que variam de 4 a -4, os novos valores ficaram entre -4.1 a 4.1, igualando os valores

das turmas. Assim, o número de classes permaneceu o mesmo, preservando o mesmo padrão da nova classificação proposta para MS e PNI, dando mais objetividade ao Índice de Seca (ID).

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

#tab2en.jpg

Tabela 2 - Relação entre os valores do RAI de Araújo et al (2009) e os propostos pelos autores. Elaborado por autores.

Elaborado por autores.

A Tabela 3 mostra a classificação de seca de Gibbs e Maher (1967) (1967) e a categorização proposta. No modelo DM proposto na Tabela 3, novas classes são adicionadas considerando os valores extremos máximo e mínimo, retirando a normale proposta por Gibbs e Maher (1967). Portanto, esses novos valores sugeridos nos possíveis resultados requerem maior atenção quando os achados demonstram extremos positivos ou negativos.

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

#tab3en.jpg

Tabela 3 - Relação entre os valores de DM e os propostos pelos autores Propostas Pelos Autores

A Tabela 4 apresenta as classificações dos RNPT sugeridas por Cunha (2008) e as classificações propostas para o presente estudo, em que foram adotados diferentes intervalos numéricos para cada classe de SDE seca. Foi reformulado de acordo com as classes DM e RAI anteriores, nas quais esses índices eram classificados, com destaque para os parâmetros de precipitação SDE (chuvas baixas a extremas) e a retiro da classe normal. Assim, essa nova abordagem apresenta valores de eventos de solo que não existiam no PNI anterior.

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	$\leq -4,1$	$IPN < 0,50$

#tab4en.jpg

Tabela 4 - Relação entre os valores do PNI de Cunha (2008) e os propostos pelos autores. Elaborado por autores..
Elaborado por autores..

Após a análise da base de dados e sua classificação nas escalas de tempo mensal e anual, a Tabela 5 apresenta a nova metodologia proposta para identificação dos SDEs.

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
Seca Normal	-4	MS	S	S
	-3	S	S	S
	-2	S	S	U
Chuva Normal	-1	MS	S	U
	1	S	U	U
	2	U	U	U
	3	U	U	MU
Chuva Severa	4	S	U	MU
	5	U	UM	MU
	6	UM	UM	MU
	7	UM	UM	EU
	8	U	UM	EU
Chuva Extrema	9	UM	EU	EU
	10	EU	EU	EU

#tab5en.jpg

Tabela 5 - Padrão para classificação dos Índices de Seca MS, RAI e PNI.

Tabela 5 - Padrão para classificação dois Índices Secos MS, RAI e PNI.

PROPOSTA DE ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA A CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE PADRONIZAÇÃO DE PRECIPITAÇÕES EM ESCALA DE TEMPO MENSAL E ANUAL

Assim, utilizou-se uma classificação qualitativa em uma classificação quantitativa, em que foram analisados os resultados de cada índice para cada ano do período em questão, de acordo com a classificação do Standardized Precipitation Index (SPI). Com esse novo arranjo, cada índice recebe uma escala de precipitação de acordo com o SDE de precipitação na região. Por fim, esses valores serão somados, gerando uma pontuação.

Portanto, entre os seis índices, as classificações podem variar de "Emergência Seca" a "Pluviosidade de Emergência". Assim, os parâmetros de classificação foram aplicados nas escalas mensal e anual para melhor compreensão dos resultados.

Conforme

Ao correlacionar os índices de seca analisados, uma nova classificação da situação de seca foi proposta para cada método neste estudo. Embora cada índice tenha uma metodologia própria, eles possuem o mesmo valor, que foi utilizado para criar a classificação com base nos índices de seca, facilitando o resultado final ao correlacionar os três índices.

Em seguida, delimitou-se os valores para os índices secos, com base no possível soma das escalas de chuva, e denominados Índice de Padronização de Precipitação (RSI), conforme apresentado na Tabela 1, juntamente com algumas combinações de classes secas de SDE e sua classificação.

As possíveis combinações dos índices PNI, DM e RAI definiram essa classificação IPP. Nos cenários possíveis, eles podem ter respostas semelhantes ou diferentes. Assim, o conjunto de dados analisados foi dividido em seis classes (Tabela 5) variando de "Extremamente seco" a "Extremamente úmido". Este parâmetro foi dividido em 20 pontuações.

