



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.2.4.2017.1420.377-384



Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido

Variations in rainfall anomaly index in semi-arid

Allan Rodrigues Silva^a, Thalyta Soares dos Santos^a, Daniel Évora de Queiroz^b, Moane Oliveira Gusmão^c, Thiéres George Freire da Silva^a

^a Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-UAST. Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n, José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. CEP: 56909-535. E-mail: allansilva.r@gmail.com; tthalysoares@gmail.com; thigeoprofissional@hotmail.com.

^b Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN. Avenida Senador Salgado Filho, n. 3000 Campus Universitário da UFRN. Lagoa Nova, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. CEP: 59078-970. E-mail: daniel.geofisica@gmail.com.

^c Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Estrada do Bem Querer, km 4, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. CEP: 45083-900. E-mail: moanegusmao@hotmail.com.

ARTICLE INFO

Recebido 02 Jul 2017
Aceito 09 Ago 2017
Publicado 15 Ago 2017

ABSTRACT

The analysis of rainfall variability in the Brazilian Northeast (NEB) does not once again result in the detection of trends or changes in the climate at local and regional scales. Forecasting and monitoring are especially useful for numerous projects such as irrigation, water supply, crops, as well as relevance as a transforming socioeconomic element when considering the great importance of the semi-arid region. The study aimed to analyze the variability of annual precipitations in the period from 1975 to 2016 in the municipality of Petrolina-PE. The Rainfall Anomaly Index (IAC) was used as a direct indicator of the degree of severity and duration of dry and rainy periods. Considering the 42 years analyzed, six years presented a fall below the mean deviation, while eight presented above the standard deviation of the series. The IAC observed a decrease in the pluviometric regime in the last seven years. The years of anomalies demonstrated a good degree of relationship with positive (El Niño) and negative (La Niña) events of the ENSO.

Keywords: Precipitation, drought, semi-arid, IAC.

RESUMO

A análise da variabilidade das chuvas no Nordeste brasileiro (NEB) vem se tornando cada vez mais importante, uma vez que, possibilita detectar tendências ou alterações no clima, em escalas locais e regionais. Visto a grande importância da região semiárida, a previsão e o monitoramento da chuva são sobretudo úteis para inúmeros projetos como: irrigação, abastecimento d'água, culturas agrícolas, além da relevância como elemento transformador socioeconômico. O estudo objetivou analisar a variabilidade das precipitações anuais, no período de 1975 a 2016 no município de Petrolina-PE. O Índice de Anomalia de Chuva -IAC foi utilizado como indicador direto do grau de severidade e duração dos períodos secos e chuvosos. Dos 42 anos analisados, seis anos apresentaram precipitação abaixo do desvio médio, enquanto oito apresentaram acima do desvio padrão da série. O IAC observou uma diminuição do regime pluviométrico nos últimos setes anos. Os anos considerados anômalos demonstraram um bom grau de relação com eventos positivos (El Niño) e negativo (La Niña) do fenômeno ENOS.

Palavras-Chave: Precipitação, seca, semiárido, IAC.

Introdução

A seca é um dos aspectos que mais se destaca na região do Nordeste brasileiro (NEB). Este fenômeno não se dá apenas pela falta absoluta da água, mas sim a má distribuição da chuva no tempo e no espaço. A necessidade do monitoramento do regime pluviométrico é útil devido a vários aspectos: existência de inúmeros projetos de irrigação implantados em funcionamento e futuros; abastecimento d'água para grandes, médias e pequenas cidades que em sua maioria, dependem diretamente dos níveis dos rios ou de forma indireta, do volume acumulado das barragens distribuídas no NEB; diversas culturas agrícolas dependentes exclusivamente da regularidade das chuvas.

