ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Investigação da Influência do El Niño e da La Niña Sobre a Variabilidade da Precipitação na Cidade de Patos, Paraíba

Shayenny Alves de Medeiros¹, Raul Araújo da Nóbrega², João Miguel de Moraes Neto³, Aldinete Bezerra Barreto⁴, Gleyka Nóbrega Vasconcelos⁵, Renata Richelle Santos Diniz⁶

¹ Mestranda em Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (CAPES) / Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil. shay.alvess@hotmail.com (autor correspondente). ² Mestrando em Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (CAPES) / Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil. raul.nobrega@outlook.com. ³ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, moraes.ninja@hotmail.com. ⁴ Unidade Acadêmica de Engenharia Biossistemas, Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, aldbarreto@ufcg.edu.br. ⁵ Mestranda em Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (CAPES) / Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil. gleykanobrega@live.com. ⁶ Mestranda em Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (CAPES) / Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil. renata_richelle@hotmail.com.

Artigo recebido em 17/08/2019 e aceito em 01/03/2020

RESUMO

A área de interesse para este estudo foi o município Patos - PB, onde foram utilizados dados totais mensais e anuais (1960-2019) da precipitação, disponibilizados pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). Os dados foram utilizados para estudar a variabilidade da chuva, investigando as anomalias de precipitação em anos de ocorrência El Niño e La Niña. A Técnica utilizada foi a dos Percentis que determinou a classe pluviométrica da precipitação caracterizando os totais nas seguintes classes: Muito Seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (CH) e Muito Chuvoso (MC). Os resultados destacam os meses de janeiro a abril com as máximas precipitações mensais, representando 86,85% do total anual esperado, e os meses de menor ocorrência de chuvas são de agosto a outubro. Foi utilizada a técnica do Desvio Padronizado de Precipitação (DPP) para investigar a existência de influência dos eventos El Niño e La Niña, na variabilidade das precipitações. Os (DPP) mensais apresentam valores negativos e positivos, entre -1,71 e 5,62. Ao analisar separadamente os DPPs para os anos com a ocorrência dos eventos El Niño e La Niña, conclui-se que há uma predominância dos DPPs negativos com médias anuais de 70,21 e 59,09% respectivamente, portanto, não representando uma evidência significativa da influência dos fenômenos sobre a variabilidade da chuva.

Palavras-chaves: Pluviometria, Quantis, Desvio Padronizado.

Investigation of the Influence of El Niño and La Niña on the Variability of Precipitation in the City of Patos, Paraíba

ABSTRACT

The area of interest for this study was the municipality of Patos-PB, where were used monthly and annual total data (1960-2019) of rainfall, provided by the Northeast Development Superintendence (SUDENE) and the Executive State Water Management Agency Paraíba. Data were used to study rainfall variability, investigating precipitation anomalies in years of occurrence El Niño and La Niña. The technique used was the Percentiles that determined the rainfall class characterizing the totals in the following classes: Very Dry (VD), Dry (D), Normal (N), Rainy (R) and Very Rainy (VR). The results highlight the months from January to April with the highest monthly rainfall, representing 86.85% of the expected annual total, and the months with the lowest rainfall are from August to October. The Standardized Precipitation Deviation (SPD) technique was used to investigate the influence of El Niño and La Niña events on precipitation variability. The monthly (SPD) values are negative and positive, between -1.71 and 5.62. When analyzing the DPPs separately for the years with the occurrence of the events El Niño and La Niña, it is concluded that there is a predominance of negative DPPs with annual averages of 70.21 and 59.09% respectively, thus, not representing significant evidence of the influence of phenomena on rainfall variability.

Keywords: Rainfall, Quantis, Standard Deviation

Introdução

Desde o período colonial, com o início do povoamento do semiárido, há registros de secas no Nordeste Brasileiro, de acordo com Melo (1999). Conforme Campos (2014), só a partir de 1877 a 1879, depois da grande seca com repercussão mundial, onde morreram centenas de milhares de pessoas, que começaram as políticas públicas em decorrência das secas.

Segundo Bezerra (2016), os fatores que contribuem para a estiagem no semiárido, são de ordem climática condicionada a fatores ambientais provocados pela falta ou escassez de chuva, levando assim, a semiaridez climática ou incidência das secas. O semiárido brasileiro ocupa cerca de 18% do território brasileiro, o semiárido possuindo uma grande extensão e variabilidade de precipitação, variando para cada sub-região (Palharini e Vila, 2017).

A região semiárida é composta 1.262 municípios, com precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, o índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50, com um de déficit hídrico diário igual ou superior a 60%, de acordo com a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste- SUDENE (2019), (<http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>).

Palharini e Vila (2017) destacam alguns dos fenômenos atmosféricos que interferem de forma significativa na precipitação do Nordeste Brasileiro, são os sistemas conhecidos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtice Ciclônico Superior Troposférico (VCST), distúrbios nos ventos alísios, linhas de instabilidade, sistemas frontais no sul de NEB e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Lucena et al. (2011) destacam em seu estudo um outro fenômeno que exerce uma forte influência sobre o Nordeste Brasileiro, o El Niño/Oscilação do Sul (ENOS). Este fenômeno é caracterizado pela ocorrência de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico equatorial central e leste com anomalias positivas (El Niño) e negativas (La Niña) (Nóbrega, Santiago e Soares, 2016).

