REDE
ISSN:1985-5528
Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
DOI:1022411/rede2020.1401.01

PERÍODO DE CONCENTRAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO (PCP) E GRAU DE CONCENTRAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO (PCD) PARA LESTE DO NORDESTE DO BRASIL E SUAS ALTERAÇÕES EM ANOS DE ENOS

Precipitation concentration period (PCP) and precipitation concentration degree (PCD) of the Northeast of Brazil and changes in ENSO's years

Periodo de concentración de precipitación (PCP) y grado de concentración de precipitación (PCD) del Nordeste de Brasil y cambios en los años ENSO

Iara Bezerra da Silva Cavalcante [1]
Helen Silva Mendonça [2]
Maria José Silva Lima [3]
Djane Fonseca Da Silva [4]
Osmar Evandro Toledo Bonfim [5]

RESUMO:
O objetivo deste trabalho é identificar o período de concentração e o grau de concentração de precipitação para as capitais do leste do Nordeste do Brasil e verificar se durante anos de ENOS há alterações nesses índices. Foram utilizados dados de precipitação para as 6 capitais do Leste do Nordeste, entre os anos de 1961 a 2014, provenientes da ANA e do INMET. Os maiores valores de PCP ocorreram de maio a agosto, justamente na ocorrência da quadra chuvosa do leste do Nordeste. Deste modo, ações mitigadoras e preventivas devem ser aplicadas já antes desse período. De novembro a dezembro ocorreram os menores valores de PCP, sugerindo ser os menores totais pluviométricos. O PCD mostrou que o grau de concentração maior ocorre de maio a julho, ou seja, a precipitação neste período está menos dispersa. O PCD também comprovou a irregularidade das chuvas no NEB.

Palavras-chave: Período de Concentração de Precipitação (PCP). Grau de Concentração de Precipitação (PCD). Leste do Nordeste do Brasil (LNEB).

ABSTRACT:
The objective of this work is to identify the concentration period and degree of precipitation concentration for the eastern capitals of Northeast Brazil and to verify if during years of ENOS there are changes in these indices. Precipitation data were used for the 6 capitals of the East Northeast, between 1961 and 2014, from ANA and INMET. The highest values of PCP occurred from May to August, precisely on the occurrence of the rainy season in the eastern Northeast. In this way, mitigating and preventive actions must be applied already before this period. From November to December, the lowest PCP values occurred, suggesting the lowest total rainfall. The PCD showed that the highest degree of concentration occurs from May to July, , that is, the precipitation in this period is lessdispersed. The PCD also verified the irregularity of the rains in the NEB.

---

1 Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: iaracalv@hotmail.com
2 Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: helen-s.mendonca@hotmail.com
3 Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: maryah_lima@hotmail.com
4 Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: djane.silva@icat.ufal.br
5 Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: osmartoledob@gmail.com

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

Keywords: Concentration Period of Precipitation (PCP). Degree of Precipitation Concentration (PCD). East of Northeast Brazil (LNEB).

RESUMEN:
El objetivo de este trabajo es identificar el período de concentración y el grado de concentración de precipitación para las capitales del este del Nordeste brasileño y verificar si durante los años de ENOS hay cambios en estos índices. Se utilizaron datos de precipitación para las 6 capitales del Este del Nordeste, entre los años 1961 a 2014, de ANA e INMET. Los valores más altos de PCP ocurrieron de mayo a agosto, exactamente en la ocurrencia de la temporada de lluvias en el este del Nordeste. Por lo tanto, las acciones de mitigación y prevención deben aplicarse incluso antes de este período. De noviembre a diciembre, se presentaron los valores más bajos de PCP, lo que sugiere que fueron las precipitaciones totales más bajas. El PCD mostró que la mayor concentración se da de mayo a julio, es decir, la precipitación en este período es menos dispersa. El PCD también demostró la irregularidad de las lluvias en el NEB.

Palabras-clave: Período de Concentración de Precipitación (PCP). Grado de Concentración de Precipitación (PCD). Este del Noreste de Brasil (LNEB).

---

1 INTRODUÇÃO

A relação do homem com a natureza ao longo da história evoluiu de uma total submissão e aceitação fatalista dos fenômenos da natureza a uma visão equivocada de dominação pela tecnologia (DA SILVA, 2014). Obviamente, os avanços tecnológicos permitem hoje que a humanidade enfrente melhor os perigos decorrentes destes fenômenos.

Além disso, diversos estudos (IPCC, 2007; DA SILVA, 2009; IPCC, 2010; SANTOS et al., 2011) indicam que a variabilidade climática atual, com tendência para o aquecimento global, está associada a um aumento de extremos climáticos. Nesta situação, os eventos de temporais, de chuvas intensas, de tornados ou de estiagens severas, entre outros, podem tornar-se mais frequentes, aumentando a possibilidade de incidência de desastres naturais.

Estudos (IPCC, 2007; SCHEUREN et al., 2008; IPCC, 2014) detectaram além de mais calor diário e noturno e chuvas intensas, aumento das secas e de águas costeiras extremamente altas por causa do aumento médio do nível do mar. Algumas regiões do mundo têm experimentado secas mais intensas e mais longas. Esse fato está mais bem documentado no sul da Europa e na África Ocidental. Na parte central da América do Norte e no noroeste da Austrália, os dados indicam secas menos intensas ou menos extensas.

Os cientistas reunidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), no quadro da Convenção do Clima (UNFCCC), alertam para o fato de que a elevação do risco de desastres associados à mudança climática deve ser incorporada aos planos e políticas públicas de todos os países. Ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas podem ser complementares e contribuir, em conjunto, para reduzir os riscos.

Estes riscos também podem afetar o Nordeste brasileiro, objeto de estudo desta pesquisa. Segundo Marcelino et al. (2006) mais de 60% dos casos brasileiros ocorreram nas regiões Sudeste e Sul, mas o Nordeste do Brasil fica em 2º lugar nesse ranking.

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

Na tentativa de quantificar e caracterizar os eventos extremos nas diferentes regiões do globo, foram criados índices capazes de identificar tais eventos, tendo como exemplo PCD (grau de concentração de chuva) e PCP (período de concentração de chuva).

Alijani et al. (2008) aplicaram esses índices a dados diários de precipitação do Irã para calcular a concentração e intensidade diária de precipitação e mapear sua distribuição espacial. Os resultados mostram que a precipitação diária tende a ser irregular e intensa em grande parte do Irã e que uma parcela desproporcionalmente elevada da precipitação anual provém de um pequeno número de eventos de alta intensidade e precipitação extrema. A análise das concentrações diárias de concentração de precipitação mostra que elas foram amplamente distribuídas em todo o país, com mais de 20% da área terrestre exposta ao risco de precipitação extrema.

Já Li et al. (2011) analisaram PCD e PCP para detectar as concentrações de precipitação e os padrões espaciais associados em Xinjiang na China. Os resultados do PCP revelam que as chuvas em Xinjiang ocorrem principalmente no verão e a estação chuvosa chega mais cedo em Xinjiang oriental do que no oeste de Xinjiang, enquanto que os resultados de PCD indicam que a precipitação no norte de Xinjiang estava mais dispersa dentro de um ano do que no sul de Xinjiang.