Os valores de cada classe foram determinados precisamente pelo conjunto de possíveis resultados apresentados pelos índices da Tabela 5. Cada nota foi nomeada na nova classificação proposta. Portanto, o Índice de Padrão de Precipitação foi dividido em seis classes: Seca Extrema (DE), Seca Severa (SD), Seca Normal (ND), Precipitação Normal (NR), Precipitação Severa (SR) e Precipitação Extrema (ER).

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
	8	U	UM	EU
Chuva Extrema	9	UM	EU	EU
	10	EU	EU	EU

#tab6en.jpg

Tabela 6 - Combinações propostas de classes de SDE para determinar a pontuação do Índice de Padronização de Precipitação ED = Extremamente seco; VD = Muita Seca; D = Seco; W = Molhado; VW = Muito molhado; EW = Extremamente Desfiado. Elaborado por autores.

Elaborado por autores.

A Tabela 6 apresenta cada classe, e suas respectivas escalas de precipitação, definidas da seguinte forma: Seca Extrema (escalas -10 e -9) considera que quando ocorrem três resultados coincidentes, a DE em todos os índices, a escala de precipitação será -10. Portanto, a escala de -9 é usada quando dois dos três índices são ED e um VD. Uma escala de precipitação Seca severa tem quatro graus variando de -8 a -5. Notavelmente,

a classe -8 leva em consideração dois índices: VD e ED. Todos os índices para -7 são VD, enquanto a classificação -6 tem dois VD e um D. Por fim, a escala -5 é atribuída quando os índices variam, sendo ED, VD e D. Neste caso, o índice de classificação é atribuído à variável que está no meio.

A classificação Normal Dry possui notas que variam de -4 a -1; a classe -4 é atribuída quando há dois D e um VD. Quando todos os índices são D, a classe é -3, a escala de precipitação -2 tem dois D e um W, e o escore -1 é usado quando os índices têm valores diferentes, como VD, D e W.

A classe de Precipitação Normal varia entre as escalas 1 a 4, nas quais: 1 tem dois índices W e um S; na escala 2, todos os índices são W; 3 é composto por dois W e um VW, e o grau 4 é usado quando D, W e VD estão presentes.

A penúltima classe, Chuva Forte, tem quatro escalas que vão de 5 a 8: a escala 5 tem os índices VW e W. Na escala 6 todos os índices são W; enquanto 7 tem dois W e um EW. Na escala 8, as variáveis W, VW e EW aparecem em índices diferentes.

A classe final, Chuva Extrema, tem duas escalas: 9, que é usada quando ocorrem dois ED e um VD, e 10, quando todos os índices são EW. Assim, ao aplicar o sistema de classificação do RSI na escala temporal mensal e anual proposta, buscou-se verificar a periodicidade das anomalias mais extremas e um possível padrão na série temporal. Assim, o sistema de classificação permite examinar as condições secas e identificar os meses e anos com os índices mais extremos, notadamente "Chuva ou Emergência de Seca", e observar sua relação em sequência cronológica do estudo, verificando sua variação.

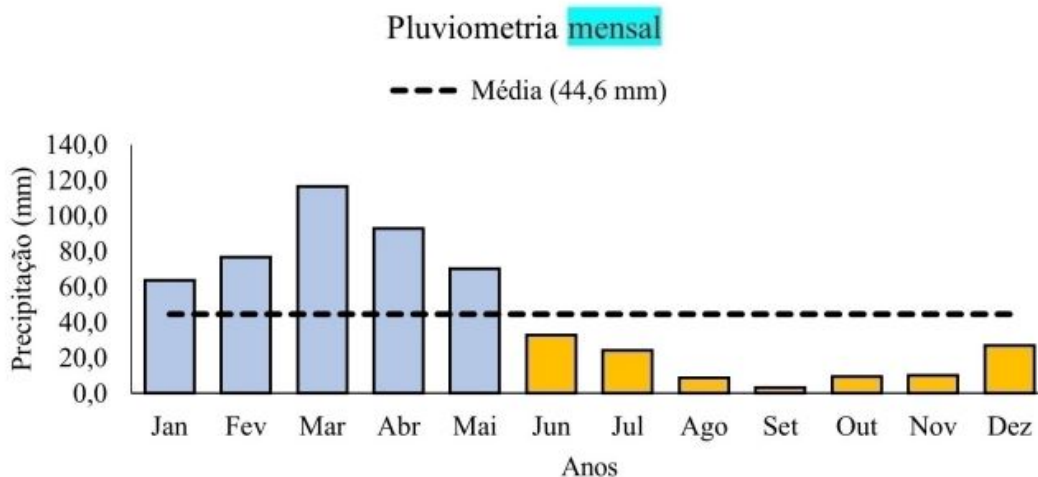
Conforme explicado na Tabela 5, para criar o sistema de classificação de seca, considerou-se que todos os índices têm o mesmo SDE de seca proposto. Esse valor global foi utilizado para determinar as SDEs para todos os meses e anos no período estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