Tais fenômenos atmosféricos, de acordo com Marengo et. al (2018), tem causado impactos sociais e naturais, com a alta vulnerabilidade socioeconômica de pessoas que vivem na região semiárida. Presenciamos o fenômeno da seca destruindo grande parte da economia rural da

região Nordeste, trazendo imensos prejuízos para a população nordestina (Bezerra, 2016).

Bezerra (2016) considera que a seca do Nordeste adquire proporções de um desastre, com número de vítimas semelhante ao de outras catástrofes, a exemplo de inundações ou terremotos, para populações que se encontram em situações vulneráveis, onde a diferença da seca em relação aos demais desastres, é que mata lentamente.

Sabe-se que o esforço para minimizar as consequências das secas na região do Semiárido requer uma abordagem multifatorial que envolve, desde a implantação de políticas públicas para o uso, reuso e gestão da água, até um conhecimento mais profundo do regime pluviométrico e das circulações atmosféricas que o condicionam.

Levando em consideração tais fatores apresentados, o objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade temporal da precipitação pluviométrica anual, quadrimestral e mensal em Patos, identificando o quadrimestre chuvoso e sua contribuição em termos de precipitação, bem como investigar a influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a variabilidade da chuva. Para que os resultados possam auxiliar na aplicação de medidas para melhor utilização e armazenamento da água da chuva, para que a população consiga enfrentar o período de estiagem com segurança.

Material e métodos

Características Climáticas do Município de Patos-PB

O município de Patos localiza-se no Polígono das Secas, (7°1'S, 37°17'W, 250m). Possui clima Quente e Úmido com chuvas de verão e outono. Na divisão do Estado da Paraíba em regiões bioclimáticas o município enquadra-se em região dos bioclimas 4aTh-Tropical quente de seca acentuada com a ocorrência de 7 a 8 meses secos ocorrendo a oeste do município, e 2b-Sub-desértico quente de tendência tropical com 9 a 11 meses secos que predomina à leste de acordo com CPRM (2005).

A pluviometria média anual é de 715,3mm (Período 1911- 1985) com 78% de seu total concentrando-se em 04 meses (JFMA). O município tem cerca de 50% de sua área ocupada com vegetação nativa, caracterizada como Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta, Caatinga

Arbustiva Arbórea Fechada e Caatinga Arbórea Fechada, indicando também a presença de Áreas de Preservação Permanente. (Rêgo, et al., 2000). A temperatura média anual situa-os entre 27° C a 28° C. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) sua população era estimada em 100.674 habitantes, sendo a 3ª cidade polo do estado da Paraíba, considerando sua importância socioeconômica e tem como principal atividade econômica o comércio. O município conta com o rio Espinharas, os açudes Jatobá e da farinha e também com o açude da Capoeira na cidade de Santa Terezinha para abastecê-lo.

Dados

Nessa pesquisa utilizaram-se dados totais mensais de pluviométricos dos postos da SUDENE localizadas na cidade de Patos além dos dados de precipitação disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da

Paraíba (AESA), entre 1960 a 2019, onde deste intervalo foram excluídos dez anos (1977, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 2019) por ausência de dados e dados incompletos, que, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) foi devido à perda de algumas estações na transição de um banco para outro. Para as análises mensais, os meses com dados para o ano de 2019 foram utilizados. Essas informações foram usadas para identificar variações mensais e anuais da precipitação no município de Patos. Foi calculado, para cada mês do período o Total Mensal de Chuva (x_i) e a Média Mensal Climatológica (μ_i) e o Desvio Padrão (σ_i), que permitiu o cálculo posterior do Desvio Padrão Padronizado (DPP). Também foi calculado o Total Anual da Chuva e a sua Média Climatológica. Através da Técnica do Percentil foram classificados os meses extremos de precipitação da série e a classificação pluviométrica da precipitação mensal e anual do município.

Figura 1- Mapa geográfico do Estado da Paraíba, com destaque para a cidade de Patos-PB. Fonte: Autor.

Metodologia

A variabilidade da precipitação foi estudada a partir da obtenção dos totais mensais de

precipitação (x_i) para cada ano do período estudado, posteriormente a obtenção da Média

Mensal Climatológica (μ_i) da série, através seguinte equação:

$$\mu_i = \sum_{j=1}^n \frac{x_{ij}}{n} \quad (1)$$

na qual $i=1, 2, 3, \dots, 12$ identifica o mês e $j=1,2,3, \dots, n$ identifica o ano.

A utilização do Desvio Padrão Mensal (σ_i) permitiu a observação da variação dos dados em relação à média aritmética da série, através da seguinte equação:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(x_{ij} - \mu_i)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Onde o grau de liberdade ($n - 1$) foi utilizado devido a série de dados do estudo ser superior a 30 anos.

Usando a equação (1) e (2) foi calculado o Desvio Padronizado de Precipitação Mensal (DPP_{ij}), que permite alocar os dados em classes positivas e negativas, as quais fornecem

informações quanto à magnitude da anomalia. O DPP_{ij} é dado por:

$$DPP_{ij} = \left(\frac{x_{ij} - \mu_i}{\sigma_i} \right) \quad (3)$$

na qual $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ identifica o mês e $j = 1,2,3, \dots$ identifica o ano.

