

Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação pluvial no estado da Paraíba**Space-Time variability of pluvial precipitation in the state of Paraíba abstract**

DOI:10.34117/bjdv6n12-498

Recebimento dos originais:08/11/2020

Aceitação para publicação:20/12/2020

Edgleidson Lima Rodrigues

Mestrando em Meteorologia

Instituição de atuação: Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Endereço: Rua Coronel José Vicente, 92 – Bela Vista, Campina Grande-PB, Cep:58428-865

E-mail: edgleidsonrodrigues13@gmail.com

Renato Francisco Cândido Lopes

Mestrando em Meteorologia

Instituição de atuação: Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Endereço: Rua Professor Xavier Júnior, 297 – Centro, Areia-PB, Cep:58397-000

E-mail: renatomet2014.1@gmail.com

Francisco de Assis Salviano de Sousa

Prof. Dr. da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

Instituição de atuação: Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Endereço: Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó 58109-970 Campina Grande, PB

E-mail: fsousa2011@gmail.com

RESUMO

O estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. O objetivo deste trabalho foi o de analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação, utilizando totais mensais precipitados de 56 postos meteorológicos com mesmo tamanho amostral e observações concomitantes, no estado da Paraíba. A amostra de dados corresponde ao período de 1994 a 2018 e foi cedida pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA). Para cada um desses postos meteorológicos foram analisados os dados de precipitação em escalas mensal e anual. Análises de estatísticas como desvio-padrão, média e coeficiente de variação serviram de base para a espacialização dos postos meteorológicos. Os softwares Surfer versão 13.0 e o de Análise de Componentes Principais (ACP) do software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) deram suporte nos processos de distribuição espacial e delimitação dos postos meteorológicos, respectivamente. A variabilidade espaço-temporal das chuvas no Estado não são bem correlacionadas com os fenômenos El Niño e La Niña. Os anos de 2009 e 2011 servem como exemplos da falta de correlação entre as chuvas e esses fenômenos. Em 2009 o La Niña atuou nos três primeiros meses e no restante do ano ocorreram

neutralidade e El Niño. Enfim, em 2011 o La Niña atuou durante todo o ano, mesmo assim esse não foi o mais chuvoso do período estudado.

Palavras-chave: Sub-regiões, variabilidade climática, sistemas precipitantes e semiárido brasileiro (SAB)

ABSTRACT

The Paraíba state, located in the Northeast region of Brazil, has an area of 56,372 km², which corresponds to 0.662% of the national territory. Its placement is between the parallels 6°02'12" and 8°19'18" S, and between the meridians of 34° 45'54" and 38° 45'45" W. The objective of this work was to analyze the spatiotemporal variability of precipitation, using monthly precipitation totals of 56 meteorological stations with the same sample size and concomitant observations, in Paraíba state. The data sample corresponds to the period from 1994 to 2018 and was provided by the Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). For each of these meteorological stations, monthly and annual precipitation data were analyzed. Statistical analyses such as standard deviation, mean and coefficient of variation were the basis for the spatialization of meteorological stations. The software Surfer version 13.0 and the Principal Component Analysis (ACP) from the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software supported the spatial distribution and weather station delimitation processes, respectively. The Spatio-temporal variability of rainfall in the state is not well correlated with the El Niño and La Niña phenomena. The years 2009 and 2011 serve as examples of the lack of correlation between rainfall and these phenomena. In 2009 La Niña acted in the first three months and in the rest of the year there was neutrality and El Niño. Anyway, in 2011 La Niña acted throughout the year, yet this was not the rainiest of the period studied.

Keywords: subregions, climatic variability, precipitating systems and Brazilian semiarid (BSA)

1 INTRODUÇÃO

No Brasil a chuva é um fator importante para os riscos climáticos, dado que a seca ou as enchentes determinam os maiores prejuízos no setor agrícola (KELLER FILHO *et al.*, 2005) e os períodos prolongados de estiagem comprometem o abastecimento de água e a geração de energia elétrica (LYRA *et al.*, 2014; GOIS *et al.*, 2015).

O estado da Paraíba está situado entre os paralelos 6° e 8° graus de latitude sul, e entre os meridianos de 34° e 39° graus de longitude oeste, totalmente incluído na Região Tropical, faz divisa com os estados de Pernambuco ao sul, Rio Grande do Norte ao norte e Ceará a oeste, limitando-se à leste com o Oceano Atlântico. Tem uma área de aproximadamente 56.340,9 km² com quatro mesorregiões e 223 municípios (RODRIGUEZ, 2002). O índice de precipitação no estado da Paraíba depende de vários sistemas meteorológicos tais como: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Sistemas Ondulatórios de Leste, Linhas de Instabilidade, Sistemas Frontais, Brisas Terrestre e Marítima, Bandas de Nebulosidade, assim como, efeitos

orográficos locais (MACEDO *et al.*, 2010), que atuam em diferentes meses do ano com características interanuais diferentes. As atuações desses sistemas precipitantes, fazem com que haja grande variabilidade das chuvas na direção Norte – Sul e Leste – Oeste, no Estado, durante todo ano (PEDROZA, 2009).

A ausência da chuva ou seca é um aspecto marcante no Semiárido do Brasil (SAB). Tida como um evento natural, a seca, que dependendo de sua magnitude, pode causar prejuízos econômicos, sociais e ambientais e impactar fortemente o cotidiano das populações que vivem no SAB.

Para minimizar o efeito desse impacto, é preciso sempre acompanhar e identificar o padrão espaço-temporal da precipitação no (SAB). No entanto, em algumas áreas essa tarefa é dificultada devido à baixa densidade de informações de superfície, bem como a carência de séries históricas sem interrupções, inviabilizando na maioria das vezes o uso de dados em sua forma bruta.

Ao analisar o comportamento da precipitação, além da própria medição dos eventos, as estatísticas aplicadas sobre as amostras de dados são ferramentas importantes para a obtenção de padrões dessa variável no tempo e espaço. Segundo TUCCI (2001) através do método de regionalização é possível identificar a semelhança na resposta de cada região de acordo com a homogeneidade dos dados de precipitação pluvial. Assim, uma grande amostra de dados, distribuídos em pontos (estações pluviométricas e/ou postos), podem ser alocados dentro de subgrupos que apresentem similaridades intra-grupos e dissimilaridade intergrupos.