2 indica os estádios predominantes na região, um com cinco meses chuvosos e outros com sete meses secos. Ao analisar os dados obtidos, fica evidente que o período chuvoso ocorre entre os meses de janeiro a maio, sendo março o mais representativo, atingindo uma precipitação média de 116 mm. Em contrapartida, o período seco vai entre junho e dezembro; Setembro é o mês mais seco, com 3 mm.

Cerca de 78% das chuvas são registradas nos primeiros cinco meses do ano, enquanto os sete meses restantes estão no período seco, com 22% da precipitação do ano. Estes últimos são meses com chuvas muito escassas na região, com volumes de no máximo 32 mm.

Assim, Souza et al., afirmam a importância de ampliar o conhecimento da variabilidade interanual e sazonal da precipitação no NEB para definição de políticas públicas para a manutenção e preservação dos recursos hídricos.



#fig3en.jpg

Figura 2 - Precipitação mensal (mm) dos 31 anos da REGIM.

Elaborado por autores.

Os resultados das SDEs (IAC, PNI e DM) são apresentados nas escalas de tempo de mensagens e anos para o REGIM – PB. Assim, de acordo com a Tabela 7, o DM teve variações extremas com quatro meses de ED e EW. Além disso, observou-se que nenhum dos índices apresentou os parâmetros C e W neste método.

Por outro lado, o RAI e o PNI tiveram resultados mais consistentes, com similaridade entre os meses ou muito próximos. Nesse sentido, uma análise da SDE indicou que o RAI e o PNI tinham oito meses ou 66,6%. O RNB com DM tem apenas um a mais, ou 8,3%, e o PNI tem DM para essa região há dois meses ou 16,6%. Assim, o RAI e o PNI estão mais próximo da realidade na escala mensal.

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
Mai	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

#tab7en.jpg

Tabela 7- Classificação mensal dos SDEs em escala de 1990 a 2020, de acordo com a nova classificação proposta. ED = Extremamente Seco; DV = Muito Seco; D = Seco; W = Molhado; VW = Muito Molhado; EW = Extremamente Molhado. Elaborado por autores.

Elaborado por autores.

A Tabela 7 mostra que cada mês tem sua peculiaridade de nos diferentes índices, destacando a proximidade entre um ou mais índices, seguindo aproximadamente os mesmos SDEs. Assim, a escala de precipitação

proposta demonstra informações atribuídas à região, nas quais é possível delimitar o Índice de Padronização de Precipitação Mensal.

Portanto, os métodos e classificação utilizados para os índices com resultados semelhantes são apresentados na Figura 3, estabelecendo dois períodos distintos. A primeira é de janeiro a maio, considerados meses chuvosos que variam em escala de NW a EW, com pico de março com o maior PNI.

Em contrapartida, os demais meses apresentam secas que variam de DE a DE; Setembro tem o menor valor de precipitação. Além disso, março e dezembro foram destacados como os dois períodos quente e seco, respectivamente, e, conseqüentemente, os meses de maior escassez hídrica, apresentando resultados idênticos às chuvas temporárias da Figura 2.