Silva Araújo (2013) caracterizou o estado do Rio Grande do Norte (RN) em relação à variabilidade temporal da precipitação através do PCD e PCP. As precipitações são melhores distribuídas na região leste do estado, nos meses mais chuvosos, de maio a agosto, devido à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Perturbações Ondulatórias dos Alísios (POAs).

Xiao et al. (2015) objetivando realizar diagnóstico sobre o tipo de precipitação, distribuição geográfica, variabilidade interanual, características de distribuição de diferentes dias de precipitação e intensidade de precipitação utilizaram os cálculos do PCD e do PCP, e encontraram que esses estudos têm importante significado de aplicação teórico-prática para o projeto de prevenção de desastre geológico provocado por fortes chuvas em áreas de terremoto.

O objetivo deste trabalho foi identificar o período de concentração e o grau de concentração de precipitação para as capitais do leste do Nordeste do Brasil (LNEB) e verificar se durante anos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) há alterações tanto no período de concentração quanto no grau de concentração das chuvas locais.

2 METODOLOGIA

Foram utilizados dados de precipitação para as 6 capitais da região Leste do Nordeste (Tabela 1), entre os anos de 1961 a 2014. Esses dados são provenientes dos centros de meteorologia dos estados, da Agência Nacional das Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Cidade	Código	Lat (º)	Lon (º)	Alt (m)
Salvador	01238045	-12,9166	-38,5	10
Aracaju	01037004	-10,09166	-37,05	4,72
Maceió	00935004	-9,55111	35,77	64,5
Recife	00834005	-8,0333	-34,88333	4
João Pessoa	00734006	-7,1	-34,8666	44
Natal	00535008	-5,7666	-35,2	65

Tabela 1: Cidade, posto meteorológico escolhido e suas coordenadas geográficas.
Fonte: Autores (2017).

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

2.2 Grau de Concentração de Precipitação (PCD) e Período de concentração de precipitação (PCP)

Uma forma de avaliar o grau de exposição de um lugar ou região é através de taxas climáticas, entre estas, o PCD e o PCP, proposta por Li et al. (2011).

O princípio do cálculo do PCD e PCP é baseado em vetor do total mensal da precipitação. Supõe-se que a precipitação mensal total é de grandeza vetorial com magnitude e direção por um ano e pode ser visto como uma circunferência (360º). Foram calculados PCP anualmente e, em seguida, PCD para todas as capitais, através das seguintes equações:

$$R_i = \sum r_{ij} \quad (1)$$

$$R_{xi} = \sum r_{ij} * \sin \theta_j \quad (2)$$

$$R_{yi} = \sum r_{ij} * \cos \theta_j \quad (3)$$

$$PCP_{ij} = \tan^{-1}\left(\frac{R_{xi}}{R_{yi}}\right) \quad (4)$$

$$PCD_{ij} = \frac{\sqrt{R_{xi}^2 + R_{yi}^2}}{R_i} \quad (5)$$

Em que: i representa o ano, j representa o mês e rij representa o total de precipitação do mês j no ano i. θi representa o azimute (ângulo formado entre o Norte e o alinhamento em questão, medido a partir do Norte, no sentido horário, podendo variar de 0º a 360º) do mês j. PCDij representa o grau de precipitação do total concentrado em 12 meses do ano i e PCPij representa o período de concentração.

O PCD anual reflete o grau de distribuição da precipitação total anual entre os 12 meses. Logo, o PCD varia entre 1 e 0. Se o total anual de precipitação é concentrado em um único mês, o PCD tem um valor máximo, por outro lado, se a precipitação total anual for uniformemente distribuída entre os meses, o PCD pode atingir o seu valor mínimo (ZHANG E QIAN, 2003).

O cálculo do PCP é baseado em vetor do total mensal da precipitação. Supõe-se que a precipitação mensal total é de grandeza vetorial com magnitude e direção por um ano e pode ser visto como uma circunferência (360º) (DA SILVA, 2014).

Após o cálculo dos índices foram realizados mapas de distribuição espaço-temporal do PCD e PCP no *software* Surfer para os 12 meses do ano e calculada a diferença entre PCD e PCP de anos normais e de anos de ENOS, com base nas informações do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2017), classificando os anos em categorias de ENOS, conforme as tabelas a seguir.

Forte	Moderado	Fraco
1972-1973	1965-1966	1963
1982-1983	1968-1970	1976-1977
1991-1993	1986-1988	1977-1978
1997-1998	1994-1995	1979-1980
-	2002-2003	2004-2005

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

-	-	2006-2007
-	-	2009-2007

Tabela 2: Anos de El Niño utilizados no estudo.
Fonte: CPTEC (2017).

Forte	Moderado	Fraco
1973-1976	1964-1965	1983 -1984
1988-1989	1970-1971	1984-1985
2006-2007	1998-2001	1995-1996
2007-2008	-	-

Tabela 3: Anos de El Niña utilizados no estudo.
Fonte: CPTEC (2017).

De acordo com os resultados obtidos através dos cálculos, foram sugeridas algumas ações mitigadoras para amenizar os impactos decorrentes dos desastres causados devido aos eventos extremos no LNEB.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No primeiro trimestre, janeiro (Figura 1a), fevereiro (Figura 1b) e março (Figura 1c) a concentração de precipitação foi devido à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua no Norte do Nordeste, tornando maior os valores de PCP no Norte do Leste do Nordeste (MOLION e BERNARDO, 2002). Porém, em março observa-se a atuação da Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) no sul da Bahia (DA SILVA, 2005).

Em abril (Figura 2a) e maio (Figura 2b) observa-se resquícios da presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul, trazendo chuva no sul da Bahia. Os valores de PCP também aumentam em relação ao trimestre anterior, em resposta à "descida" da ZCIT.

De maio (Figura 2b) a agosto (Figura 3b), devido à atuação de Perturbações Ondulatórias dos Alísios (POAs), das Ondas de Leste (OL) e transporte de umidade vinda do oceano, além de resquícios de frentes frias que chegam no Sul da Bahia e ocorrência da quadra chuvosa do leste do Nordeste (KOUSKY, 1979; MOLION e BERNARDO, 2002) há os melhores valores de PCP da região, indicando que esse período é o de maior concentração de chuvas locais, conforme Silva Araújo (2013). Deste modo, ações mitigadoras e preventivas devem ser aplicadas já antes desse período.

De setembro a novembro (Figuras 3c a 4b) percebe-se os menores valores de PCP no sul do LNEB devido ausência da ZCAS (DA SILVA, 2005). Neste período os valores observados no norte do LNEB são em decorrência de sistemas como linhas de instabilidade e complexos convectivos atuantes no período (KOUSKY, 1979). Já em dezembro (Figura 4c), quando a ZCAS volta a atuar no sul da Bahia, os valores locais de PCP são os maiores se comparados com todos do LNEB neste mês.