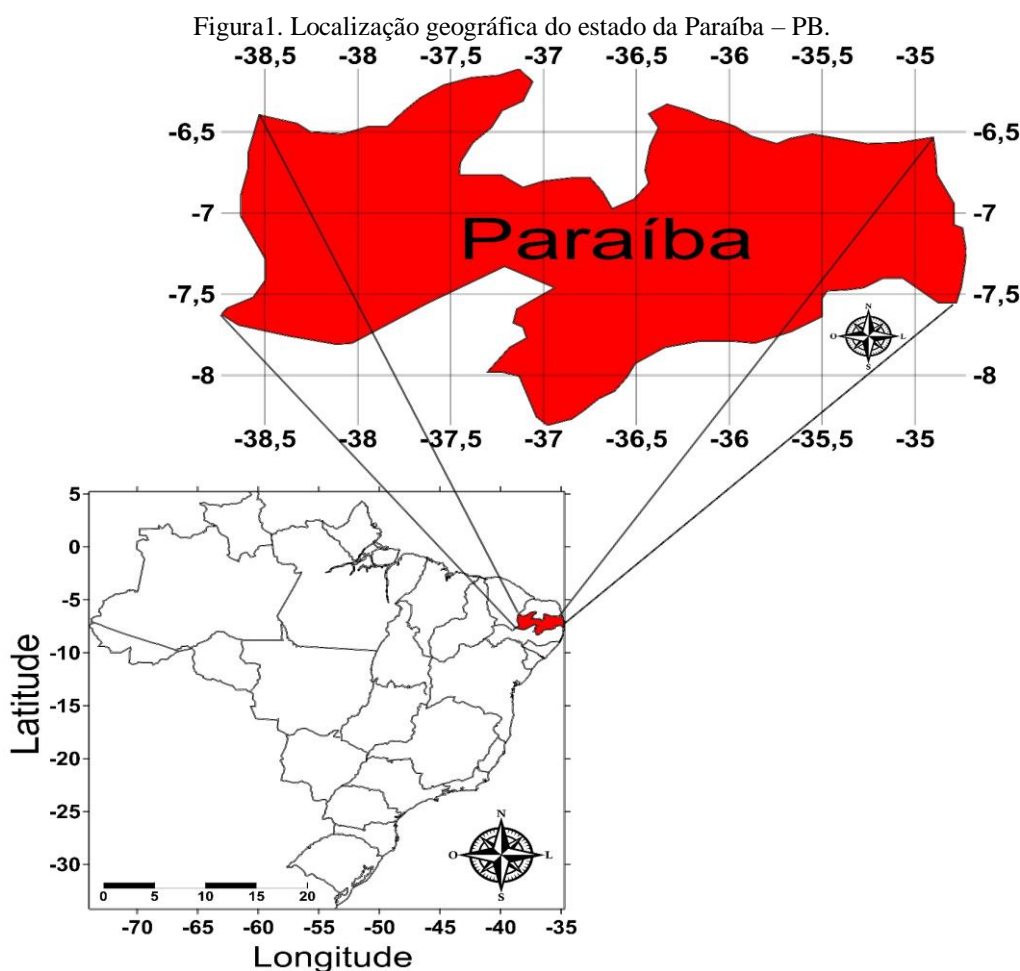
Quanto aos tipos de agrupamento de dados, basicamente encontram-se dois tipos: os hierárquicos ou não-hierárquicos (discriminatórios). O primeiro se fundamenta no agrupamento sucessivo dos dados diminuindo ou aumentando o número de grupos, também chamados de clusters. Já o não-hierárquico é aplicado quando se tem um número pré-determinado de grupos (HAIR *et al.*, 2009). Sendo a análise de clusters (agrupamentos) um dos mais utilizados para este fim, perante a variabilidade espaço-temporal, escassez de estações climatológicas e necessidade de séries longas de dados em análises climatológicas. Essa metodologia foi aplicada em vários trabalhos como, por exemplo, BADR *et al.*, 2015; MACHADO *et al.* 2010; LYRA *et al.*, 2006; FILHO *et al.*, 2005; DIAZ E RODRIGO, 2004.

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo estudar as características da variabilidade espaço-temporal da precipitação do estado da Paraíba. Aqui a variabilidade foi analisada em escalas anual e interanual no período de estudo proposto. Espera-se que este trabalho contribua para a compreensão do padrão de comportamento das chuvas, associando a variabilidade de subgrupos de postos e/ou estações meteorológicas a sistemas precipitantes atuantes em espaços distintos. Essa é uma

contribuição dinâmico climatológica, que poderá contribuir para tornar mais eficientes a gestão e o planejamento dos recursos hídricos no Estado. Foi efetuado também a análise de agrupamento hierárquico, que identificou quatro grupos de precipitação homogênea e fez-se uma comparação com os setores territoriais explicados pelas CPs encontradas.

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O estado da Paraíba está inserido na região Nordeste do Brasil, localizado nos paralelos 6° e 8° graus de latitude sul, e entre os meridianos de 34° e 39° graus de longitude oeste, o estado da Paraíba faz fronteira com o estado do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Oceano Atlântico, como pode ser visto na Figura 1. A Ponta do Seixas, na Paraíba, é o local mais a leste da América do Sul. É o estado mais central do Nordeste, apresentando distâncias que variam de 100 quilômetros até, aproximadamente, 800 quilômetros dos maiores agrupamentos populacionais.



Sua extensão territorial é de 56.467.239 quilômetros quadrados, possui 223 municípios distribuídos pelas mesorregiões da Mata Paraibana, Agreste, Borborema e Sertão. Conforme dados do Censo Demográfico de 2018, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Totaliza 4.018.127 habitantes, sendo o 5º estado mais populoso do Nordeste brasileiro. O crescimento demográfico é de 0,9% ao ano; a densidade demográfica é de aproximadamente 66,7 hab/km², conforme dados do (IBGE, 2019).

O relevo é caracterizado por planície litorânea, planalto no centro e depressões a oeste. O ponto mais elevado é o Pico do Jabre, na serra de Teixeira, com 1197,0 metros de altitude acima do nível médio do mar.

A vegetação é composta por mangues no Litoral, pequena faixa de Floresta Tropical e Caatinga na maior parte do território. O clima é Tropical Úmido no litoral e semiárido na maior parte do interior do Estado.

A vegetação nativa do Planalto da Borborema e do Sertão caracteriza-se pela presença da Caatinga, devido ao clima quente e seco característico da região. A Caatinga pode ser do tipo arbóreo, com espécies como a baraúna, ou arbustivo representado, entre outras espécies, pelo Xique-Xique e o Mandacaru.

A maior parte do território paraibano é constituída por rochas resistentes e bastante antigas, que remontam a era pré-cambriana com mais de 2,5 bilhões de anos. Elas formam um complexo cristalino que favorecem a ocorrência de minerais metálicos, não metálicos e gemas. Os sítios arqueológicos e paleontológicos também resultam da idade geológica desses solos.

O clima do estado da Paraíba é Tropical Úmido no litoral, com chuvas abundantes. À medida que adentra o Estado em direção ao interior, o clima predominante é o Semiárido, sujeito a estiagens prolongadas e precipitação pluvial abaixo de 800 mm/ano.