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

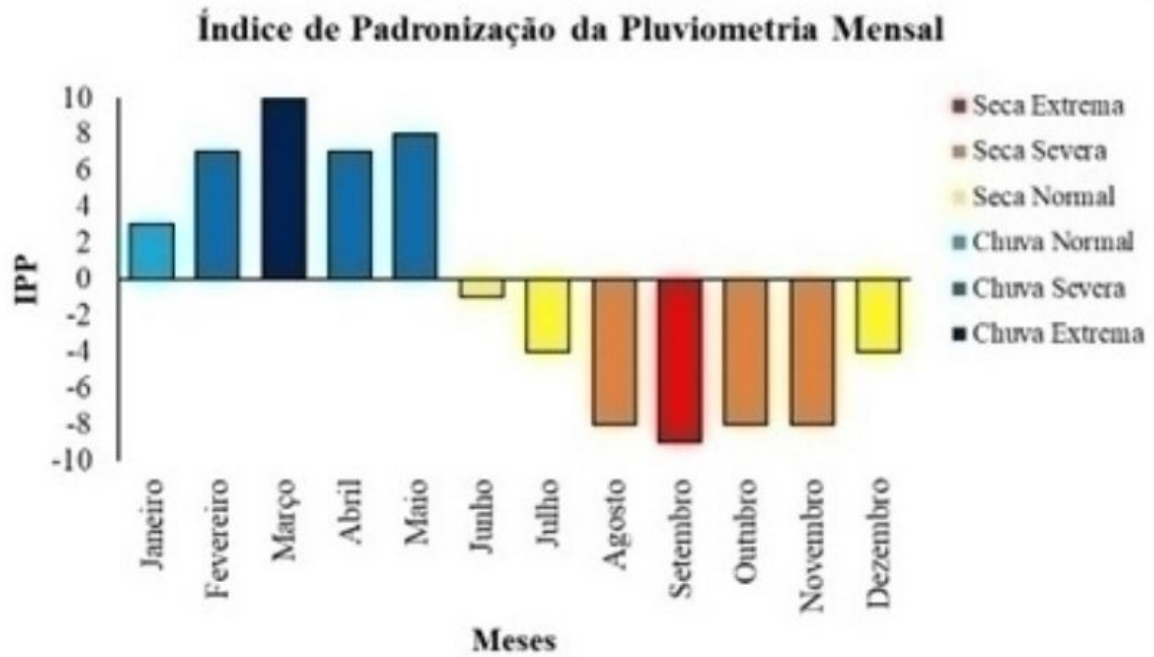
Diante dos resultados obtidos, torna-se imprescindível a gestão dos recursos hídricos dessa região com base no conhecimento dos estados com maior e menor subvenção hídrica na área de estudo. Políticas públicas que preservem e priorizem a água, por meio da criação de métodos de cisterna em diversas localidades da REGIM, são necessárias por se tratar de uma região semiárida, necessitando de reservas hídricas nos meses de menor abundância de ervilhas espinhosas.

As cisternas de placas captam água de forma eficiente, justificando sua importância para regiões suscetíveis à *secura* devido à sua viabilidade econômica, fácil manuseio e construção. Há também a possibilidade de geração de empregos para moradores locais, mesmo que temporários, para a construção desses reservatórios (PEREIRA et al., 2018; MARINHO et al., 2019). Outras alternativas incluem a criação de poços, cisternas e represas, que visam facilitar o acesso à água de parte da população.

A Tabela 8 apresenta uma análise anual de duas SDEs, conforme os parâmetros de cada índice, onde é possível observar que, para os índices, os anos SE aparecem apenas duas vezes nos índices IAC, PNI e DM. Então, novamente, os anos de DE ocorrem em dois anos do RAI e DM e em três anos do PNI; é evidente que todos os índices têm respostas distintas.

Outro fator observado na Tabela 8 é que cerca de 50% dos diferentes anos de SDE estão entre o período seco e o último, estabelecendo um equilíbrio para a região da área de estudo. Assim, o fator importante na relação com a série histórica de chuvas, sejam elas curtas ou longas, é a alternância entre os ciclos chuvoso e seco, que estabelece um equilíbrio sem anular as atividades intermediárias (NASCIMENTO et al., 2019).

Além disso, dos três SDEs analisados no estudo, o índice DM apresentou 24 dados semelhantes, ou 67.85% dos demais índices, enquanto o RAI apresentou 30 dados semelhantes com quase 100%, e o PNI apresentou 31 dados semelhantes, ou seja, 100% dos dados correlacionados com o outro SDE, reforçando sua importância no estudo proposto.



#fig4en.jpg

Figura 3 - Índice de Padronização da Precipitação mensal do REGIM de acordo com a nova classificação proposta. Elaborado por autores.