As variações nos valores do DPP_{ij} indica que a chuva acumulada num determinado mês esteve abaixo ou acima da média mensal do período, quando DPP_{ij} for negativo ou positivo.

Para observar existência da influência dos eventos El Niño e La Niña, nas precipitações pluviométricas de Patos-PB, foi utilizado os DPPs, os mesmos foram analisados apenas os anos de ocorrência dos eventos atmosféricos, dentro do período do estudo.

Através do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos foi possível determinar os anos de ocorrência dos episódios de El Niño (EL) e La Niña (LA), conforme a Tabela 1, onde se encontra classificados dentro de sua intensidade e em suas categorias: Forte (F), Moderado (M) e Fraco (FR). Além dos anos sem ocorrência desses fenômenos.

Tabela 1. Classe da precipitação correspondente a cada ano do período 1960-2018: Registros dos anos com ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña e anos sem ocorrência. (Fonte: Adaptado de CPTEC/INPE)

EL NIÑO			LA NIÑA			ANOS NORMAIS
Fraco	Moderado	Forte	Fraco	Moderado	Forte	-
1976-1977	1963-1964	1972-1973	1983-1984	1964-1965	1973- 1976	1960
1977-1978	1965-1966	1982-1983	1984-1985	1970-1971	1988-1989	1961
1979-1980	1968-1970	1990-1993	1995-1996	1998-2001	2007-2008	1962
	1986-1988	1997-1998		2010-2011		1981
	1994-1995	2015-2016		2017-2018		2012
	2002-2003					2013
	2004-2005					2014
	2006-2007					
	2009-2010					

Fonte: Adaptado do INPE.

Para caracterizar a frequência e a intensidade dos meses extremos de chuva em Patos, foi utilizado o método do percentil (x_i), aplicado a todos os dados mensais de chuva, com o auxílio de planilhas do Excel. A seleção dos meses de chuva foi feita utilizando como limiar de chuva extrema mensal o percentil de 97%, o mesmo usado por Medeiros et al. (2015). Essa mesma técnica foi utilizada para determinar a classe pluviométrica da precipitação mensal da cidade de Patos, que caracterizará os totais mensais em cinco classes: como Muito Seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (CH) e Muito Chuvoso (MC).

Pinkayan (1966) foi pioneiro e de grande importância no estudo do Percentil, expandindo o uso da Técnica dos Quantis, utilizando-a para avaliar a ocorrência de anos secos e chuvosos sobre extensas áreas dos Estados Unidos.

A Técnica baseia-se na distribuição da frequência acumulada, sendo que a aproximação da função densidade de probabilidade que descreve o fenômeno é tanto melhor quanto maior for o número de observações disponíveis. Os intervalos de cada percentil representam as probabilidades ou frequências esperadas para cada um dos eventos que podem ocorrer na sequência da série temporal de uma variável X.

A Técnica dos Quantis é uma metodologia que consiste estritamente na distribuição em

ordenamento crescente de uma série amostral contínua, para a qual se atribui uma probabilidade p , univocamente para cada valor amostral (Xavier, 1999; Xavier et al., 2002). Assim, a série temporal será organizada na ordem crescente que é então dividida em n partes. Se dividirmos a série em três

partes, por exemplo, teremos os quantis de 25%, 50% e 75%, como mostra na tabela abaixo. Se a divisão for em 99 partes corresponde ao percentil, assumindo a probabilidade de 1% para cada ordem. O índice n , portanto, representa o tamanho da amostra.

Tabela 2 – Intervalos de classe para categorização da precipitação

CLASSES DE PRECIPITAÇÃO		
Muito Seco	“MS”	quando $x_i \leq P_{0,15}$
Seco	“S”	quando $P_{0,15} < x_i \leq P_{0,35}$
Normal	“S”	quando $P_{0,35} < x_i < P_{0,65}$
Chuvoso	“C”	quando $P_{0,65} \leq x_i < P_{0,85}$
Muito chuvoso	“MC”	quando $x_i \geq P_{0,85}$

Resultados e discussão

Análise Estatística da Precipitação Mensal

Quanto à variabilidade mensal da precipitação do município de Patos, a Figura 2 ilustra as normais mensais do período; as médias mensais e os desvios padrões de precipitação para o período 1960-2019. Ao analisarmos os meses no período em estudo, constatam-se os valores máximos mensais nos meses de março (209,4 mm), abril (153,8mm), fevereiro (137,9 mm) e janeiro

(87,2 mm). Esse quadrimestre chuvoso representa quase 86,85 % do total anual esperado, sendo o mês de março o máximo de precipitação mensal. Os valores da normal climatológica são inferiores em sua maioria aos valores das médias mensais de precipitação do período em estudo. Agosto, setembro e outubro, são os meses com menor ocorrência de chuvas. Monteiro et al. (2013), ao analisar período chuvoso do Município de Patos-PB, também identificou os meses de janeiro a março com maior incidência de chuva no decorrer do ano.

Figura 2. A Normal Climatológica, média climatológica e o desvio padrões de precipitação do período 1960-2019.

Esses meses secos e chuvosos também foram identificados com a Técnica dos Percentis que constatou a classificação pluviométrica da precipitação mensal do município e definiu em

totais mensais, Tabela 3, como: Muito Seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (CH) e Muito Chuvoso (MC).