3 DADOS

Neste trabalho foram analisados os dados pluviométricos em diferentes escalas (anual, sazonal e mensal). No Estado da Paraíba, atualmente, não há uma distribuição homogênea de estações com dados suficientes e de qualidade para os estudos da climática que se pretendeu realizar nesse trabalho. A seleção das estações/postos se deu pelo maior número de dados disponíveis em cada estação (no período de 1994 até 2018). A variabilidade climática é definida, de acordo com CHRISTOFOLETTI (1992) como a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro numa série temporal.

Este estudo da precipitação pluvial no estado da Paraíba foi realizado com base no banco de dados fornecido pela Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESAs) em forma de totais mensais precipitados para os 56 postos/estações pluviométricas do estado, no período de 1994 a 2018. A identificação das estações/postos selecionados pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 - Identificação das estações selecionadas e siglas

Nº	NOME	LONGITUDE	LATITUDE	Nº	NOME	LONGITUDE	LATITUDE
1	JOÃO PESSOA – JP	-34,8333	-7,0833	29	SERRA BRANCA – SB	-36,66	-7,4819
2	ALHANDRA – ALH	-34,9106	-7,4256	30	JUNCO DO SERIDÓ – JS	-36,7131	-6,995
3	PEDRAS DE FOGO – PF	-35,1175	-7,4014	31	SÃO JOSÉ DO SABUGI – SJS	-36,8	-6,7742
4	MAMANGUAPE – MA	-35,1214	-6,8356	32	SALGADINHO – SAL	-36,8453	-7,1022
5	SAPÉ – SP	-35,2233	-7,0925	33	SANTA LUZIA – SL	-36,9181	-6,8681
6	JACARAÚ – JÁ	-35,2917	-6,6136	34	S. JOSÉ DOS CORDEIROS – SJC	-36,8058	-7,3908
7	ITABAIANA – IT	-35,3375	-7,325	35	VÁRZEA – VZ	-36,9925	-6,7722
8	ARAÇAGI – AG	-35,3878	-6,8333	36	PATOS – PT	-37,3131	-7,0008
9	CAIÇARA – CÇ	-35,3375	-6,8333	37	MÃE D’ÁGUA – MDA	-37,4253	-7,2572
10	ALAGOINHA – AH	-35,5525	-6,9589	38	SANTA TERESINHA – ST	-37,445	-7,0842
11	DONA INÊS – DI	-35,6283	-6,6056	39	MALTA – MAL	-37,5197	-6,9033
12	SOLÂNEA – SOL	-35,6478	-6,7594	40	CONDADO – CDD	-37,5947	-6,9231
13	ARARUNA – NA	-35,7397	-6,5314	41	ÁGUA BRANCA – AB	-37,6366	-7,5118
14	AREIA – ARE	-35,7178	-6,9756	42	EMAS – EM	-37,7153	-7,1058
15	CASSERENGUE – CS	-35,8944	-6,7931	43	BREJO DO CRUZ – BDC	-37,4997	-6,3483
16	AREIAL – ARL	-35,9258	-7,0494	44	BELÉM DO BREJO DO CRUZ – BBC	-37,5356	-6,1864
17	CACIMBA DENTRO – CD	-35,7953	-6,6367	45	CATOLÉ DO ROCHA – CR	-37,7467	-6,3439
18	CAMPINA GRANDE – CG	-35,9042	-7,2256	46	RIACHO DOS CAVALOS – RC	-37,6531	-6,4353
19	PUXINANÃ – PX	-35,9594	-7,1472	47	BOM SUCESSO – BS	-37,9292	-6,4414
20	POCINHOS – PC	-36,0592	-7,0778	48	JERICÓ – JE	-37,8	-6,55
21	BOQUEIRÃO – BQ	-36,1358	-7,4908	49	LAGOA – LA	-37,915	-6,5894
22	BOA VISTA – BV	-36,2375	-7,2575	50	POMBAL – PB	-37,8006	-6,7719
23	CABACEIRAS – CB	-36,2869	-7,4922	51	COREMAS – COR	-37,9428	-7,025
24	SOLEDADE – SO	-36,3619	-7,0608	52	NOVA OLINDA – NOV	-38,0425	-7,4819
25	PEDRA LAVRADA – PL	-36,4644	-6,7553	53	PRINCESA ISABEL – PI	-37,9944	-7,7331
26	JUAZEIRINHO – JUA	-36,58	-7,0683	54	AGUIAR – AGU	-38,1733	-7,0933
27	CONGO – COM	-36,6586	-7,8022	55	SÃO JOSÉ DE PIRANHAS – SJP	-38,4967	-7,1156
28	SÃO JOÃO DO TIGRE – SJT	-36,8472	-8,08	56	CAJAZEIRAS – CAJ	-38,5444	-6,8942

Na Tabela 2 estão as informações de ocorrências de ENOS. Esses dados foram obtidos junto ao National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction Center-NOAA/CPC (NOAA, 2017). Nessa Tabela 2, encontram-se os anos com as condições de El Niño, La Niña e Neutra de 1994 a 2018, classificados como quente (vermelho) e frio (azul) com base em um limite de $\pm 0,5$ °C da temperatura da superfície do mar (TSM) do Pacífico Equatorial na região El Niño 3.4. O limiar é dividido em eventos fracos (com uma anomalia de 0,5 a 0,9), moderados (1,0 a 1,4), fortes (1,5 a 1,9) e muito fortes ($\geq 2,0$). Nesse documento (NOAA, 2017) para que um evento seja classificado como fraco, moderado, forte ou muito forte, ele deve ter igualado ou superado os limites por pelo menos três períodos consecutivos de três meses sobrepostos.

Tabela 2 - Anos e meses de ocorrência do ENOS (El Niño em vermelho, La Niña em azul e Neutro em preto) entre 1994-2018