A precipitação pluviométrica no NEB está relacionada com vários sistemas atmosféricos de várias escalas. Segundo Molion, (2002), os processos relacionados a precipitação no NEB estão intimamente ligados a fenômenos de escala global, que essencialmente controla, intensificando ou inibindo, as chuvas sobre a região. Nesta perspectiva, vários são os estudos sobre a ocorrência prolongada de secas em virtude da mudança climática, demonstrando a necessidade de melhor entendimento e previsão de ocorrência (Hastenrath & Heller 1977; Santos & Brito 2007; Marengo et al., 2010; Noronha et al., 2016). Além disso, as mudanças climáticas locais são medidas por séries históricas de variáveis meteorológicas como, por exemplo, a precipitação. De acordo com as tendências temporais dessas variáveis, é observado se ocorreram alterações no clima; um método de avaliação que se destaca é o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) (Van Rooy, 1965; Santos & Brito, 2007).

Ao analisar o regime hídrico de uma região se faz necessário elaborar um minucioso e completo banco de dados, de fontes fidedignas e com maior tempo de registro possível. Clarke & Silva (2004) sugeriram que as séries de dados têm que ser suficientemente longas e representativas do local de estudo, pois só deste modo se pode observar a variabilidade do comportamento climático de uma região, principalmente em relação às chuvas intensas. Portanto, o uso do IAC se apresenta como vantagem, por requerer apenas dados de precipitação, facilitando uma possível correção dos dados.

Nesse sentido, o objetivo do estudo foi analisar o comportamento do regime pluviométrico no semiárido, aplicando o Índice de Anomalia de Chuva-IAC.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Petrolina, localizado no semiárido do nordeste brasileiro, interior do estado de Pernambuco, com uma área total de 4.562 km², situado entre a latitude 9,6° a 8,6° S e longitude 41,1° a 40,1° W. O clima é tropical semiárido seco e quente, na porção norte e semiárido quente estépico, na porção sul. Caracteriza-se pela escassez e irregularidade pluviométrica, com chuvas e elevadas taxas de evaporação, em consequência das altas temperaturas no verão. Apresenta população estimada em 338 mil habitantes, sendo considerado o município com o 6° maior PIB do estado, devido à agricultura e à fruticultura irrigada, tornando-se o segundo maior centro exportador de frutas e o segundo maior centro vinícola do país (IBGE, 2017).

Dados utilizados

Nesta pesquisa foram utilizados dados mensais de precipitação do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET para o posto de Petrolina-PE, referente ao período de 1975 a 2016. Devido à existência de falhas nos conjuntos de dados de Petrolina, procurou-se corrigir através do uso de técnicas de ponderação regional, considerando, para cada mês ausente, os valores de, ao menos, quatro postos próximos da estação em estudo, visto que estas estações estão estabelecidas em regiões com climatologia semelhantes àquela do ponto em estudo. Essa técnica foi utilizada, com sucesso, em outros estudos (Eischeid et al., 2000; Silva et al., 2017 no prelo).

Preenchimento de falhas

A técnica de preenchimento de falhas utilizado foi o Método de Ponderação Regional-MPR (Equação 1). Este é um método simplificado, onde as falhas são preenchidas através de uma ponderação com base nos dados de pelo menos três postos vizinhos, os quais devem ser de regiões climatológicas semelhantes àquela do ponto de estudo e possuir uma série de, no mínimo, 10 anos.

$$Y = \frac{1}{n} \left[\frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} + \dots + \frac{x_n}{x_{mn}} \right] \times y_m \quad \text{Eq.(1)}$$

onde, Y é a variável do posto a ser corrigido; y_m é a média da estação Y; x_{m1} , x_{m2} , x_{m3} são as precipitações médias nas estações circunvizinhas; x_1 , x_2 , x_3 as precipitações correspondentes ao ano que se deseja preencher, observadas nas estações vizinhas, n números de pontos vizinhos utilizados no cálculo (Tucci, 2009).

Os postos utilizados no preenchimento de falhas foram da rede de monitoramento pluviométrico da Agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC e Banco de Dados Meteorológicos

para Ensino e Pesquisa-BDMEP do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET para mesmo período de estudo (Tabela 1).

Tabela 1. Características das estações pluviométricas da Agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC e Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa-BDMEP do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET.