Tabela 3 - Valores dos Intervalos de Classe Mensal da Precipitação de Patos-PB do período de 1960-2019

CLASSES DE PRECIPITAÇÃO				x_i (chuva mm)
1	Muito Seco	“MS”	$x_i \leq P0,15$	$0 \leftrightarrow 4,50$
2	Seco	“S”	$P0,15 < x_i \leq 0,35$	$4,50 \rightarrow 13,1$
3	Normal	“N”	$P0,35 < x_i < P0,65$	$13,1 \text{ — } 46,63$
4	Chuvoso	“C”	$P0,65 \leq x_i < P0,85$	$46,63 \leftarrow 145,94$
5	Muito chuvoso	“MC”	$x_i \geq P0,85$	$145,94 \leftrightarrow 641,0$

A partir da análise feita, podemos classificar os meses, do período em estudo de acordo com a precipitação, quando registrados volume de 0 a 4,5 mm, os meses são considerados Muito Seco, para 4,5 a 13,1 mm, estão os meses Secos, já para aqueles cuja principal estação variam entre 13,1 a 46,5 mm, são considerados Normais. Tabela 4- Frequência percentual mensal das classes correspondente ao período de 1960-2019.

Meses	Frequência mensal das classes pluviométricas				
	MS	S	N	C	MC
Jan	11,76%	3,92%	27,45%	37,25%	19,61%
Fev	3,85%	1,92%	19,23%	26,92%	48,08%
Mar	1,92%	-	3,85%	32,69%	61,54%
Abr	3,85%	-	7,69%	57,69%	30,77%
Mai	17,31%	9,62%	30,77%	30,77%	11,54%
Jun	22,00%	16,00%	44,00%	16,00%	2,00%
Jul	37,25%	23,53%	35,29%	3,92%	-
Ago	82,35%	7,84%	7,84%	1,96%	-
Set	88,24%	9,80%	1,96%	-	-
Out	70,00%	14,00%	14,00%	2,00%	-
Nov	26,00%	14,00%	20,00%	6,00%	-
Dez	14,00%	20,00%	20,00%	22,00%	4,00%

Constata-se, na distribuição da frequência mensal das classes, a maior porcentagem para as classes: Chuvoso (C) e Muito Chuvoso (MC) estão

Os meses Chuvosos variam de 46 a 145 mm, e com precipitações maiores que 145 mm são classificados como Muito Chuvosos.

Para a frequência percentual das cinco (05) classes de precipitação mensal, Tabela 4.

os meses de abril e março, com 57,69% e 61,54% respectivamente, do período em estudo.

Evidencia-se, que nesses meses tiveram os menores percentuais para a classe do mês Seco (S) ou Muito Seco (MS). Já para os meses de agosto, setembro e outubro, são os meses que apresentam as menores precipitações, sendo classificados como Muito Secos, com 82,35%, 88,24% e 70%, respectivamente. Destaca-se, que os meses mencionados anteriormente, não possuem porcentagem na classe muito chuvosa (MC). Quanto aos meses de junho e julho possuem as maiores porcentagens na classe normal (N).

Na Figura 3, é possível observar a variabilidade da precipitação total do quadrimestre chuvoso em Patos, onde no ano de 1985 ocorre a maior precipitação no quadrimestre (1323,4 mm), durante a ocorrência da La Niña, classificado como fraco, porém Silva (2017) destaca em seu estudo que para o mesmo ano teve atuação do Dipolo do Atlântico Negativo aumentando a precipitação, e o ano que registrou a menor precipitação foi 2013, durante a ocorrência do El Niño, classificado como moderado (175,5 mm).

Figura 3- Distribuição do total anual de precipitação e média climatológica do quadrimestre chuvoso do período 1960-2019 de Patos-PB.

Classificação da Precipitação Anual

A distribuição anual da precipitação para o período dos 50 anos em estudo está representada

na Figura 4, o qual está representado o valor médio anual da precipitação de Patos que é de 758,7 mm, além de destacar máximos e mínimos de chuva.

Figura 4- Distribuição do total anual de precipitação e média climatológica do período 1960-2018 da estação de Patos/PB.

O ano de 1985 registrou o valor máximo para todo o período de estudo (1595,2 mm), esse valor representa mais que o dobro do valor anual esperado, em seguida foi o ano de 2009 (1529,5 mm). O episódio de La Niña de intensidade fraca registrado no ano de 1985 pode ter contribuído para o valor elevado, e no segundo semestre de 2009 teve a ocorrência do El Niño de intensidade moderada, o que não influenciou na precipitação do quadrimestre chuvoso, já que a interferência ocorreu apenas no ano seguinte, por isso o valor total anual de 2009 elevado. Outro valor foi no ano de 1974, com máximo de chuva de 1289,9 mm, onde os registros mostram a ocorrência de La Niña de intensidade moderada nesse ano.

Ainda destaca-se o ano de 2012 com a menor precipitação registrada do período de estudo (199,1 mm), esse total representou uma redução na chuva anual de 73,75%, do valor esperado. Em seu estudo, Marengo et al. (2018) enfatiza que durante o período 2012-2013, a precipitação foi entre 100 e 300 mm / ano abaixo da média no semiárido.