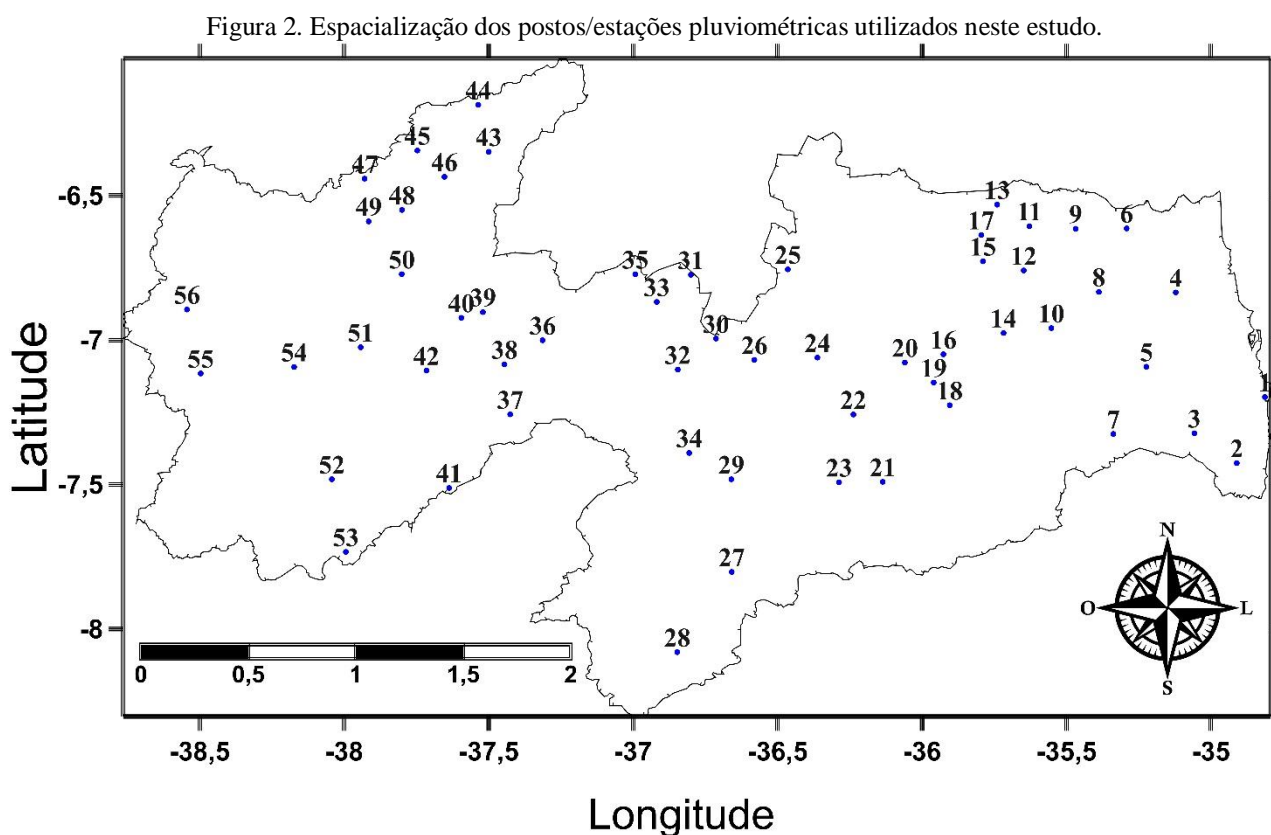
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	1,0	1,1
1995	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1	0	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1
1996	-1	-1	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5
1997	-0,5	-0,4	-0,1	0,3	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4
1998	2,2	1,9	1,4	1,0	0,5	-0,1	-1	-1	-1	-1	-1,5	-2
1999	-2	-1	-1,1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1,5	-2
2000	-2	-1	-1,1	-0,8	-0,7	-1	-1	-1	-1	-1	-0,7	-1
2001	-1	-1	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
2002	-0,1	0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-1
2006	-1	-1	-0,5	-0,3	0	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,9
2007	0,7	0,3	0	-0,2	-0,3	-0,4	-1	-1	-1	-1	-1,5	-2
2008	-2	-1	-1,2	-0,9	-0,8	-1	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,6	-1
2009	-1	-1	-0,5	-0,2	0,1	0,4	0,5	0,5	0,7	1,0	1,3	1,6
2010	1,5	1,3	0,9	0,4	-0,1	-1	-1	-1	-2	-2	-1,7	-2
2011	-1	-1	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-1	-1	-1	-1	-1,1	-1
2012	-1	-1	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0	-0,2
2013	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0	0,2	0,4	0,6	0,7
2015	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,5	2,6
2016	2,5	2,2	1,7	1,0	0,5	0	-0,3	-1	-1	-1	-0,7	-1
2017	-0,3	-0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,2	-0,1	-0,4	-1	-0,9	-1
2018	-1	-1	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	0,9	0,8

Fonte: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

4 METODOLOGIA

Na Análise de Componentes Principais o primeiro resultado é o original com componentes principais (CPs) não rotacionadas e o segundo resultado rotaciona as CPs, conservando suas propriedades estatísticas. Segundo JOHNSON E WICHERN (1998) a rotação das CPs melhora a interpretação dos resultados, não altera a matriz de correlação nem as variâncias específicas; tal como a variância total dos dados originais, além de melhorar as distribuições das percentagens de explicação da variância entre as CPs.

Os dados dos totais mensais precipitados foram tratados e organizados em forma de planilhas para se calcular as médias mensais, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) e médias anuais para cada posto/estação, também foram calculados os percentuais mensais de chuva em todas as 56 estações/postos pluviométricos no período estudado (como podem ser vistos nas Figuras A1 a A10 do ANEXO A). Essa mesma planilha de dados foi utilizada no software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para efetuar a Análise de Componentes Principais (ACP) e obter a delimitação das sub-regiões pluviometricamente homogêneas do estado. A Figura 2 exibe a espacialização dos postos/estações pluviométricas utilizados neste estudo, utilizou-se nessa espacialização o método de interpolação Kriging do programa Surfer 13.0.



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 exibe os meses com maiores precipitações no período de 1994 a 2018. As cores em vermelho representam os meses em que foram registrados os menores pluviométricos, já as em azul correspondem aos meses com os maiores valores de precipitação no período estudado.