Assim, o RAI e o RNPT apresentam os melhores resultados na área de estudo, com respostas próximas em ambos os índices. O DM também é essencial para a pesquisa em escalas mensais e anuais.

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	1,59	EU	10	EU

#tab8en.jpg

Tabela 8 - Classificação anual dos SDEs em escala de 1990 a 2020, de acordo com a nova classificação proposta. ED = Extremamente seco; VD = Muita Seca; D = Seco; W = Molhado; VW = Muito molhado; EW = Extremamente.

Autores elaborados.

Autores de Cabelos Elaborados.

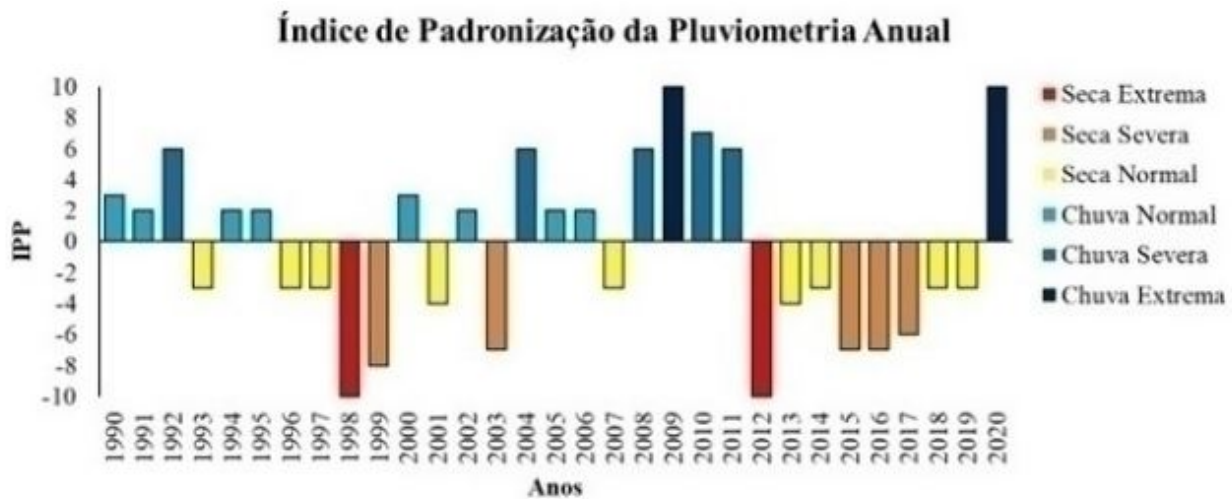
O mesmo procedimento de padronização dos dados na análise mensal foi repetido para a análise anual para entender melhor a proposta de pesquisa anual dos períodos de cheia ou seca no REGIM, as mostra a Figura 4. Isso mostra que, no geral, para o anos em causa, a análise annual do IPP corresponde à classificação proposta.

Portanto, de acordo com o SDE proposto, conforme apresentado na Tabela 3, a área de estudo possui todas as variações possíveis. Quinze anos foram classificados em NR (1990, 1991, 1994, 1995, 2000 e 2002), RS (1992, 2004, 2008, 2010 e 2011) e RE (2009 e 2020). Por outro lado, foram 16 anos secos, classificados em DN (1992, 1996, 1997, 2001, 2007, 2013, 2014, 2018 e 2019), DP (1999, 2003, 2015, 2016 e 2017) e DP (1998 e 2012).

Ao comparar as escalas mensal e anual, fica evidente que esta última apresenta variação mais significativa para a área de estudo. Uma correlação entre os anos classificados como ND ou NR obtém uma soma de 17 anos ou 55,2%.

Estes são classificados como você é e com um impacto significativo. Os anos classificados como SO ou DS respondem por 10 anos, ou seja, 33,2%, em apenas 4 anos após DE ou RE, com 11,6%. No entanto, são esses anos que requerem maior atenção.

A delimitação dos anos RS indica períodos de profundos impactos sociais, territoriais e ambientais. Grandes chuvas causaram dificuldades nos grandes centros urbanos devido a enchentes, catástrofes, perdas de safras e danos causados pela gestão dos recursos hídricos ou falta de informação durante os períodos analisados.



#fig5en.jpg

Figura 4 - Índice de padronização da precipitação anual do REGIM, segundo a nova classificação proposta.

Elaborado por autores.