Por meio da Técnica do Quantil (Percentis) foram identificadas as classes pluviométricas da precipitação anual de Patos, definindo o período em estudo em cinco classes: como Muito Seco (MS), Seco (S), Normal (N), Chuvoso (CH) e Muito Chuvoso (MC), Tabela 5. Já na Figura 5 são apresentados os mínimos e máximos pluviométricos anuais dentro cada classe.

Tabela 5 – Limites dos Intervalos das Classes Anuais da Precipitação de Patos-PB do período de 1960-2018 e a Frequência Percentual dos anos em cada classe

Classes de Precipitação				x_i (chuva mm)	Frequência dos anos (%)
1	Muito Seco	“MS”	$x_i \leq P_{0,15}$	199,1 ↔ 467,88	20,41
2	Seco	“S”	$P_{0,15} < x_i \leq P_{0,35}$	467,88 → 630,88	22,45
3	Normal	“N”	$P_{0,35} < x_i < P_{0,65}$	630,88 — 829,68	18,37
4	Chuvoso	“C”	$P_{0,65} \leq x_i < P_{0,85}$	829,68 ← 1032,71	22,45
5	Muito chuvoso	“MC”	$x_i \geq P_{0,85}$	1032,71 ↔ 1595,2	16,33

Figura 5- Distribuição do total anual da precipitação e a sua Classificação obtida pelo método dos percentis, no período 1960-2018: Precipitação (linha azul), Percentil_{0,15} (linha cinza contínua), Percentil_{0,35} (linha cinza tracejada), Percentil_{0,65} (linha preta tracejada) e Percentil_{0,85} (linha preta contínua).

Essa classificação da precipitação anual foi apresentada na Tabela 6, em conjunto com os anos que apresentam episódios de El Niño e La Niña em respectivas classificações. Na distribuição anual da precipitação para o período dos 50 anos em estudo, juntamente com a classificação da precipitação, observa-se que os menores índices de precipitação estão nos anos 1970, 1982, 1983, 1998, 2001, 2013, os quais foram classificados como Muito Seco (MS), com valores menores ou igual ao P_{0,15} (467,88 mm). Embora, 1970, 2001 estejam no intervalo de classe dos anos Muito Seco (MS), foram períodos em que se registrou a ocorrência de

La Niña (LN) de intensidade moderada e forte. Por outro lado, nos demais anos dessa classe, têm-se registros de eventos de El Niño (EN), que variam de intensidade moderada a forte. Os anos 1964, 1965, 1967, 1985, 1994, 1996, 2008, 2009, registraram a ocorrência do LN com intensidade moderada e anos neutros, sendo classificados como Muito chuvoso (MC), com valores entre maiores ou iguais ao P_{0,85} (1032,71mm), apresentando assim os maiores índices de precipitação. Os anos 1960, 1961, 1962, 1981, 2012, 2013, 2014 foram anos onde não registraram eventos El Niños (EN) e La Niña (LN).

Tabela 6 - Classe da precipitação correspondente a cada ano do período 1960-2018: Registros dos anos com ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, e sem ocorrências dos fenômenos (Fonte: Adaptado de CPTEC/INPE); Frequência percentual dos anos em cada classe.

Fenômeno ATM	Intensidade	Classe de Precipitação				
		MS	S	N	C	MC
El Niño	F	1982	2015	1997	1972	-
		1983 ^{o*}	2016	-	1973 ^{o*}	-
		1998	-	-	-	-
	M	1966	2003	1995 ^{o*}	1963	1964
		1970 ^{o*}	2007 ^{o*}	2002	1968	1965 ^{o*}
						1994

		-	1969	2004	-	2009
		-	-	2010 ^{o*}	-	-
	FR	-	1976 ^{o*}	1979	-	-
		-	1980	-	-	-
		1998 ^{o*}	1976 ^{o*}	-	1973 ^{o*}	2008
	F	-	2007 ^{o*}	-	1975	1974
		-	-	-	-	-
La Niña		1970 ^o	-	2010 ^{o*}	2011	1971
	M	2001	-	-	-	1965
			-	-	-	-
	FR	1983 ^{o*}	-	1984	-	1996
		-	-	1995 ^{o*}	-	-
Sem ocorrência de		2012	1960	1961	2014	-
El Niño / La niña		2013	1981	1962	-	-
Frequência em anos (%)		20,41	22,45	18,37	22,45	16,33

^{o*} Ano com a ocorrência de El Niño e La Niña

Para investigar a influência de eventos El Niños (EN) e La Niña (LN) na precipitação de Patos, foi utilizado o método estatístico do Desvio Padronizado de Precipitação (DPP), que permitiu alocar os dados em classes positivas e negativas. Os DPP apresentam valores negativos e positivos, que variam de -1,71 (março de 2004) a 5,62 (agosto de 2000).

Na Figura 5a, que representa os DPPs para os anos de 1963 a 1972, os DPPs negativos são predominantes, correspondendo há 77 meses, enquanto que os DPPs positivos, são de 43 meses, nesse intervalo de anos destaca-se o ano de 1970 (ano de LN e EN com intensidade moderada) que

possui o maior número de DPPs negativos (11) e um total anual de precipitação de 431,7 mm, cerca de 43% abaixo da média anual para o período de estudo, caracterizando-se um ano de transição entre os fenômenos EN e LN. Nesse ano, o menor e maior DPP ocorreram no mês de fevereiro (-1,0263) o qual registrou 45,4 mm e janeiro (1,369) com 215,8 mm.