Tabela 3. Os meses mais chuvosos

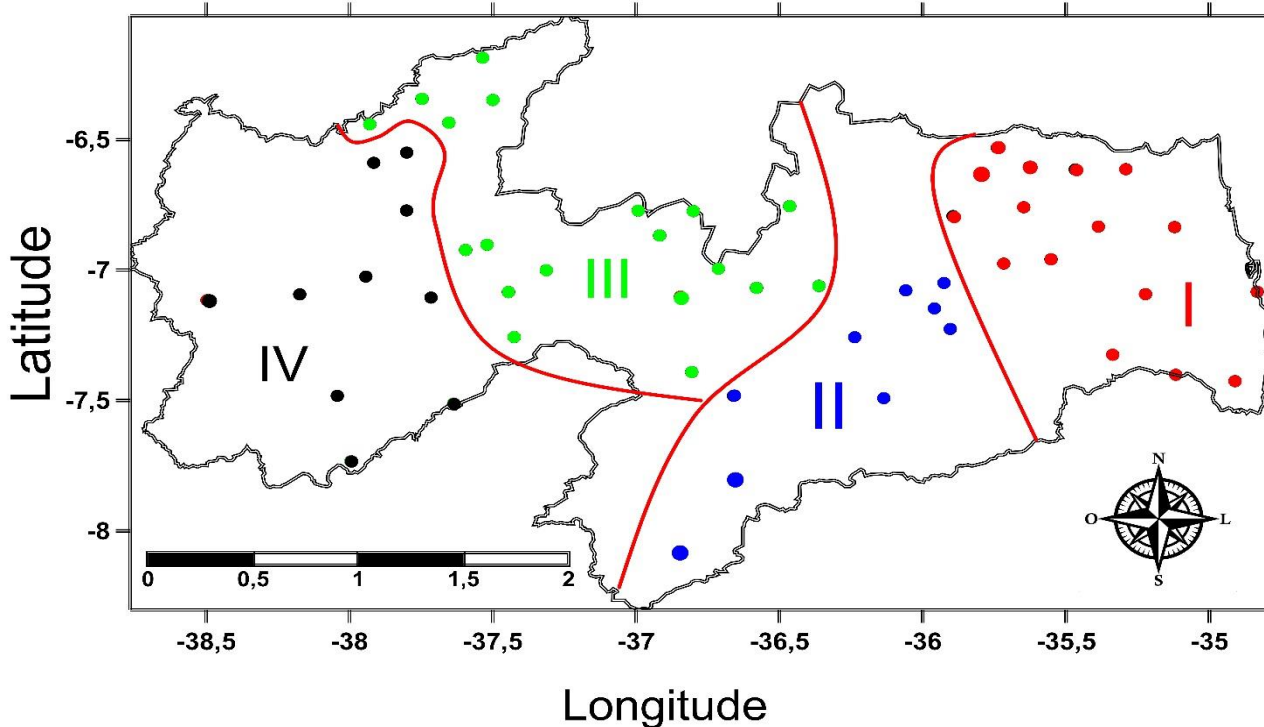
POSTOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
JOÃO PESSOA				■	■	■	■				■	
ALHANDRA				■	■	■	■				■	
PEDRAS DE FOGO				■	■	■	■				■	
MAMANGUAPE				■	■	■	■				■	
SAPÉ				■	■	■	■				■	
JACARAÚ				■	■	■	■				■	
ITABAIANA				■	■	■	■				■	
ARAÇAGI			■	■	■	■	■			■		
CAIÇARA			■	■	■	■	■				■	
ALAGOINHA			■	■	■	■	■			■		
DONA INÊS			■	■	■	■	■			■		
SOLÂNEA			■	■	■	■	■			■		
ARARUNA			■	■	■	■	■			■		
AREIA			■	■	■	■	■			■		
CASSERENGUE			■	■	■	■	■				■	
AREAL				■	■	■	■				■	
CACIMBA DE DENTRO			■	■	■	■	■			■		
CAMPINA GRANDE			■	■	■	■	■				■	
PUXINANÃ				■	■	■	■				■	
POCINHOS			■	■	■	■	■				■	
BOQUEIRÃO			■	■	■	■	■			■		
BOA VISTA			■	■	■	■	■			■		
CABACEIRAS		■	■	■	■	■	■			■		
SOLEDADE	■	■	■	■							■	
PEDRA LAVRADA		■	■	■	■				■			
JUAZEIRINHO	■	■	■	■							■	
GONGO	■	■	■	■	■				■			
S. JOÃO DO TIGRE	■	■	■	■	■				■			
SERRA BRANCA	■	■	■	■	■					■		
JUNCO DO SERIDÓ	■	■	■	■	■					■		

do globo terrestre, na área de influência dos Ventos Alísios, e se deslocam de Oeste para Leste, ou seja, desde a costa da África até o Litoral leste do Brasil.

Na América do Sul, as Ondas de Leste ocorrem na faixa tropical do Atlântico e deslocam-se para Oeste provocando chuvas principalmente no Litoral e Zona da Mata (sub-região I), que se estende desde a Bahia até o Litoral do Rio Grande do Norte. Toda essa região é dominada pelas Massas de ar Tropical Marítima e pelo Anticiclone do Atlântico Sul. Esses sistemas provocam subsidência e a consequente inversão dos Ventos Alísios. O ar úmido é injetado pela Circulação Anti-ciclônica e pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), associado ao cavado, provoca a ascensão desse ar, favorecendo a formação de nuvens de grande extensão vertical. Imediatamente após a passagem da onda, o nível de inversão dos Alísios retrocede (VIANELLO & ALVES, 2000). Estes sistemas meteorológicos geralmente influenciam a sub-região III e o norte da sub-região IV. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao Norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro para posições mais ao Sul, aproximadamente 4°S, em março-abril (UVO, 1989).

A penetração de Frentes Frias até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro é responsável pelas chuvas na faixa litorânea da Região (KOUSKY, 1979). As perturbações de Frente Fria é um fenômeno associado as Frentes Frias e atuam mais a oeste do Litoral paraibano. São resquícios de Frente Frias que geralmente atuam no Sudoeste do estado da Paraíba, mais precisamente na sub-região II.

Figura 3. Delimitações das sub-regiões pluviometricamente homogêneas.



A sub-região I situa-se na zona leste do Estado (Litoral e Brejo), com precipitação média anual de 1203,1 mm/ano. Os meses mais chuvosos são de abril a julho (Figura 4), embora as chuvas do mês de março sejam bastantes significativas. Os meses de abril a julho corresponde a 56,5% do total anual precipitado na sub-região I.

Na sub-região II, região centro-leste do Estado (Cariri, Agreste e Curimataú), verifica-se a menor média anual dos totais precipitados de todas as quatro sub-regiões. Nessa sub-região, em média, o total anual precipitado é cerca de 513,8 mm/ano. Aqui os meses mais chuvosos são de março a julho (Figura 5). Destaca-se nessa sub-região II uma melhor distribuição temporal das chuvas mensais, nos cinco meses mais chuvosos.

A sub-região III, situada no centro-oeste do Estado apresentou precipitação média anual de 648,0 mm/ano. Os meses mais chuvosos estão entre janeiro a maio e o total desse período corresponde a cerca de 64,3% da chuva anual. As chuvas nessa sub-região (Figuras 3 e 6) estão associadas aos efeitos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e os efeitos orográficos locais (ALVES, 1997).

A sub-região IV, situada no Alto Sertão do Estado, apresentou precipitação média anual de 840,3 mm/ano o quadrimestre mais chuvoso está entre janeiro a abril. As chuvas (Figura 7) estão associadas também aos efeitos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), aos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e aos efeitos orográficos locais.

Note que a distribuição temporal das chuvas nas sub-regiões III e IV são semelhantes. Porém, os totais mensais da sub-região III são menores devido a presença do Planalto da Borborema, que inibe a circulação atmosférica em direção à sub-região III. Essa é a explicação plausível para a semelhança existente entre os totais mensais precipitados médios das sub-regiões III e IV (Figuras 6 e 7).

Figura 4. Precipitação pluvial média mensal da sub-região I no período estudado.