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

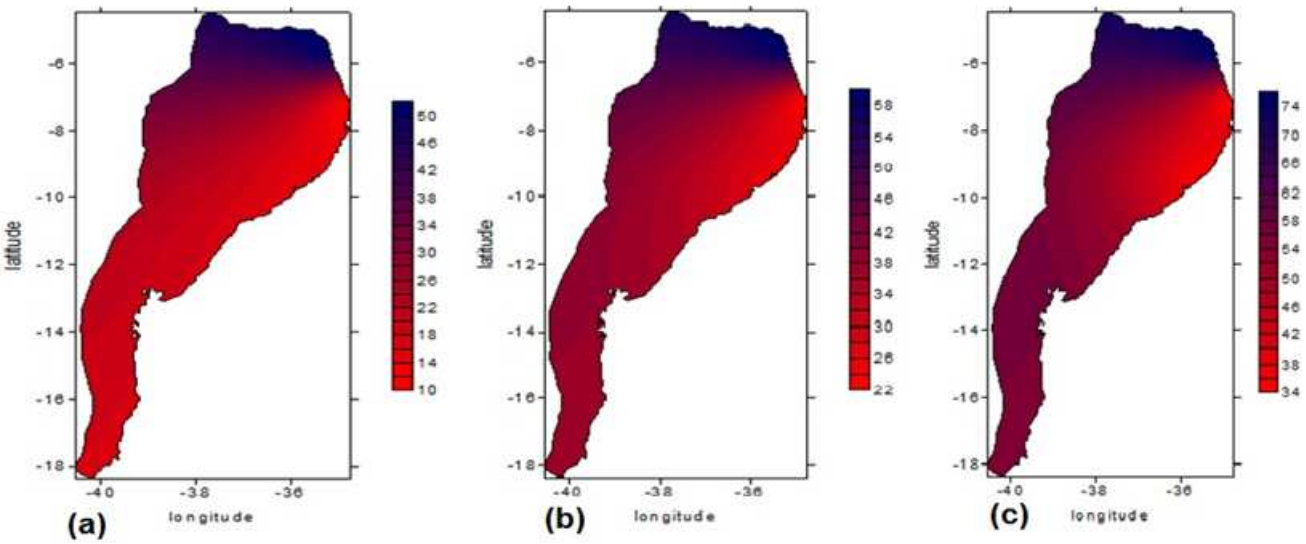

Figura 1. Distribuição espacial do PCP. a) Janeiro b) Fevereiro c) Março.
Fonte: Autores (2017).

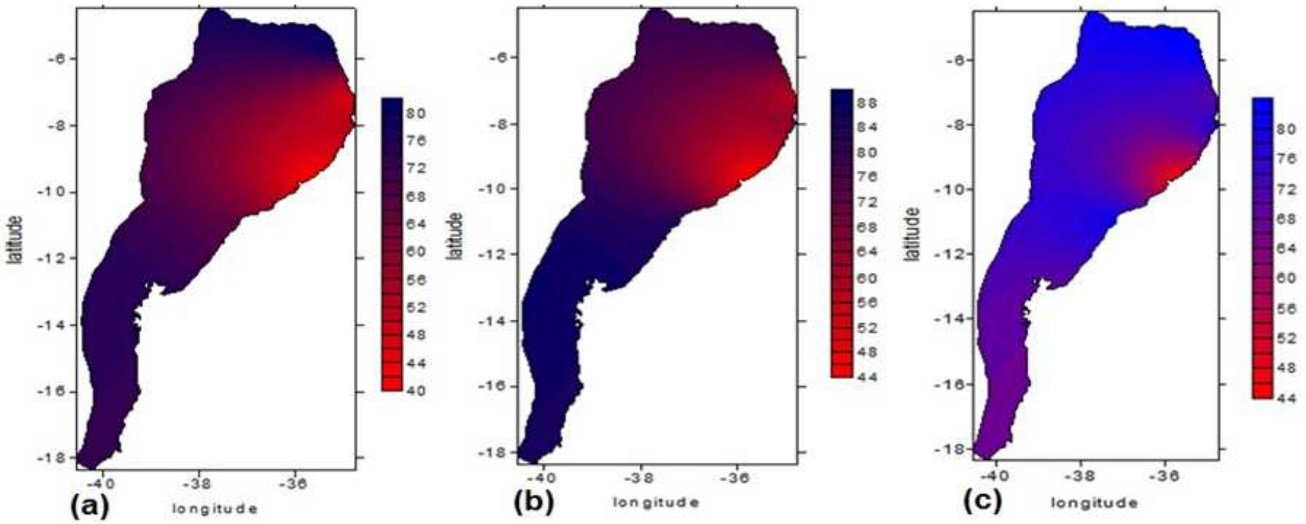

Figura 2. Distribuição espacial do PCP. a) Abril b) Maio c) Junho.
Fonte: Autores (2017).

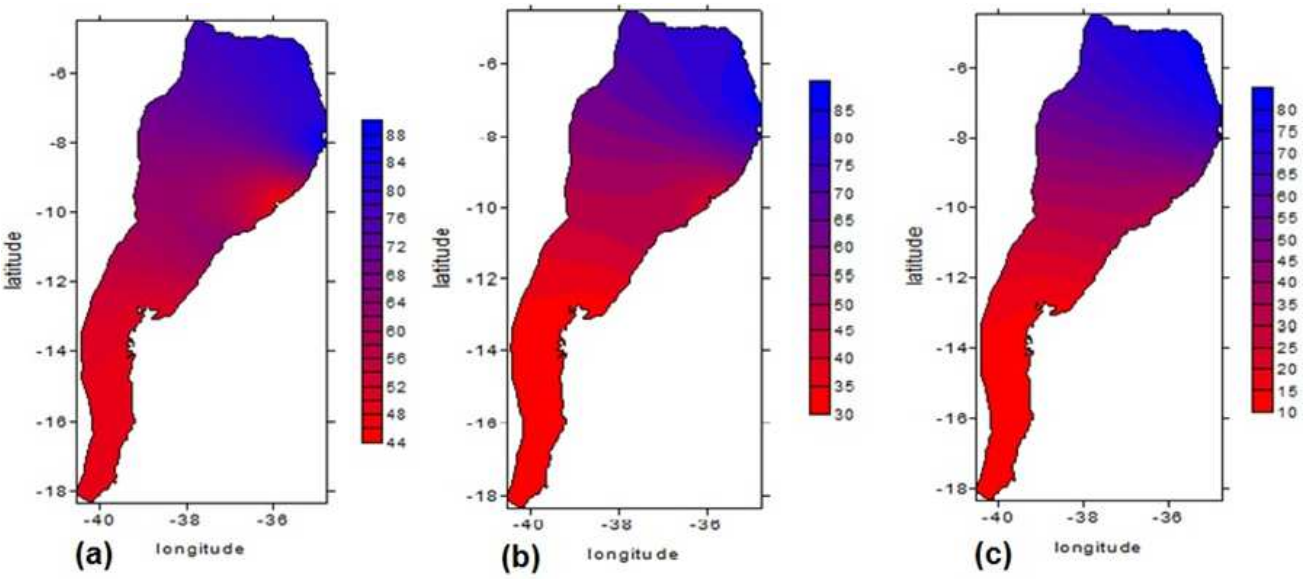

Figura 3. Distribuição espacial do PCP. a) Julho b) Agosto c) Setembro.
Fonte: Autores (2017).

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

Observa-se também que os meses de novembro e dezembro (Fig.4b e 4c) tem os menores valores de PCP para o norte da Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco, sugerindo ser os menores totais pluviométricos.