Os anos de 1964, 1965, 1967, 1972 possuem 7 meses com DPPs negativos e 5 meses com DPPs positivos. Ressalta-se que para esses anos os maiores valores do DPP foram > 2, e em Julho de 1972 com uma precipitação de 98,5 mm registrou o maior DPP igual a 4,668.

A.

Figura 5. Distribuição mensal do Desvio Padronizado de Precipitação (DPP) em Patos-PB no período de: A. 1963-1972, B. 1973-1985, C. 1994-2004, e D. 2005-2018

Para os anos com ocorrência de El niño, apenas em 1966 (EN moderado) e 1969 (EN forte) tiveram os seus totais anuais de precipitação abaixo da média com redução em torno de 36,68% e 22,35% para cada ano respectivamente. Em contraste, o ano de 1967 no qual ocorreu La nina com intensidade Forte houve um aumento na precipitação 70,25% acima da média, independente da predominância de DPP negativos (7) já que ocorrem no período de estiagem, que representam meses com chuva abaixo da média, a precipitação total do ano foi de 1217,8 mm.

Já na Figura 5b estão representados os DPP do período de 1973-1985, e para o mesmo registrou-se 45 meses com DPP positivos e 83 meses negativos. Os anos de 1973-1974-1976-1984-1985 tiveram ocorrência de LN de

intensidade Fraca ou Forte, o predomínio é de DPP negativo (30 meses) e possuem juntos 27 meses com DPP positivo. Ressalta-se que os únicos anos com ocorrência de LN que tiveram totais anuais abaixo da média foram 1976 (629,8 mm) e 1984 (723,3 mm).

Já para os anos de 1973-1976-1978-1979-1980-1982-1983, foi verificada a ocorrência de EN de intensidade Fraca ou Forte, o predomínio foi de DPP negativo, com 59 meses de recorrência, e 27 meses com DPP positivo. Para esse período o ano de 1973 foi o único que não teve redução no valor da precipitação, diferentemente o ano 1982 teve a maior redução de 423,8 mm, seguido de 1983 com uma redução de 336,4 mm.

Destaca-se ainda o ano de 1982, o qual todos os meses possuíram o DPP negativo, com

ocorrência do El Niño de intensidade Forte e seu total anual de precipitação 334,9 mm, com redução da precipitação aproximadamente 56% abaixo da média anual. Em contraste a esse ano, 1985 apresentou uma predominância de DPP positivos, com ocorrência de LN de intensidade fraca, e registrou 836,5 mm acima da média.

Em 1974 (LN F) predominou o maior número de DPP positivo (8), destacando-se os meses de novembro ($> 2,1$) com 60,7 mm, além disso, esse ano contabilizou 1289,9 mm, 70% acima da média esperada. O ano de 1982 (EMF) com predominância de DPP negativo (12) o fevereiro foi mês com o menor valor (-1,321) com uma precipitação de 15,7mm, a precipitação anual (334,9 mm) teve uma redução de aproximadamente 56% em relação a média.

Os valores de DPP referentes aos anos compreendidos entre 1994-2004 estão representados na Figura 5C, os anos também se diferem pela intensidade dos eventos EN e LN. Para todos os anos desse período ocorreu a predominância de DPP negativos, totalizando 88 meses negativos, o dobro dos meses com DPP positivo.

Apenas os anos de 1994, 1996, 2008 e 2004, ficaram com seus totais anuais acima da média de precipitação esperada, destacando 1994 (1114,1 mm) onde sua precipitação foi aproximadamente 47% a mais que a média e a maior para o período, ressalta-se ainda que ocorreu no segundo semestre estava em formação o EN, o que não influenciando na precipitação.

O ano que registrou a ocorrência dos dois eventos EN e LN e apresentou a menor redução na precipitação, foi 1995, com aproximadamente 5,13%. O ano de 1998 registrou uma maior redução (66,21 %) devido a ocorrência de EN forte no período da quadra chuvosa, registrando uma precipitação de 256,4 mm, seguido do ano de 2001 (LN) com 42,4% de redução e registrando uma precipitação de 436,9 mm.

Para todos os anos que registraram a ocorrência de LN, apenas 1996 (DPP = 4,02) não verificou-se redução da precipitação e como também apresentou 1011,1 mm de precipitação anual, 33,17% acima da média. O ano de 2000 (LN) destaca-se por registrar o DPP igual a 5,62, o maior DPP para todo o período de estudo.

Na Figura 5D, representa o DPPs para o período de 2005 a 2018, onde a maioria dos anos registrou a ocorrência de LN (2007, 2008, 2010, 2011, 2017, 2018), e para esse período apenas os anos de 2008 (LN F), 2011(LN M) não tiveram reduções na precipitação anual, registraram valores acima da média esperada em 80,01 e 17,16% respectivamente. O ano de 2017 apresentou o

maior número de DPP negativos (11) e uma precipitação igual a 637,0 mm, verificando uma redução da precipitação em aproximadamente 16%.