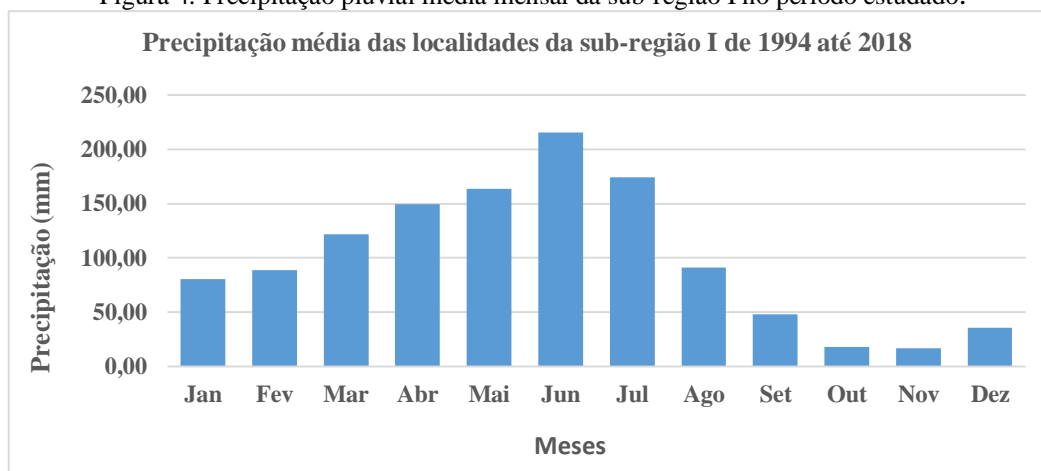


Figura 5. Precipitação pluvial média mensal da sub-região II no período estudado.

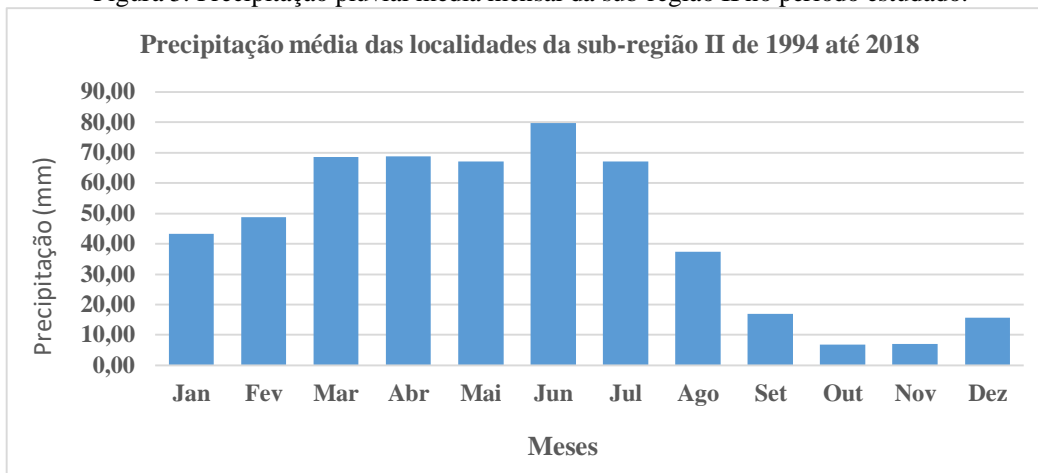


Figura 6. Precipitação pluvial média mensal da sub-região III no período estudado

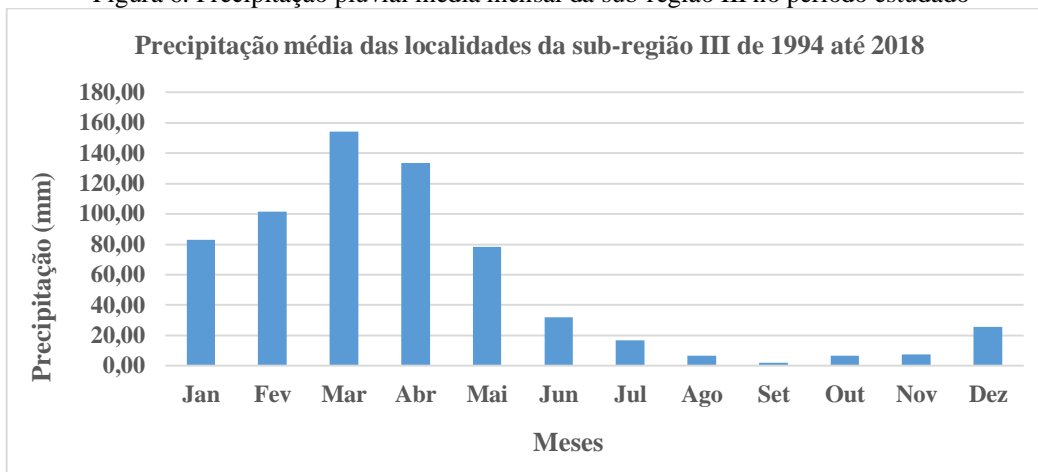


Figura 7. Precipitação pluvial média mensal da sub-região IV no período estudado.