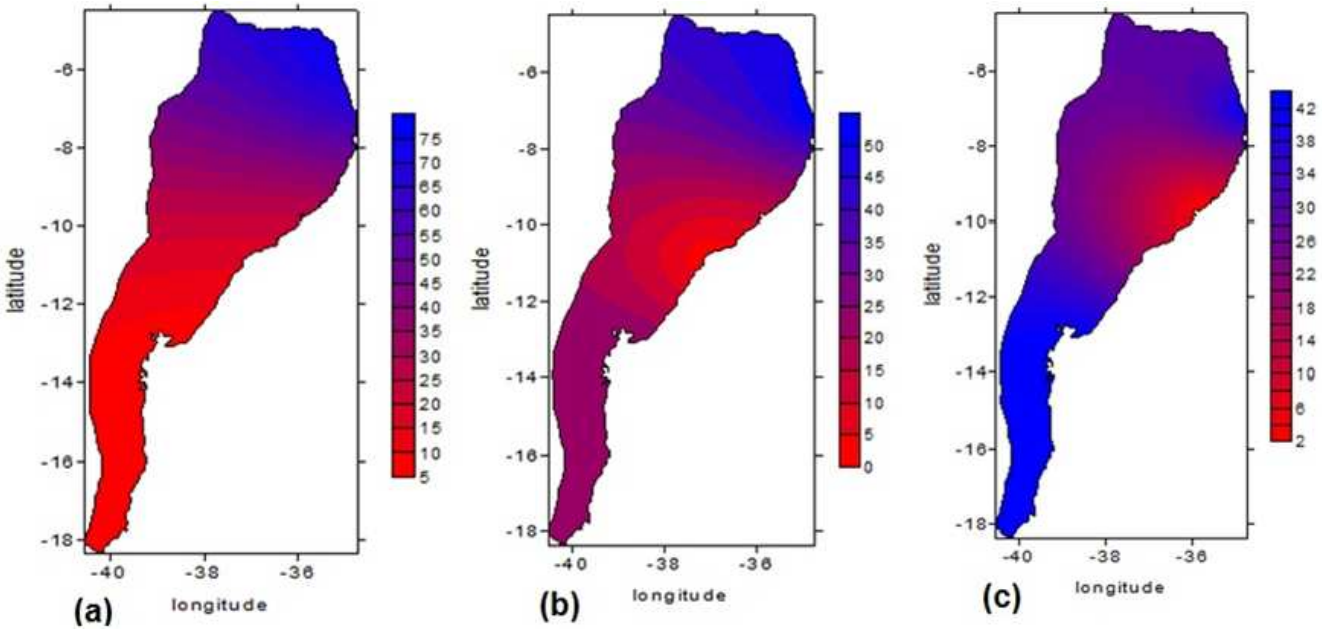

Figura 4: Distribuição espacial do PCP. a) Outubro b) Novembro c) Dezembro.
Fonte: Elaboração dos autores.

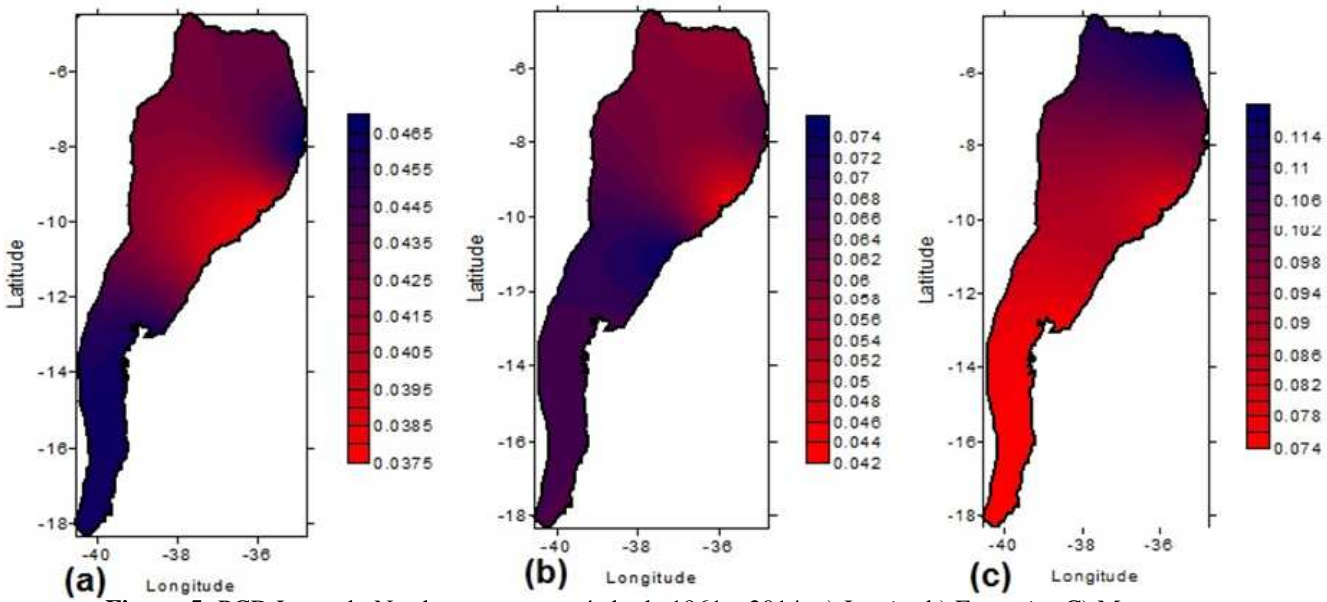

Figura 5: PCD Leste do Nordeste para o período de 1961 a 2014. a) Janeiro b) Fevereiro C) Março.
Fonte: Autores (2017).

O PCD mensal mostra que o grau de concentração maior ocorre de maio a julho (Figura 6b a Figura 7a), significando que a precipitação neste período está menos dispersa, ou seja, mais concentrada nesses meses, e com maior quantidade em maio, do sul da Bahia até parte de Pernambuco. Já em junho-julho-agosto (Figura 6c a 7b) a concentração se deu de Aracaju a Natal, quando, neste mês, começa a dispersar para esses locais. Esses resultados são similares ao de Silva Araújo (2013).

O PCD também comprova a irregularidade das chuvas no NEB, pois segundo Zhang e Qian (2003) o valor máximo de PCD (1), significa que a chuva está concentrada em um único mês. Aqui

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

somente abril-maio-junho-julho chega ao valor de 0,1; e de dezembro a março (Figura 8c, 5a, 5b, 6c) o PCD são menores com quase valores nulos; desta forma, há maior dispersão no ano com chuvas inconstantes e em mínimos volumes, corroborando com Silva et al. (2012).