Posto pluviométrico	Empresa	Latitude	Longitude	Altitude
Petrolina-PE	INMET	-9,38	-40,48	370
Remanso – BA	INMET	-9,63	-42,10	400
Paulistana – PI	INMET	-8,13	-41,13	374
Ouricuri – PE	INMET	-7,90	-40,04	459
Cabrobó – PE	INMET	-8,51	-39,33	341
Monte Santo – BA	INMET	-10,43	-39,29	464*
Sr. do Bonfim – BA	INMET	-10,46	-40,18	558*
4	APAC	-9,39	-40,50	369
313	APAC	-9,08	-40,33	350
538	APAC	-9,15	-40,37	382
477	APAC	-8,82	-40,67	390
171	APAC	-8,80	-40,35	450
229	APAC	-9,42	-40,72	380
509	APAC	-9,10	-40,62	430
592	APAC	-9,39	-40,51	369*
249	APAC	-8,50	-40,42	400*
390	APAC	-9,23	-40,40	380
165	APAC	-8,95	-40,73	385
161	APAC	-8,78	-40,83	437
429	APAC	-8,39	-40,47	380*
240	APAC	-8,70	-40,62	410
539	APAC	-9,22	-40,48	402
160	APAC	-8,95	-40,50	390

As estações pluviométricas estão espacialmente distribuídas; as distâncias entre a estação a ser corrigida e os postos vizinhos dentro de um raio de 180 km (Figura 1). Como parâmetro de verificação da qualidade e consistência dos dados posteriormente ao preenchimento foi aplicado o método da Dupla Massa (Tucci, 2009). Este procedimento consiste em plotar gráfico do total acumulado de uma série, com outro acumulado de precipitação no mesmo período, os totais são distribuídos ao longo da linha de tendência (reta).

Neste estudo foram considerados valores médios das precipitações mensais acumuladas em vários postos da região e plotados esses valores no eixo das abscissas. A declividade da reta determina o fator de proporcionalidade entre as séries, e para considerar a existência de mudança na declividade, é comum requerer a ocorrência de pelo menos cinco pontos sucessivos alinhados a linha de tendência. E para corrigir esses valores correspondente ao posto sob análise, existem duas possibilidades: corrigir os valores mais antigos

para cenário atual ou corrigir os valores mais recentes para condição antiga.

Após o preenchimento das falhas e análise da consistência dos dados foi aplicado por último a análise do comportamento das precipitações através do IAC, proposto por Van Rooy (1965), onde procura analisar a frequência dos anos secos e chuvosos e a intensidade avaliando seu grau de severidade e duração, expresso por: a) para anomalias positivas,

$$IAC = 3 \cdot \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad \text{Eq.(2)}$$

b) para anomalias negativas,

$$IAC = -3 \cdot \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad \text{Eq.(3)}$$

onde N precipitação anual (mm), \bar{N} precipitação média anual da série histórica (mm), \bar{M} média das dez maiores precipitações mensais da série histórica, \bar{X} média das dez menores precipitações mensais da série histórica.

A partir dos valores encontrados, o regime de chuva pode ser classificado de acordo com a metodologia do IAC apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação da pluviosidade segundo o Índice de Anomalia de Chuva.

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Classe de intensidade
≥ 4	Extremamente chuvoso
Entre 2 e 4	Muito chuvoso
Entre 0 a 2	Chuvoso
0	Neutro
Entre 0 e -2	Seco
Entre -2 e -4	Muito seco
≤ -4	Extremamente seco

Fonte: Van Rooy (1965).

Resultados

O comportamento anual da precipitação mensal das estações pluviométricas da Agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC pode ser observado na Figura 1. Pôde-se notar um comportamento assimétrico em cinco postos em destaque (seta preta), com relação aos demais.

Uma análise estatística, com base no coeficiente de correlação entre as estações pluviométricas, não mostrou resultados significativos para os mesmos pontos em destaque (setas) na Figura 2 e realçados (*) na Tabela 1.