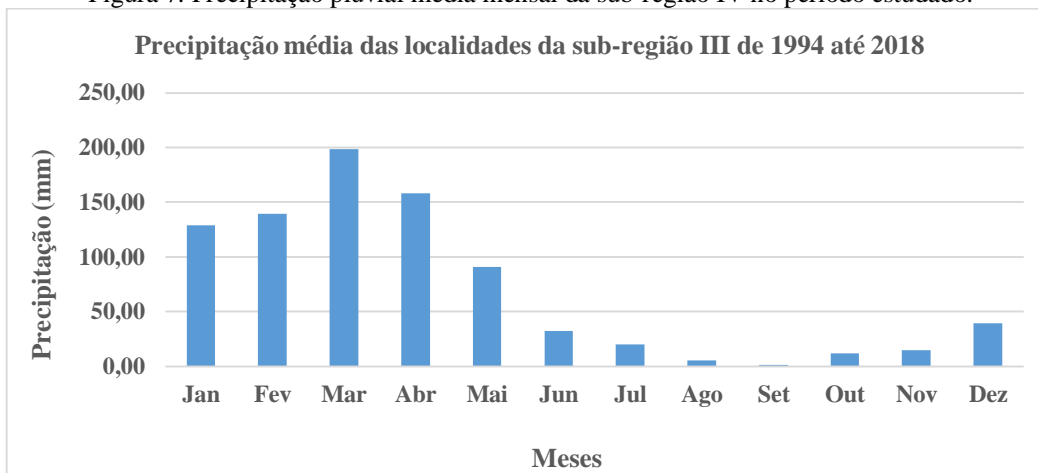
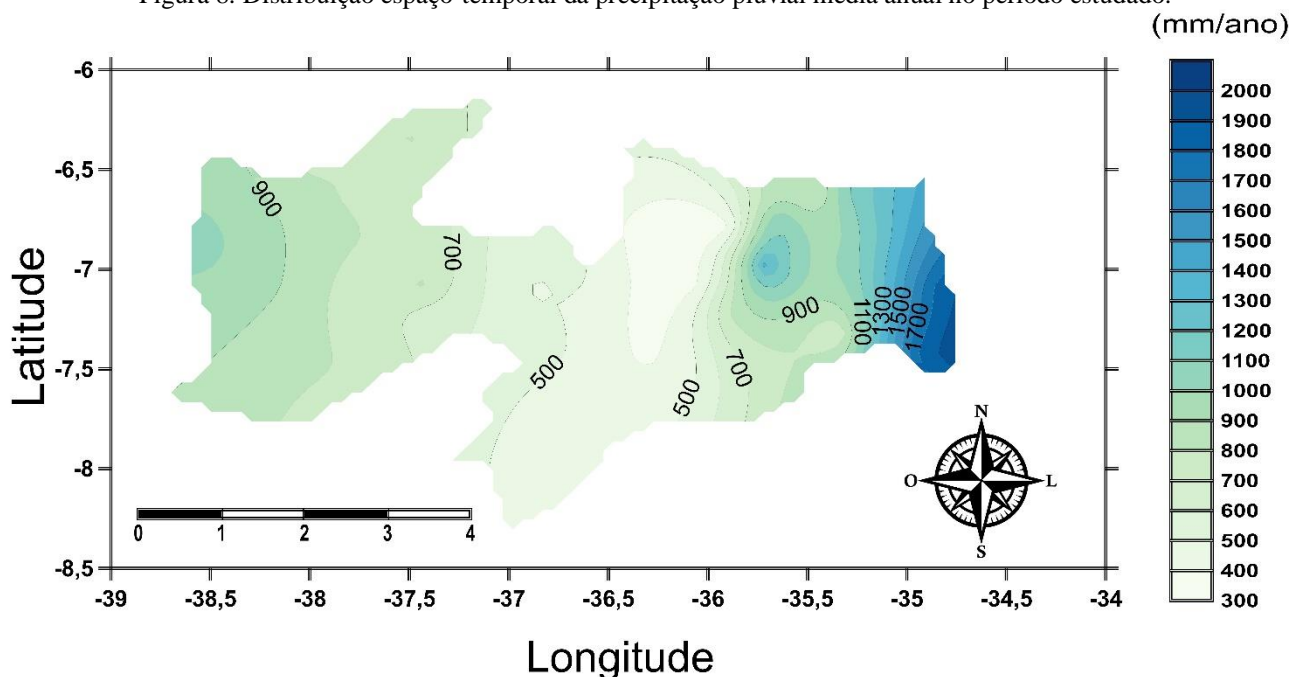


Tabela 4. Nomes dos municípios ou postos pluviométricos/estações de cada sub-região.

Sub-região I	Sub-região II	Sub-região III	Sub-região IV
João pessoa	Areial	Pedra Lavrada	Emas
Alhandra	Campina Grande	Junco do Seridó	Jericó
Pedras de Fogo	Puxinanã	São José do Sabugi	Lagoa
Mamanguape	Pocinhos	Salgadinho	Pombal
Sapé	Boqueirão	Santa Luzia	Coremas
Jacaraú	Boa Vista	São José dos cordeiros	Nova Olinda
Itabaiana	Serra Branca	Várzea	Aguiar
Araçagi	São José do Tigre	Santa Teresinha	São José de Piranhas
Caiçara	Congo	Malta	Água Branca
Alagoinha		Condado	Princesa Isabel
Solânea		Brejo do Cruz	
Areia		Belém do Brejo do Cruz	
Dona Inês		Catolé do Rocha	
Cacimba de dentro		Riacho dos Cavalos	
Araruna		Bom Sucesso	
Casserengue		Soledade	
		Juazeirinho	
		Patos	
		Mão d'água	

A Figura 8 exhibe a distribuição espacial da precipitação pluviométrica média anual no período de 1994 a 2018. A variabilidade espacial das chuvas, no período, oscila entre 300 mm (Cariri e Curimataú) e 2000 mm (Litoral). Note que a região centro-leste do Estado é a mais seca, enquanto o Litoral é a região mais úmida. Podem ser notados também uma área bastante úmida no Alto Sertão e a redução das chuvas à medida que o efeito da continentalidade atua (do Litoral até a linha que divide o Sertão do Cariri).

Figura 8. Distribuição espaço-temporal da precipitação pluviométrica média anual no período estudado.

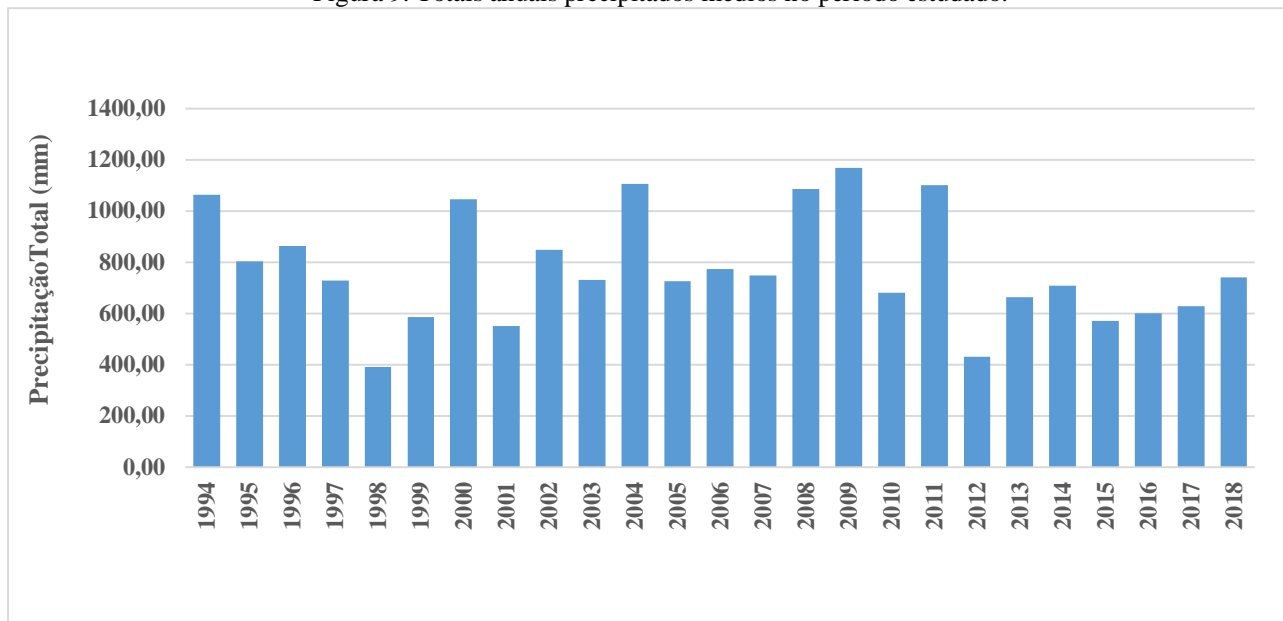


Em resumo, pode-se afirmar que os elevados índices pluviométricos do Litoral estão associados à umidade do ar, oriunda do Oceano Atlântico Sul. Essa umidade influencia o clima do Litoral e do Brejo do Estado, todo a ano. À medida que se adentra ao continente a influência do Oceano Atlântico na produção das chuvas diminui, além do efeito da continentalidade, o Planalto da Borborema favorece positivamente as chuvas do agreste, em detrimento das chuvas do Cariri.