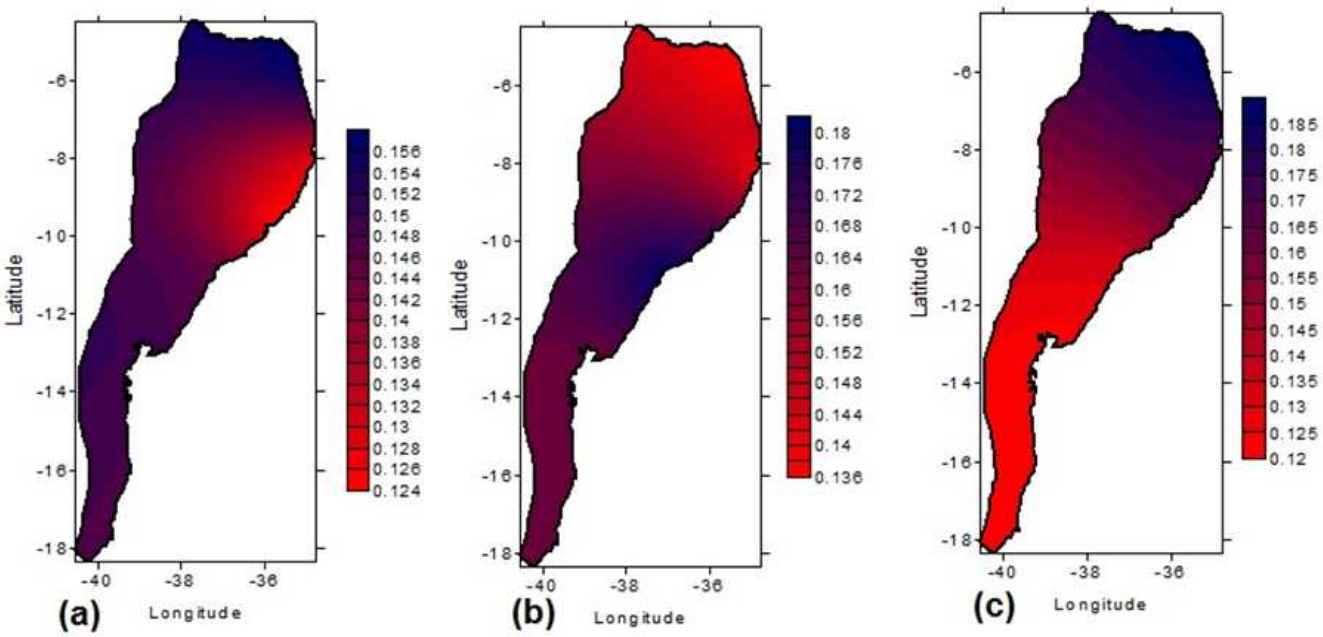

Figura 6: PCD Leste do Nordeste para o período de 1961 a 2014. a) Abril b) Maio c) Junho.
Fonte: Autores (2017).

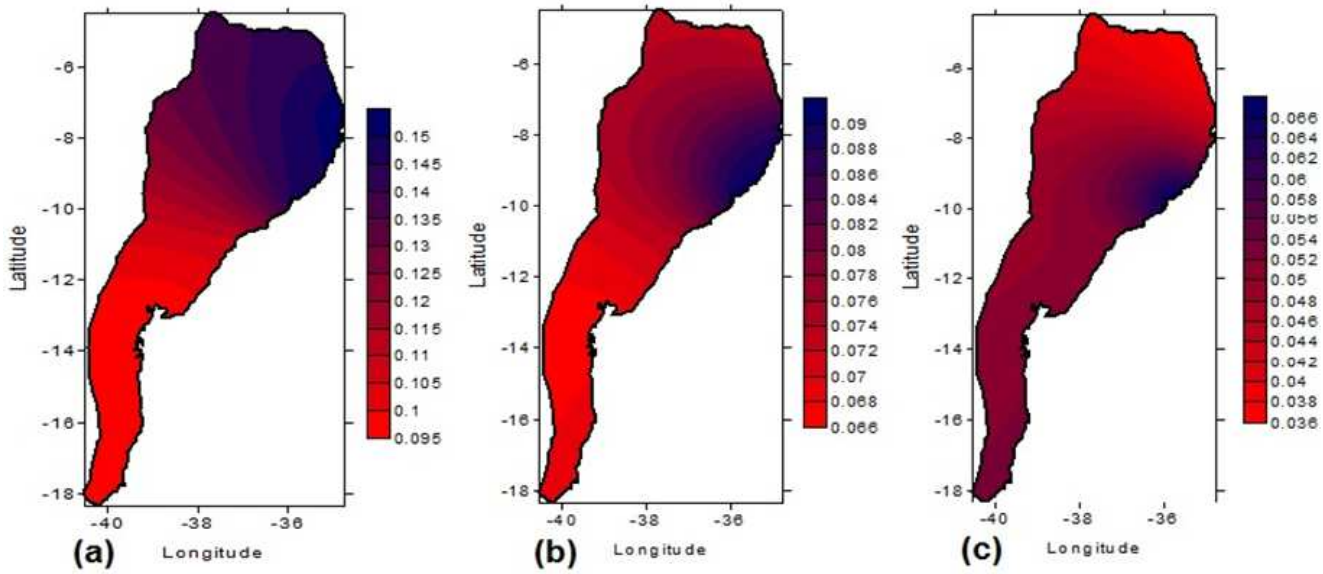

Figura 7: PCD Leste do Nordeste para o período de 1961 a 2014. a) Julho b) Agosto c) Setembro.
Fonte: Autores (2017).

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

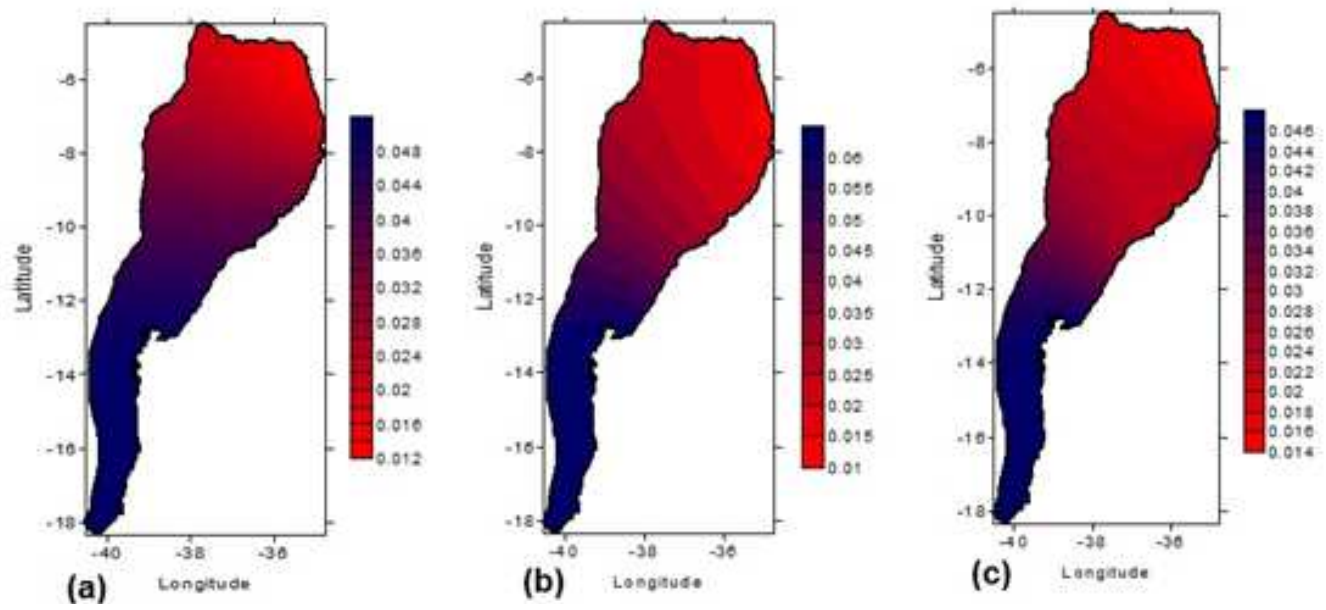

Figura 8. PCD Leste do Nordeste para o período de 1961 a 2014. a) Outubro b) Novembro c) Dezembro.
Fonte: Autores (2017).