Os anos que ocorreram os dois eventos EN e LN foram 2007, 2010, ambos tiveram redução das precipitações: 21,68% e 12,81%, apresentando totais anuais iguais a 594,2 mm e 661,5 mm respectivamente, além disso, para 2010 o valor máximo dos DPPs positivo foi $> 4,85$ registrados no mês de outubro (79 mm), que pode ser justificado pela ocorrência do LN, e para 2007 o valor máximo foi igual a 1,3.

Para os anos com a ocorrência de EN com intensidades variando entre Moderado e Forte (2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2015, 2016), destacam-se os anos de 2009 (M) que registrou uma precipitação anual igual a 1529,5 mm, mais do que o dobro do esperado, com DPP positivos em 7 meses, com destaque o mês de Maio com precipitação de 299,9 mm e DPP = 3,4. De maneira oposta, o ano de 2015 se destaca, com 10 meses de DPP negativo e apresentando a maior redução na precipitação anual de 34,66% em relação à média para esse período. O ano de 2011 apresentou o maior número de DPP negativos (11) e uma precipitação igual a 888,9mm, consequentemente sem reduções da precipitação.

Os resultados apresentados não indicam uma evidência significativa da influência dos fenômenos EN e LN sobre a variabilidade da chuva na cidade Patos-PB, uma vez que anos com ocorrência de LN não apresentou aumento da pluviometria e da mesma maneira para nem todos os anos com EN apresentaram reduções nos seus totais anuais.

Medeiros, Barreto, Oliveira e Silva (2015), concluiu que não há uma evidência significativa da influência dos fenômenos EN e LN sobre a variabilidade da chuva na cidade de João Pessoa e exige mais investigação para ser mais bem compreendido, como estudar as ocorrências desses fenômenos em paralelos as do Dipolo do Oceano Atlântico. Em alguns estudos já confirmaram que a variabilidade da precipitação, no litoral leste no NE, tem relação com os fenômenos estudados, quando o EN ou o LN ocorre simultaneamente com o Dipolo do Oceano Atlântico.

Podemos identificar na Tabela 7, que os DPP médios foram, em sua maioria, abaixo de zero, para os eventos El Niño e La Niña, sendo superior a 70% e próximo de 60%, respectivamente, o que significa chuvas abaixo da média, no período em estudo. Medeiros, et al. (2015), ao estudar a precipitação de João Pessoa - PB, também obteve resultados de DPP médio com valores negativos superior a 50 %, tanto para a

ocorrência do El Niño como para o La Niña, o que pode evidenciar a interferência de outros

fenômenos atmosféricos durante a ocorrência do La Niña.

Tabela 7. Valores percentuais do número de Desvio Padronizado de Precipitação (DPP) para períodos de El Niño (EN) e La Niña (LN), de 1963 a 2018

Mês	El Niño		La Niña	
	DPP < 0 (%)	DPP > 0 (%)	DPP < 0 (%)	DPP > 0 (%)
Janeiro	64,71	35,29	73,33	26,67
Fevereiro	47,62	52,38	33,33	66,67
Março	52,38	47,62	46,67	53,33
Abril	80,95	19,05	46,67	53,33
Maio	71,43	28,57	40,00	60,00
Junho	60,00	40,00	66,67	33,33
Julho	61,90	38,10	46,67	53,33
Agosto	85,71	14,29	73,33	26,67
Setembro	90,48	9,52	73,33	26,67
Outubro	76,19	23,81	73,33	26,67
Novembro	76,19	23,81	64,29	35,71
Dezembro	75,00	25,00	71,43	28,57
TOTAL MÉDIO (%)	70,21	29,79	59,09	40,91

No período de ocorrência do El Niño, a partir do mês de abril, há uma redução significativa da precipitação, mês esse, que esta dentro do quadrimestre chuvoso do município, prejudicando assim o reabastecimento os reservatórios superficiais e a agricultura de sequeiro, iniciando assim, um período de seca ou estiagem durante o ano. Com a ocorrência do La Niña, os meses de fevereiro a maio, o DPP fica acima de zero em mais de 50%, contribuindo para um período de boas chuvas no quadrimestre chuvoso, caso não ocorra a interferência de outro fenômeno atmosférico. A exemplo, Marengo, et al. (2018), ao estudar o período da seca 2010-2016 na região semiárida, distada que no ano de 2012, foi um ano seco, com ocorrência do La Niña, tal fato, pode ser explicado devido as anomalias de TSM no Atlântico tropical e, assim, a posição e intensidade da ITCZ e sistemas transitórios, também afetam variabilidade da precipitação no nordeste do Brasil, o que levou vários municípios a declarar estado de emergência.

Conclusões

Conclui-se que o período com maior intensidade de chuvas começa em janeiro e vai até abril, responsável por 86,85% da precipitação anual esperada, caracterizando o quadrimestre chuvoso para o município de Patos, principalmente

associado ao evento climatológico LN, aumentando a intensidade das chuvas durante os meses que tiveram os maiores percentuais dentro das classes (CH, MC), com destaque para março o mês com a maior precipitação. Ressalta-se ainda que em 1985, ano de ocorrência de LN com intensidade fraca, o quadrimestre chuvoso registrou uma precipitação de 1323,4 mm, a maior para todo o período de estudo, sendo mais que o dobro anual esperado.

Constatou-se o período seco do município é compreendido entre junho a novembro, porém os meses que possuem os maiores percentuais na classe (MS) são de agosto a outubro, definindo assim o trimestre seco, se enquadram nessa classe com o maior percentual (88,24%) dos meses de setembro de toda a série, os mesmos com precipitações até 4,5 mm.