A Figura 9 apresenta os totais anuais precipitados médios no período estudado. Note que na variabilidade temporal média da série se destacam os dois anos mais secos: 1998 e 2012; e os cinco anos mais úmidos: 1994, 2000, 2004, 2008, 2009 e 2011. Desses anos, o mais seco foi 1998, enquanto o ano o mais chuvoso foi 2009, com totais médios anuais de 390,1 mm/ano e 1167,1 mm/ano, respectivamente. Parte da causa da seca de 1998 deve-se a atuação do EL Niño.

Em 1998, o ano mais seco do período estudado, o El Niño atuou de dezembro a junho, janela temporal para as chuvas no Estado. Em 2012, outro ano seco, o fenômeno La Niña atuou de dezembro a abril, mas no restante do ano foi neutro. A neutralidade do fenômeno resultou em mais um ano seco, embora o La Niña tenha atuado nos quatro primeiros meses do ano.

Figura 9. Totais anuais precipitados médios no período estudado.



Em 1994 ocorreram neutralidade e El Niño, mas o ano foi tão chuvoso quanto o ano de 2000. Em 2000 o La Niña atuou durante todo o ano. Em 2004, a neutralidade atuou até a metade do ano e a outra foi dominada pelo El Niño, porém o ano foi tão chuvoso quanto o de 2009, o mais chuvoso de todos do período estudado. Em 2008 o La Niña atuou de outubro a julho e em 2009 o La Niña atuou nos três primeiros meses, no restante do ano ocorreram neutralidade e El Niño. Finalmente, em 2011 o La Niña atuou durante todo o ano, mesmo assim não foi o ano mais chuvoso do período sob estudo, mas foi um ano chuvoso.

Em 2004 as chuvas ocorreram de janeiro a abril, de junho a dezembro ocorreu precipitação baixo da média na maior parte do Norte do Nordeste incluindo a Paraíba.

6 CONCLUSÃO

Em geral o período chuvoso do Estado situa-se entre os meses de janeiro e agosto. Setembro a dezembro é o quadrimestre mais seco do Estado. Por efeito da continentalidade e do relevo, chove mais no Litoral do que em direção ao interior do Estado, com exceção de parte do Alto Sertão.

A variabilidade espaço-temporal das chuvas no Estado não são bem correlacionadas com os fenômenos El Niño e La Niña. Os anos de 2009 e 2011 servem como exemplos da falta de correlação entre as chuvas e os fenômenos supracitados. Em 2009 o La Niña atuou nos três primeiros meses e no restante do ano ocorreram neutralidade e El Niño. Finalmente, em 2011 o La Niña atuou durante todo o ano, mesmo assim esse não foi o mais chuvoso do período sob estudo. O El Niño provoca chuva

abaixo da média e o La Niña chuvas acima da média, mas esses não são os únicos fatores provocam chuvas no estado da Paraíba.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J.M.B. 1997. Aspectos climatológicos do nordeste brasileiro com ênfase a região semiárida: principais causas da variedade pluviométrica interanual. 1º Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semiárido Brasileiro. Petrolina, PE, 17-21 de novembro de 1997.
- BADR, H. S.; ZAITCHIK, B. F.; DEZFULI, A. K. A tool for hierarchical climate regionalization. *Earth Sci. Inform.* 8: p. 949-958. 2015.
- CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Procedimentos de análise utilizados no estudo da precipitação. *Geociências*, São Paulo, v.11, n.1, p. 75-98, 1992.
- GOIS, G., DELGADO, R.C., OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F. Modelos teóricos transitivos aplicados na interpolação espacial do standardized precipitation index (SPI) para os episódios de El Niño Forte no Estado do Tocantins, Brasil. *Irriga*, v.20, n.2, p.371-387, 2015.
- HAIR JR., J.F.; WILLIAM, B.; BABIN, B.; ANDERSON, R.E. *Análise multivariada de dados*. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- JOHNSON, R A., WICHERN, D.W. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 4ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.
- KELLER FILHO, T; ASSAD, E.D.; LIMA, P.R.S.R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, v.40, n.4, p.311-322, 2005.
- KOUSKY, V. E. Diurnal Rainfall Variations in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, Stockholm, Sweden, v. 108, n. 4, p 488-498, 1980.
- LYRA, G. B.; GARCIA, B. I. L.; PIEDADE, S. M. S.; SEDIYAMA, G. C.; SENTELHAS, P. C. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. *Rev. Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n.5, p. 205-215. 2006.
- LYRA, G.B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; ZERI, M. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. *International Journal of Climatology*, v.34, n.13, p.3546-3558, 2014.
- MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S.; DANTAS, F. R. C. Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.
- MACHADO, J. P.; BLANK, D. M. P.; ZONTA, J. H.; JUSTINO, F. Comportamento da precipitação e da temperatura no Rio Grande do Sul baseado na análise de agrupamento. *Rev. Ciência e Natura*, v. 32, p. 49-63. 2010.
- MUÑOZ-DÍAZ, D. AND RODRIGO, F. S.: Spatio-temporal patterns of seasonal rainfall in Spain (1912-2000) using cluster and principal component analysis: comparison, *Ann. Geophys.*, 22, 1435–1448, <https://doi.org/10.5194/angeo-22-1435-2004>, 2004.

PEDROZA, I, C, B. Estimativa da Climatologia Diária da Precipitação e Investigação de Possíveis Influências das Fases da Lua nas Chuvas no Estado da Paraíba: Campina Grande, 2009. 86p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande.

RODRIGUEZ, J, L. Atlas Escolar da Paraíba, 3. ed. João Pessoa: Grafset, 2002. 112p. ISBN 85-85893-05-2.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: 2 ed. UFRGS/ABRH/EDUSP, 943 p. 2001.

UVO, C. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Precipitação da região Norte do Nordeste do Brasil. (INPE-4887-TDL/378). Dissertação (Mestrado em Meteorologia). São José dos Campos, INPE. 1989.

VIANELLO, R. L.; ALVES, R.A. Meteorologia Básica e Aplicações. Viscosa – MG: UFV, Gráfica Universitária da UFV, 2000.