3.1 Diferenças de PCP entre anos normais e de ocorrência de ENOS

Os valores das diferenças entre PCP de anos normais e de anos de ENOS mostram que, para a cidade de Aracaju (Tabela 4), o resultado foi igual a zero para o ano todo, ou seja, não houve mudança no período de concentração de chuva, indicando que seja ano normal ou de El Niño forte/moderado em Aracaju, o período não muda, o que pode mudar é a intensidade da chuva.

Para o evento fraco, de junho (6) até outubro (10), quando os valores foram negativos, houve um período maior concentração de chuva nos anos de ENOS e PCP menor para anos normais, significando que para eventos de categoria fraca o período de concentração de chuva aumenta nesses meses. De novembro a maio também em eventos fracos (valores positivos) o PCP de anos com El Niño fraco, o período de chuva diminuiu (Tabela 4).

Em anos de El Niño fraco e eventos de La Niña (forte/fraco/moderado) em Aracaju (Tabela 4), as chuvas de junho a outubro chegam atrasadas (sinal negativo), e de dezembro a maio chegam antes do normal (sinal positivo), corroborando com os resultados de Li et al. (2011) e Silva Araújo (2013).

Nas demais cidades (Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9), tanto em anos de El Niño quanto de La Niña, o período de concentração de precipitação é o mesmo, se mantém a estação chuvosa no mesmo período, por exemplo. Pode somente haver mudança nos valores de pluviometria, mas não de período de ocorrência, que é o que o PCP mostra.

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**
Janeiro	0	0	14,88802	14,88802	14,888019	14,88802
Fevereiro	0	0	31,25544	31,25544	31,255443	31,25544
Março	0	0	47,64301	47,64301	47,643013	47,64301
Abril	0	0	64,03545	64,03545	64,035447	64,03545
Maio	0	0	80,42956	80,42956	80,429564	80,42956
Junho	0	0	-80,0343	-80,03	-80,034	-80,03
Julho	0	0	-63,6402	-63,6402	-63,6401	-63,6402

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

Agosto	0	0	-47,2478	-47,247	-47,2478	-47,247
Setembro	0	0	-30,8605	-30,860	-30,8604	-30,860
Outubro	0	0	-14,4942	-14,494	-14,4941	-14,494
Novembro	0	0	0,018859	0,018859	0,0188593	0,018859
Dezembro	0	0	15,28194	15,28194	15,281942	15,28194

Tabela 4. Diferença do PCP para anos de El Niño e La Niña para a cidade de Aracaju.
Fonte: Autores (2017).

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**
Janeiro	0	0	0	0	0	0
Fevereiro	0	0	0	0	0	0
Março	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0
Maio	0	0	0	0	0	0
Junho	0	0	0	0	0	0
Julho	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Setembro	0	0	0	0	0	0
Outubro	0	0	0	0	0	0
Novembro	0	0	0	0	0	0
Dezembro	0	0	0	0	0	0

Tabela 5. Diferença do PCP para anos de El Niño e La Niña para a cidade de João Pessoa.
Fonte: Autores (2017).

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**
Janeiro	0	0	0	0	0	0
Fevereiro	5,93E-10	0	0	0	0	0
Março	1,19E-09	0	0	0	0	0
Abril	-15,1288	0	0	0	0	0
Maio	134,6134	0	0	0	0	0
Junho	-105,9	0	0	0	0	0
Julho	-31,8039	0	0	0	0	0
Agosto	-33,3502	0	0	0	0	0
Setembro	24,0727	0	0	0	0	0
Outubro	-115,179	0	0	0	0	0
Novembro	-32,1375	0	0	0	0	0
Dezembro	76,5232	0	0	0	0	0

Tabela 6. Diferença do PCP para anos de El Niño e La Niña para a cidade de Maceió.
Fonte: Autores (2017).

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**
Janeiro	0	0	0	0	0	0
Fevereiro	0	0	0	0	0	0
Março	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0
Maio	0	0	0	0	0	0
Junho	0	0	0	0	0	0
Julho	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

Setembro	0	0	0	0	0	0
Outubro	0	0	0	0	0	0
Novembro	0	0	0	0	0	0
Dezembro	0	0	0	0	0	0

Tabela 7. Diferença do PCP para anos de El Niño e La Niña para a cidade de Natal.
Fonte: Autores (2017).

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**
Janeiro	0	0	0	0	0	0
Fevereiro	0	0	0	0	0	0
Março	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0
Maio	0	0	0	0	0	0
Junho	0	0	0	0	0	0
Julho	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Setembro	0	0	0	0	0	0
Outubro	0	0	0	0	0	0
Novembro	0	0	0	0	0	0
Dezembro	0	0	0	0	0	0

Tabela 8. Diferença do PCP para anos de El Niño e La Niña para a cidade de Recife.
Fonte: Autores (2017).

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**	**Forte**	**Moderado**	**Fraco**
Janeiro	0	0	0	0	0	0
Fevereiro	0	0	0	0	0	0
Março	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0
Maio	0	0	0	0	0	0
Junho	0	0	0	0	0	0
Julho	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0
Setembro	0	0	0	0	0	0
Outubro	0	0	0	0	0	0
Novembro	0	0	0	0	0	0
Dezembro	0	0	0	0	0	0

Tabela 9. Diferença do PCP para anos de El Niño e La Niña para a cidade de Salvador.
Fonte: Autores (2017).

3.2 Diferenças de PCD entre anos normais e de ocorrência de ENOS

Em anos de ENOS forte/moderado (Tabelas 10, 11, 12, 13,14) o grau de concentração varia bastante em que é o mais forte, em alguns momentos é mais forte em anos normais, em outros, o mais forte é durante El Niño forte/moderado. Já em El Niño forte de maio a agosto, período chuvoso no LNEB, a chuva foi mais intensa que em anos normais; ou seja, em anos normais a chuva distribui-se

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

ao longo do ano e mais forte no período chuvoso. Em anos de El Niño forte há mínima ou nula chuva nos outros meses fora do período de maio-agosto. Esses resultados são similares aos de Alijani et al. (2008).

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**
Janeiro	-0,0019	-0,02589	0,002441	0,026753	-0,011231	-0,00259
Fevereiro	0,003244	0,022176	0,019402	0,048322	0,036708	0,020171
Março	0,022476	-0,01366	0,017874	0,053186	0,0105537	-0,02108
Abril	-0,01793	0,009804	0,070872	-0,09632	-0,012208	0,008499
Maio	-0,0034	0,011479	-0,04463	0,014722	0,03914	-0,02315
Junho	0,018491	-0,00989	-0,13131	-0,01267	-0,023872	0,011893
Julho	-0,01323	-0,00096	-0,03786	-0,00727	0,0162893	-0,0146
Agosto	-0,00024	0,005921	-0,00479	-0,01973	-0,016267	0,0164
Setembro	0,002723	0,000543	0,025749	0,002043	-0,020556	-0,00794
Outubro	-0,01375	-0,00097	0,037626	0,031618	-0,012643	-0,00309
Novembro	0,007543	-0,00227	0,030728	-0,05295	0,0012555	0,006934
Dezembro	-0,00403	0,003714	0,013894	0	-0,007169	0,00855

Tabela 10. Diferenças de PCD nos anos ENOS para Aracaju.
Fonte: Autores (2017).