No entanto, a DS tem impactos negativos na agricultura, resultando em consequências como altas temperaturas, danos à saúde humana, mortalidade de algumas espécies, êxodo rural e migração forçada para outras regiões.

Os anos classificados como DE ou RE têm impactos severos, principalmente aqueles com índice de seca mais intenso. 1998 e 2012 são semelhantes e classificados como "extremos" de seca. O ano de 1998 foi seguido por anos secos, o ano oposto de 2012, que teve anos anteriores classificados como CS e CE, depois teve anos secos na região de 2019.

Assim, Silva e colaboradores (2018) a quantidade de água disponível para nós reservas na região foi reduzida.

No período seco, os eventos precipitatórios do RE ocorreram em dois anos, 2009 e 2020. O ano de 2008 foi classificado como chuvoso, e a região experimentou chuvas intensas até o final de 2011.

O ano de 2020 foi precedido pelo mesmo ano de seca. Com este ano, o ER prestou apoio hídrico na região, com um volume de chuvas que não funcionava há anos, ajudando a aumentar os níveis dos mananciais, beneficiando a agricultura local e melhorando a reserva de água da REGIM.

Os resultados do REGIM contribuem para a gestão municipal, associações de agricultores e organizações ambientais, estados e municípios, devido ao conhecimento dos períodos pendentes do nível anual e mensal de insuficiência e/ou extremos pluviométricos que são possíveis para melhorar a gestão dos recursos hídricos e conscientizar a população sobre a importância do uso racional da água, essencial no dia a dia.

Além disso, os resultados contribuem para a formulação de políticas públicas no REGIM que possibilitem a construção de cisternas, abertura de poços e maior regularização dos reservatórios.

Além disso, beneficiam e promovem estratégias de convivência dos povos do campo para promover uma agricultura próspera no REGIM em ambos os períodos distintos, o que projetará cenários futuros para melhorar a gestão dos recursos águas.

Por fim, ferramentas de geoprocessamento podem verificar esses cenários por meio da coleta de dados da sequência cronológica de uma determinada área, município, região ou estado, possibilitando avaliar a vulnerabilidade hidro dos municípios do REGIM e projetar cenários futuros.

Os métodos de seca permitem um resultado positivo ou negativo para todos os REGIM a serem abordados. Notavelmente, o conjunto desses SDEs foi fundamental na definição dos parâmetros. Assim, o estudo dos SDEs com a nova classificação proposta apresenta resultados promissores que devem ser aplicados em outras regiões do país.

CONCLUSÃO

REGIM - PB possui dos período disparação de precipitação, o chuvoso, de janeiro a maio, e o seco, entre junho e dezembro. As SDEs são eficientes na imitação de períodos seco e chuvous no REGIM – dotando o estado de táticas de convivência. Os índices RAI e PNI são destacados na avaliação de extremos pluviométricos. Os IPP Mensais e Anuais foram de grande valia para o REGIM, demonstrando as propriedades e determinações de cada mês e ano. Esses resultados contribuem para que governos municipais e estaduais, produtores rurais e órgãos ambientais estaduais preservem os recursos hídricos tanto em períodos de escassez y de abundância. Por fim, permite a melhor convivência nos períodos do REGIM, possibilitando a projeção de cenários futuros para a gestão dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, LE; MORAES NETO, JM DE; SOUSA, F. DE AS Classificação da precipitação e do período chuvoso da bacia do rio Paraíba por meio do índice de anomalia de chuva (IAC). *Revista Ambi-Água*, v. 4, pp. 93-110, 2009.
- RIBEIRO, HN; MOOLEY, DA Seca/cheias em grande escala e circulação de monções. *Revisão Mensal do Tempo*, Boston, v. 108, n.º. 8º, pp. 1197-1211, 1980.
- QUIETO, PARE; COMER; MARQUES, COMER; SOBRAL, MC Plano diretores na articulação da gestão dos recursos águas com o uso do solo no ambiente dos reservatórios. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, não. 3, pp. 958-972, 2020. Veja Mais
- COSTA, JA; DA SILVA, DF Distribuição espaço-temporal do índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, não. 4, pp. 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.; OLIVEIRA, M. L. S.; MEDEIROS, A. A.; GUERRA, H. O. C.; SALES, J. C. R. Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraíbano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 6, p. 2628-2640, 2020.
- DUARTE, J. G. P.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, F. A. S.; OLIVEIRA, J. T. A.; RAMOS, M. M. Q. Secas e impacto na agropecuária no município de Campina Grande – PB. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, n. 2, p. 289-297, 2018.
- FERNANDES, D. S.; OLIVEIRA, A. B.; OLIVEIRA, R. L.; OLIVEIRA, A. O.; CARDOSO, A. S. Índices para a quantificação da seca. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 48º. 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 semiáridas. *Revista de Tecnologia*, v. 19, p. 84-95, 2005.
- OLIVEIRA, J. A.; MAHER, J. V. Decis pluviométricos como indicadores de seca. Melbourne: Comunidade da Austrália, 1967. 84 p. (Secretaria de Meteorologia. Boletim, 48).
- GUIMARÃES, S. O.; COSTA, A. A.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; SILVA, E. M., VENDAS, 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.
- OLIVEIRA, M.; Oliveira, A.; OLIVEIRA, C. C.; MIN, A. Vulnerabilidade à seca e avaliações de risco: estado da arte, lacunas persistentes e agenda de pesquisa. *Environ. Res. Lett*, v.14, 2019.
- CORDEIRO, P. J.; OLIVEIRA, R. A.; HASTENRATH, S. Variabilidade interanual no atlântico tropical. *Nature*, Londres, 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.; OLIVEIRA, L. N.; MAGALHÃES, A. R. (org.). *Secas no Brasil: política e gestão proativas*. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE; Banco Mundial, 2016. 292 págs.
- OLIVEIRA, R. M.; SOBRINHO, J. E.; GUIMARÃES, Í. T.; JÚNIOR, 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.