A Curva de Dupla Massa ou Duplo Acumulativa gerada para a constatação da consistência dos dados aplicada após o preenchimento de falhas está na Figura 3. Nota-se um elevado nível de homogeneidade (99,1%). O alinhamento dos pontos sobre a linha de tendência assinala a boa consistência do conjunto de dados, refugando a possibilidade de erros sistemáticos, alterações de condições climáticas, físicas do local entre outros.

Portanto, após seleção dos dados, análise estatística, aplicação preenchimento de falhas e a análise de consistência da série, foi possível obter um conjunto íntegro de dados mensais de precipitação para o município de Petrolina (1975-2016) a ser analisado. Esse conjunto de dados, de certa forma, representa bem o regime pluviométrico de Petrolina, pois há pouca dispersão entre os dados.

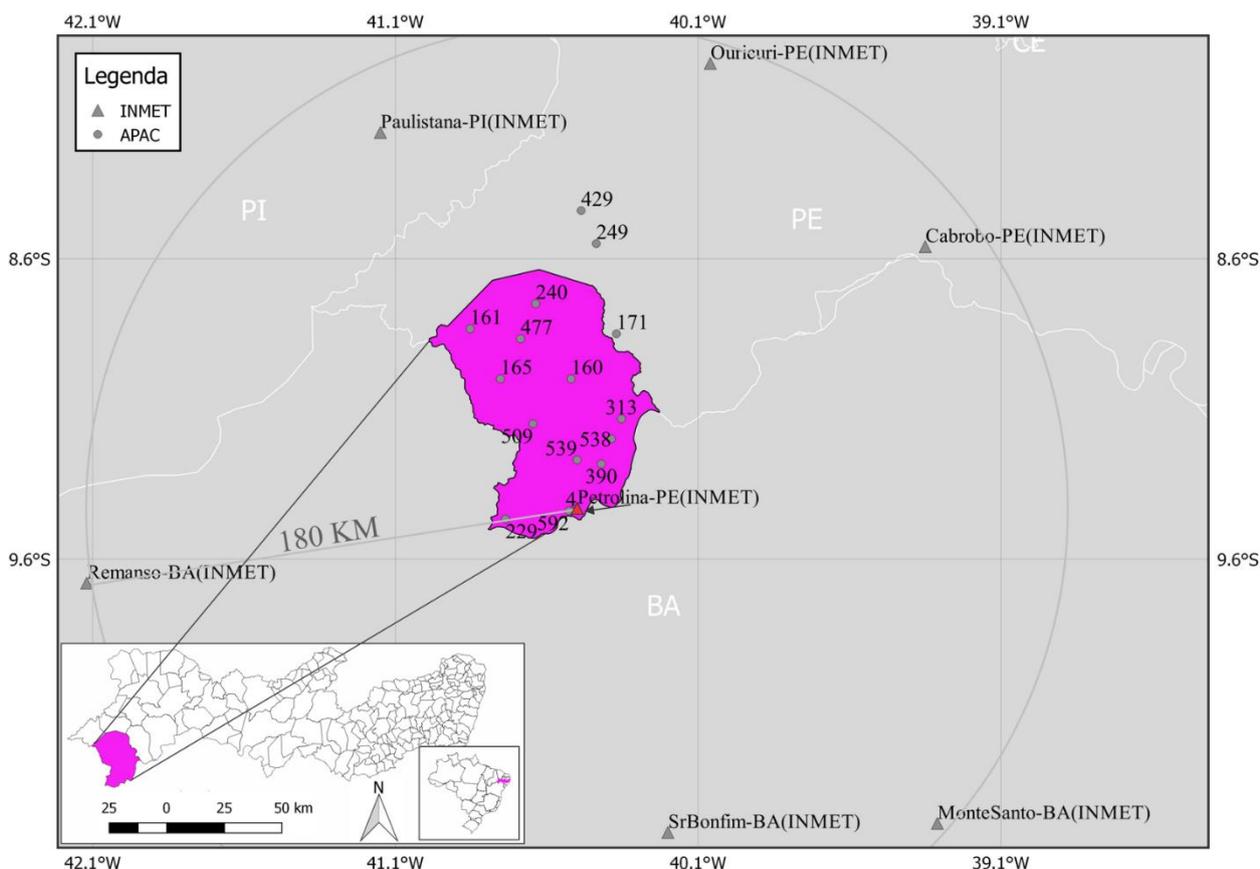