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**
Janeiro	-0,00402	-0,0052	0,016697	0,027305	-0,0004	0,008937
Fevereiro	-0,02678	0,004982	-0,0146	0,032196	0,024736	-0,02486
Março	0,017425	-0,00111	-0,03842	0,040017	-0,02485	0,013669
Abril	-0,00434	0,025864	-0,01094	-0,11424	0,002705	-0,00901
Maio	0,010049	-0,03525	0,042578	-0,00368	0,03149	-0,02613
Junho	0,005604	-0,01762	-0,03011	0,015438	0,001844	0,016613
Julho	0,00127	-0,00043	-0,04532	0,00035	-0,00613	0,008901
Agosto	0,012106	0,003465	0,007739	0,016712	-0,02017	0,008622
Setembro	0,000271	-0,00259	0,024287	-0,01756	-0,00324	0,001749
Outubro	-0,01237	0,013765	-0,01885	0,018934	-0,00547	-0,01348
Novembro	0,014209	0,004452	0,036821	-0,0336	-0,0057	0,01018
Dezembro	-0,01342	0,009667	0,030117	0,018126	0,005181	0,004811

Tabela 11. Diferenças de PCD nos anos ENOS para Salvador.
Fonte: Autores (2017).

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**
Janeiro	0,01361	-0,03381	-0,01298	0,013969	-0,00607	
Fevereiro	-0,03862	0,000369	-0,01529	0,03216	0,013211	
Março	-0,01101	0,01186	0,025289	0,033416	0,013393	
Abril	0,023865	0,022157	-0,0419	-0,09132	0,002683	
Maio	-0,00783	0,036262	-0,01796	0,041494	0,036686	
Junho	-0,02405	-0,0266	0,040986	0,012724	-0,00977	
Julho	0,033093	0,013549	-0,03723	-0,04897	0,007074	

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

Agosto	0,023205	-0,00793	-0,02308	-0,01251	-0,02447
Setembro	0,002341	-0,02595	0,050765	0,033752	-0,01772
Outubro	-0,01618	0,013029	0,008903	0,007753	-0,01383
Novembro	0,008976	-0,01194	0,017922	-0,03055	0,001652
Dezembro	-0,0074	0,008992	0,004573	0,008093	-0,00284

Tabela 12. Diferenças de PCD nos anos ENOS para Maceió.
Fonte: Autores (2017).

Para João Pessoa (Tabela 14) ocorre o contrário, de março a julho foi maior o grau de concentração em anos normais do que durante El Niño forte. A alternância do PCD nas cidades do LNEB domina os eventos de El Niño e La Niña, independente de sua intensidade, significando que a ocorrência de ENOS, Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), Dipolo interferem nas chuvas locais (Hastenrath e Heller, 1977; Da Silva, 2017; Costa e Da Silva, 2017) e assim, ora tem-se grau de concentração maior ou menor. Além disso, a junção de fenômenos e escalas distintas em mesmas fases ou em fases contrárias também irão influenciar sobre os totais pluviométricos independentes das fases de ENOS, conforme hipóteses de Gershunov e Barnett (1998), Haylock et al. (2006) e Da Silva (2017), também para o LNEB.

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**
Janeiro	0,011612	-0,00178	0,00389	0,007477	-0,00637	0,003951
Fevereiro	-0,01977	0,010728	-0,0051	0,002635	0,027761	0,012856
Março	0,006124	-0,02469	0,010699	0,014725	0,00916	-0,0014
Abril	0,006065	0,012558	-0,0049	-0,03698	-0,00742	-0,03341
Maio	0,010664	0,007654	-0,00476	-0,01626	0,022334	0,009905
Junho	-0,02051	-0,01641	0,014071	0,043452	-0,00427	0,013207
Julho	0,009335	-0,01066	0,004511	-0,03717	0,001134	-0,02396
Agosto	0,011073	0,004447	-0,01417	-0,00645	-0,03159	0,013353
Setembro	-0,00156	0,002743	-0,00293	0,01117	-0,01251	0,009797
Outubro	-0,00227	0,006108	-0,01095	-0,00051	-0,00515	0,000245
Novembro	-0,00381	-0,00043	0,001509	0,002238	0,004848	0,001423
Dezembro	-0,00696	0,009739	0,008126	0,015668	0,002068	-0,00597

Tabela 13. Diferenças de PCD nos anos ENOS para Recife.
Fonte: Autores (2017).

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**
Janeiro	0,000347	0,00466	-0,00084	0,007753	-0,00289	-0,00106
Fevereiro	-0,00488	0,015743	-0,01434	0,015005	0,012857	0,009991
Março	0,034801	-0,0028	0,005431	-0,01252	0,030229	-0,00261
Abril	0,008207	0,013082	0,003789	-0,03754	0,016755	0,002231
Maio	-0,00852	-0,00467	0,016351	-0,02305	-0,02219	0,009065
Junho	-0,02386	-0,0462	0,011718	0,057217	-0,02441	-0,01421
Julho	-0,00735	-0,00289	0,011313	-0,02691	0,005349	0,017117
Agosto	0,003286	0,005847	-0,0196	0,004662	0,000106	-0,01244
Setembro	0,00194	0,006954	-0,00434	0,015352	-0,01689	-0,00377
Outubro	0,001405	0,008534	-0,0069	-0,00702	0,00319	-0,00237
Novembro	-0,0026	-0,00063	-0,00136	-0,00049	0,002382	0,003246
Dezembro	-0,00278	0,002375	-0,00123	0,007554	-0,00448	-0,00518

Tabela 14. Diferenças de PCD nos anos ENOS para João Pessoa.
Fonte: Autores (2017).

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

	EL NIÑO			LA NIÑA		
MÊS	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**	**Fraco**	**Moderado**	**Forte**
Janeiro	-0,0177	0,002642	0,018454	0,02497	0,004657	0,006772
Fevereiro	-0,02316	0,012211	0,004624	0,01655	0,000721	0,034913
Março	0,008222	-0,03034	0,019469	-0,03156	0,036806	-0,01053
Abril	0,017812	0,014293	-0,0119	-0,02162	0,000169	0,001819
Maio	0,002808	-0,0015	-0,01475	-0,02575	-0,00186	0,058307
Junho	-0,04263	0,00161	0,022386	0,036779	0,002666	-0,06985
Julho	0,029439	-0,02289	-0,03276	-0,01924	-0,04581	-0,01175
Agosto	0,013786	-0,00483	-0,0175	0,025899	-0,00186	-0,04302
Setembro	0,012198	0,014418	0,021504	0,004363	-0,01098	0,017159
Outubro	0,005028	0,00652	-0,00403	-0,01155	0,006698	0,000572
Novembro	-0,00101	-0,0004	-0,00249	-0,00913	0,010354	0,003888
Dezembro	-0,00479	0,008271	-0,00301	0,01029	-0,00156	0,011716

Tabela 15. Diferenças de PCD nos anos ENOS para Natal.
Fonte: Autores (2017).