- RIBEIRO, J. O.; CAMPOS, J. O.; LIMA, V. R. P. A importância das cisternas de placa na zona rural de Serra Redonda – PB: uma análise da comunidade Torre. *Revista Geotemas*, v. 9, n. 1, p. 27-07, 2019.
- MCKEE, A. B.; OLIVEIRA, J. A.; KLEIST, J. A relação da frequência e duração da seca com as escalas de tempo. In: *CONFERÊNCIA SOBRE CLIMATOLOGIA APLICADA*, Anhaeim, CA. Procedimento. Boston: Sociedade Meteorológica Americana, v. 8, p. 179-184, 1993.
- Oliveira, A.; OLIVEIRA, M.; RIBEIRO, G.; OLIVEIRA, J.; FRISCHEN, J. Indicadores de vulnerabilidade à seca para avaliações de risco de seca em escala global. Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 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, V. A.; ARAÚJO, L. E. Análise da variabilidade da precipitação pluviométrica na microrregião de Umbuzeiro, Paraíba. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 26, p. 233-248, 2020.
- OLIVEIRA, J. A.; 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 – Centro Nacional de Mitigação de Secas, Universidade de Nebraska, Lincoln, Nebraska, EUA. Disponível em: <http://drought.unl.edu>. Acesso em: maio 2020.
- OLIVEIRA, 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. *Seca meteorológica*. Washington: Departamento de Comércio dos EUA, 1965. 65 p. (Artigo de pesquisa, 45).
- PEREIRA, M. D. B.; OLIVEIRA, D. S.; VIANNA, P. C. G. Análise da abrangência e distribuição de cisternas de placas na área 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. Um índice de anomalia de precipitação independente do tempo e do espaço. *Não*. v. 14, p. 43-48, 1965.
- VENDAS, DC; COSTA, AA; SILVA, EM; VASCONCELOS JÚNIOR, FC; CAVALCANTE, WBA; MEDEIROS, SS; MARIN, AMP; GUIMARÃES, ENTÃO; JÚNIOR, LMA; PEREIRA, JMR Mudanças na precipitação e temperatura no Nordeste brasileiro usando uma técnica de downscaling dinâmico. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, pp. 435-456, 2015.
- SILVA, FF; DOS SANTOS, FA; DOS SANTOS, JM Índice de anomalia de chuva (IAC) aplicado ao estudo da precipitação no município de Caridade, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 27, pp. 426-442, 2020.
- SOUZA, CLO; NOGUEIRA, VFB; NOGUEIRA, VS Variabilidade interanual da precipitação em municípios do semiárido brasileiro entre 1984 e 2015. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 12, não. 4, pp. 740-747, 2017.