Figura 1. Localização dos pontos pluviométricos investigados em Petrolina-PE. Fonte: Autor (2017).

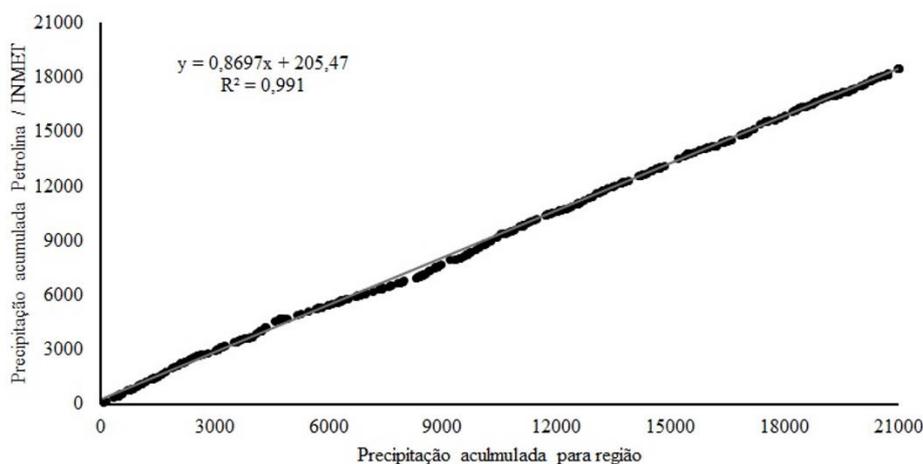


Figura 2. Curva de Dupla Massa para análise de consistência, aplicado ao preenchimento de falhas em Petrolina-PE. Fonte: Autor (2017).

Analisando o comportamento anual da precipitação média mensal (Figura 3), nota-se uma sazonalidade bem definida, com período chuvoso, concentrado entre os meses de novembro e abril, com 90% do total anual precipitado, enquanto o período seco está compreendido entre maio e outubro. O mês de maior precipitação para período foi março com total médio 133,7 mm, ao passo que

o mês de agosto foi o mais seco, com total médio de 4,0 mm. Sazonalmente, nota-se que a maior parte da precipitação anual se concentra no primeiro e quarto trimestre, com 57 e 24%, respectivamente. No segundo e terceiro trimestres, o percentual é mais baixo, com 16 e 3%, respectivamente.