3.3 Ações Mitigadoras

Muitas vezes é impossível evitar ou minimizar os impactos dos desastres naturais, como grande quantidade de vítimas em decorrência dos eventos climáticos, sem medidas de prevenção e gestão de riscos. No entanto, torna-se possível evitar os efeitos trágicos de desastres naturais decorrentes das chuvas adotando-se ajustamentos como: o disciplinamento do uso e ocupação do solo; a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem, aceleração e desvio do escoamento; canais de desvio; introdução de ações individuais visando tornar as edificações a prova de enchentes; mapear todas as áreas de risco; remover moradores de áreas de alto risco; prevenir ocupação irregular do solo; construções de acordo com a realidade da área; implantar sistema de radares; fazer obras de contenção de encostas; monitorar o índice pluviométrico dos rios; criar alertas por meio de sirenes; políticas habitacionais de longo prazo; coordenar ações entre órgãos.

Como ações para amenizar o impacto da seca no Nordeste pode-se adotar: construções de cisternas, açudes e barragens; investimentos em infraestrutura na região; distribuição de água através de carros-pipa em épocas de estiagem (situações de emergência); implantação de um sistema de desenvolvimento sustentável na região, para que as pessoas não necessitem sempre de ações assistencialistas do governo; incentivo público à agricultura adaptada ao clima e solo da região, com sistemas de irrigação; criação de cisternas, açudes, poços, programa de conscientização.

Sugere-se de modo geral:

- ampliação, adensamento, modernização e diversificação da rede de monitoramento hidrométrico;
- acompanhamento e avaliação das variações de mudanças hidrometeorológicas e impactos na cobertura vegetal;
- monitoramento, acompanhamento e avaliação de ações antrópicas com impacto sobre parâmetros do ciclo hidrológico;
- regulamentação e fiscalização do uso do solo urbano e agrícola;
- zoneamento e regulamentação do uso da planície de inundação, em áreas vulneráveis;
- sistemas de alerta para eventos hidrometeorológicos críticos.

CONCLUSÃO

Os maiores valores de PCP aconteceram de maio a agosto, justamente na ocorrência da quadra chuvosa do leste do Nordeste. Deste modo, ações mitigadoras e preventivas devem ser aplicadas já antes desse período. Já de novembro a dezembro ocorreu os menores valores de PCP para o norte da Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco, sugerindo ser os menores totais pluviométricos.

O PCD mensal mostra que o grau de concentração maior ocorre de maio a julho, significando que a precipitação neste período está menos dispersa, ou seja, mais concentrada nesses meses. O PCD também comprovou a irregularidade das chuvas no NEB.

Em anos de El Niño fraco e eventos de La Niña (forte/fraco/moderado) em Aracaju, as chuvas de junho a outubro chegam atrasadas (sinal negativo) e, de dezembro a maio chegam antes do normal (sinal positivo). Nas demais cidades, tanto em anos de El Niño quanto de La Niña, o período de concentração de precipitação é o mesmo.

Em anos de ENOS forte/moderado o grau de concentração varia bastante. Já em El Niño forte de maio a agosto, período chuvoso no LNEB, a chuva foi mais intensa que em anos normais. Em anos de El Niño forte há mínima ou nula chuva nos outros meses fora do período de maio-agosto.

Por fim, foram dadas algumas sugestões de ações mitigadoras para amenizar os desastres causados devido ocorrências de eventos extremos no leste do Nordeste do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro ao projeto beneficiado no edital Universal 2014 e às bolsas concedidas para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

Alijani, B.; O´Brien, J.; Yarnal, B. Spacial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran. **Theoretical and Applied Climatology**, 94: 107-124, 2008.

COSTA, J. A.; DA SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará, **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 10 N. 04 1002-1013, 2017.

CPTEC. **Ocorrência de El Niño.** Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml. Acesso em: 2017

_____. **Ocorrência de La Niña.** Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/tab_lanina.shtml. Acesso em: 2017.

DA Silva, D. F. **Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL E PE)**, 212 p., Tese de Doutorado em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande (PB), 2009.

_____. Aplicação de Análises de Ondaletas para Detecção de Ciclos e Extremos Pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, 187-198, 2017.

_____. **Previsão Hidro-Climática Para Prevenção De Desastres Naturais no Leste do Nordeste do Brasil Utilizando Análises Estatísticas Avançadas.** p. 4-21. Projeto Edital Universal – CNPq - Junho de 2014.

_____. **Variabilidade espacial e temporal de componentes dos balanços da água e de energia sobre a Bacia do rio São Francisco com ênfase para a região da ZCAS.** 103 p., Dissertação de Mestrado em Meteorologia, UFCG, Campina Grande (PB), 2005.

Gershunov A; Barnett, T. P. Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 79: 2715–2725, 1998.

ISSN: 1982-5528
DOI:1022411/rede2020.1401.01

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. Quarterly, Journal of the Royal Meteorological Society, n° 103, v. 435, p.77-92, Jan. 1977.

HAYLOCK, M. R et al. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v. 19, p. 1490-1512, 2006.

IPCC - Intergovernamental Panel on Climate Change. Working Group III – **Mitigation of Climate Change. Chapter** 8: Tranport, 2014. Acesso em 03/12/2014.
Disponível em: http://report.mitigation2014.org/drafts/final-draft-postplenary/ipcc_wg3_ar5_final-draft_postplenary_chapter8.pdf.

_____. **Clean Development Mechanism, Emission factor for the Brazilian South-Southeast-Midwest interconnected grid**, 2010. Acesso em 03-12-2014. Disponível em: http://cdm.unfccc.int/.

_____. **Climate Change 2007** – The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.

KOUSKY, V. E.; Frontal influences on northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v.107, n° 9, p. 1140-1153, 1979.

Li, X.; Jiang, F.; Li, L.; Wang, G. Spatial and temporal variability of precipitation concentration index, concentration degree and concentration period in Xinjiang, China, **International Journal of Climatology**. 31: 1679–1693, 2011.

MARCELINO, E.V; NUNES, L. H; KOBIYAMA, M. Balanço de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. **Caminhos de Geografia**, v.6, n.19, p.130-149, 2006.

Molion, L. C. B.; Bernardo, S.O. Uma Revisão das chuvas no Nordeste brasileiro, **Revista Brasileira de Meteorologia,** v.17, nº01, p. 1-10, 2002.

Santos, C. A. C.; Neale, C. M. U.; Rao, T. V. R.; Silva, B. B. Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation over Utah, USA. **International Journal of Climatology,** 31: 1813-1822, 2011.

SCHEUREN, J. M; POLAIN, O.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D.; PONSERRE, S. **Annual Disaster Statistical Review** – The Numbers and Trends 2007. CRED - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. 2008, Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: http://www.emdat.be/Documents/Publications. Acesso em
agosto de 2009.

Silva Araújo, J. M. **Identificação de áreas com precipitação pluvial homogênea no estado do Rio Grande do Norte,** Mestrado em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 122 p., 2013.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.2, 163 - 172, 2012.

Xiao, T.; Xu, Q.; Yujie F.; Lili, L. A study on temporal and spatial change characteristics of precipitation concentration degree (PCD) and precipitation concentration period (PCP) in Wenchuan Earthquake areas, **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, 7(3):1293-1301, 2015.

ZHANG, L. J.; QIAN, Y. F. A study on the feature of precipitation concentration and its relation to flood-producing in the Yahgtze river Valley of China. **Chineses Journal of gophysics**. 47: 709-718, 2003.