O ano de 2012 sem ocorrência dos fenômenos de LN e EN, foi classificado como Muito Seco, tendo a menor precipitação registrada do período (199,1 mm), esse total representou uma redução na chuva anual de 73,75%, do valor esperado.

O Desvio Padronizado de Precipitação nos auxiliou na investigação da influência de eventos El Niño (EN) e La Niña (LN) na precipitação de Patos, constatando que os DPP apresentam valores negativos e positivos, que variam de -1,71 (março de 2004) a 5,62 (agosto de 2000). Ocorrendo à predominância dos DPP negativos, para ambos os eventos El Niño e La Niña, sendo superior a 70% e próximo de 60%, respectivamente, o que significa chuvas abaixo da média, no período em estudo. Esse resultado não permite inferir se existe uma evidência significativa da influência dos fenômenos sobre a variabilidade da chuva, o que requer maiores investigações levando em considerações outros fenômenos atmosféricos associados à ocorrência desses fenômenos, como o Dipolo do Oceano Atlântico.

Referências

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2019. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 09 jul. 2019.
- Bezerra, J.R de A., 2016. A seca no Nordeste Brasileiro: uma leitura do Jornal na Folha de São Paulo. Revista Termática [Online] 12. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/tematica/article/view/30203/15965>. Acesso em: 10 jul. 2019
- Campos, J.N.B, 2014. Secas e políticas públicas no semiárido: Idéias, pensadores e períodos. Estudos Avançados [online] 28. Disponível DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142014000300005>. Acesso em: 10 jul. 2019
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Patos, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 10 p.
- Gomes, L.C.F., Santos, C.A.C, Almeida, H.A., 2013. Balanço de energia à superfície para a cidade de Patos-PB usando técnicas de sensoriamento remoto. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 6. Disponível DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v06.1.p015-028>. Acesso em: 07 jul. 2019
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 08 jul. 2019
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2019. Acesso a Informações. Disponível: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso: 25 maio. 2019.
- Lucena, D. B., Filho, M. F. G., Servain, J., 2011. Avaliação do Impacto de Eventos Climáticos Extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico Sobre a Estação Chuvosa no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, n.º 2, 297 – 312.
- Marengo, J. A., Alves, L. M., Alvala, R., Cunha, A. P., Brito, S., & Moraes, O. L., 2018. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v 90, n.º 2, 1973-1985. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>.
- Medeiros, B.C., Barreto, A. B., Oliveira, J.A., e Silva, M., 2015. Análise quantitativa da variabilidade da chuva em João Pessoa - PB, em várias escalas de tempo. Revista Brasileira de Geografia Física, v 8, n.º 6, 1748-1761. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v8.6.p1748-1761>.
- Melo, M. J. C., 1999. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. Raízes,(SI), ano XVIII, n.º 20, 13-42.
- Monteiro, D. R., Oliveira, D. G. H. de, Alencar, A. E. V. de, Farias, S. A. R., 2013. Levantamento Pluviométrico do Município de Patos-PB nos Últimos 16 Anos. I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, Campina Grande – PB. Disponível:<https://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/anais.php>. Acesso: 08 junho. 2019.
- Nóbrega, R. S., Santiago, G. A C. F. & Soares, D. B., 2016. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia [online] 18.

- Disponível:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.43657>. Acesso: 23 jul. 2019.
- Palharini, R. S. A., Vila, D. A., 2017. Climatological behavior of precipitating clouds in the northeast region of Brazil. *Advances in Meteorology* [online] 2017. Disponível:<https://doi.org/10.1155/2017/5916150>. Acesso: 23 jul. 2019.
- Pinkayan, S., 1966. Conditional probabilities of occurrence of wet and dry years over a large continental area. Boulder-CO: Colorado State University. *Hydrology Papers*, 12. Disponível: https://mountainscholar.org/bitstream/handle/10217/61293/HydrologyPapers_n12.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso: 13 jun. 2019.
- Rêgo, M. de F. de F., Trajano, D. M. de A., 2000. Proposta de Instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, Conforme Resolução nº 5, de 10 de abril, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente Agência Nacional de Águas. Governo do Estado da Paraíba Governo do Estado do Rio Grande do Norte.
- Silva, J. M. O., 2017. Utilização de Anos-Padrão no Estudo da Variabilidade Pluviométrica no Município do Crato / Ceará. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, 1: 2060-2072. Disponível: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2421>.
- SUDENE. 2019. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>.
- SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 1990. Dados Pluviométricos mensais do Nordeste – Estado da Paraíba. Recife.
- SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 2019. Delimitação do Semiárido. Recife.
- Xavier, T. de M.B.S.; Silva, J.F. da; Rebello, R.G. 2002. A Técnica dos Quantis e suas aplicações em meteorologia, climatologia e hidrologia, com ênfase para as regiões brasileiras. Thesaurus, Brasília, BRA. 143pp.
- Xavier, T. M. B. S., 1999. Caracterização de Períodos secos ou excessivamente chuvosos no Estado do Ceará através da Técnica dos Quantis: 1964-1998. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 14, n.2, p.63-78. Disponível: http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_artigo.php?id_artigo=491. Acesso: 10 jun. 2019.