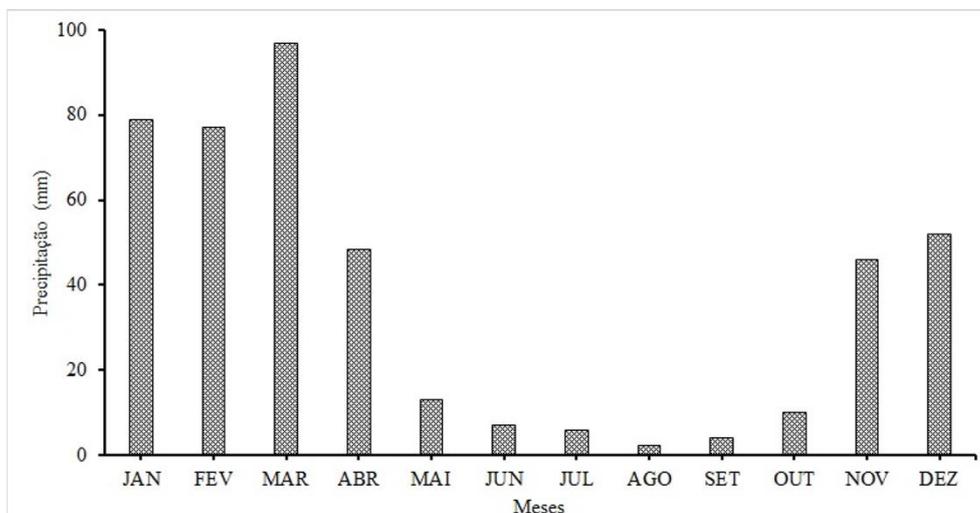


Figura 3. Comportamento anual da precipitação média mensal em Petrolina-PE, no período de 1975 a 2016. Fonte: Autor (2017).

Considerando os 42 anos investigados, a precipitação total anual média foi de 442 mm (Figura 4). Durante esse período, a série apresentou valores máximos de 748 mm no ano de 2009 e mínimos de 141 mm para o ano de 1982. Observa-se, ainda, que, ao longo do período, oito totais anuais se apresentaram acima do limite superior do desvio padrão da série, podendo ser considerados anos anômalos com possibilidades de grandes

volumes de precipitação para a região, correspondendo aos anos de 1977, 1978, 1985, 1995, 2000, 2004, 2008 e 2009. Quanto aos valores abaixo do limite inferior da faixa do desvio padrão, totalizaram-se seis ocorrências na série, nos anos de 1982, 1990, 1993, 1998, 2012, 2015, sendo esses anos considerados episódios anômalos para a possibilidade de baixa precipitação.

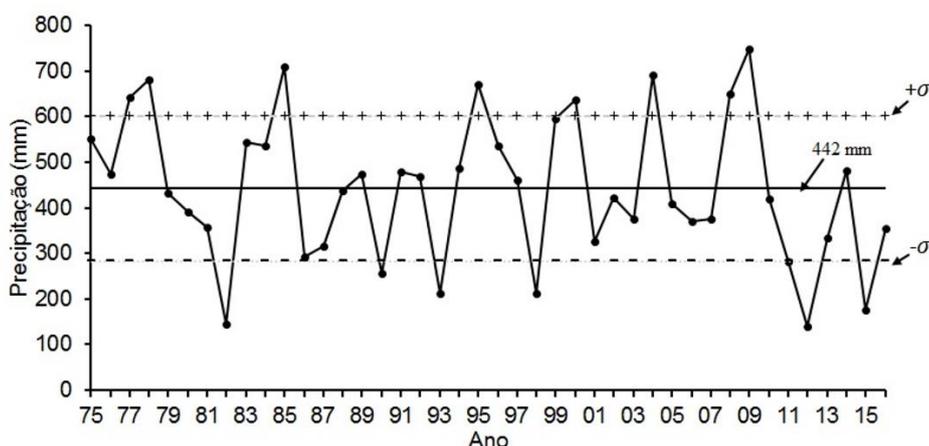


Figura 4. Variabilidade interanual da precipitação em Petrolina-PE no período de 1975 a 2016 (linha com marcador). A linha (sem marcador) contínua representa o valor médio da precipitação para todo período. As linhas tracejadas representam os desvios positivos ($+\sigma$) e negativos ($-\sigma$) da série. Fonte: Autor (2017).

Para melhor compreender a variabilidade da precipitação e suas relações, foi aplicado o IAC na série pluviométrica da Petrolina-PE.

Constatou-se que a classificação dos índices indicou 20 episódios de anos com índices positivos, contra 21 anos de índices negativos e 1 ano neutro (Figura 5). Para os valores positivos de IAC, pode-se classificar o ano, dependendo do valor, em chuvoso, muito chuvoso ou extremamente chuvoso (Tabela 2). Assim, observou-se que apenas o ano de 2009 foi considerado como extremamente chuvoso, coincidindo com o término do evento La Niña moderado (2008), seguindo para fase El Niño fraco a moderado em 2009. Constatou-se, ainda, que os anos de 1977, 1978, 1985, 1995, 1999, 2000, 2004, 2008 foram classificados como muito chuvosos. Os anos de 1999 e 2000 estiveram sob a influência da fase negativa ENOS, caracterizada por uma La Niña moderada a forte. Do mesmo modo, os anos de 1985 e 2008 coincidiram com fase fraca e

moderada da La Niña, respectivamente. Os demais anos apresentaram classificação chuvosa e neutra.

De modo similar, os valores positivos de IAC, os valores negativos podem ser categorizados conforme classificação de severidade de seco, muito seco ou extremamente seco (Tabela 2). Os anos de 1982 e 2012 foram considerados como extremamente secos. Verificou-se que os anos 1986, 1990, 1993, 1998, 2011, 2015 foram classificados como muito secos. Os demais anos avaliados: 1979, 1980, 1981, 1987, 1988, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2010, 2013 e 2016 foram classificados como secos ou neutros.

Comparando os anos anômalos que apresentaram precipitação fora dos limites do desvio padrão médio, com as ocorrências do fenômeno ENOS, observa-se que, os anos 1982, 1998 e 2015 coincidem com os anos em que ocorreram eventos classificados como Super El Niño (Figura 6).

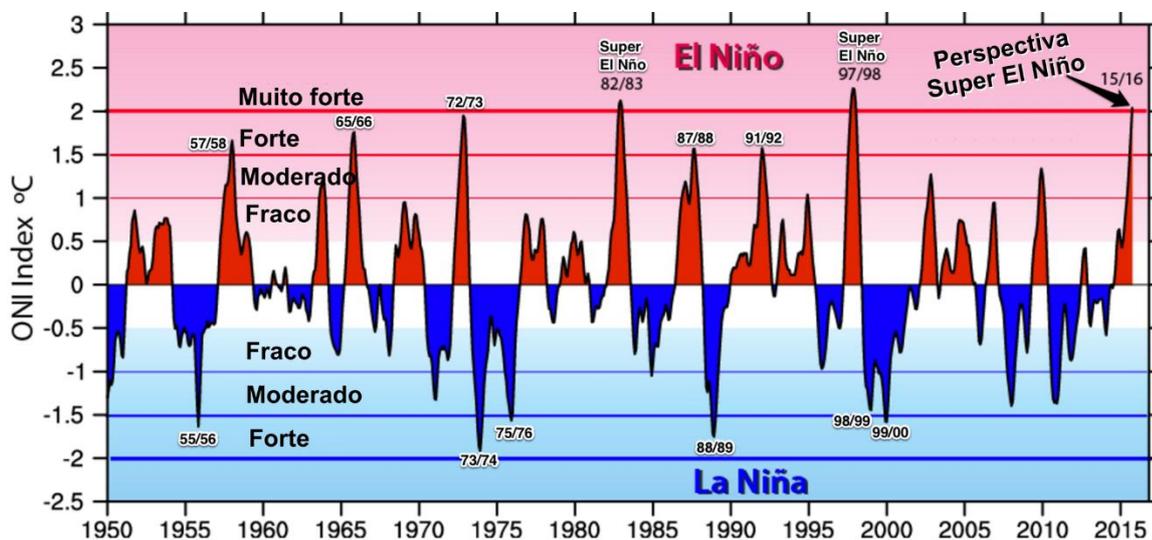


Figura 5. Índice de ENOS oceânico. Fases quentes do El Niño (vermelho) e frias da La Niña (azul) - anomalias de temperaturas da superfície do mar no Pacífico Leste. Fonte: Adaptado de Trenberth (2016).

Relativo aos anos de 1982, 1998 e 2015, notou-se que as anomalias negativas e índices IAC negativos, extremamente forte e muito forte, coincidiram com eventos positivos de super El Niño nos anos respectivos. Nos últimos sete anos

da série analisada (Figura 6), a classificação do IAC foi negativa, com exceção de 2014, quando se verificou uma alternância na intensidade de extremamente seca a muito seca.

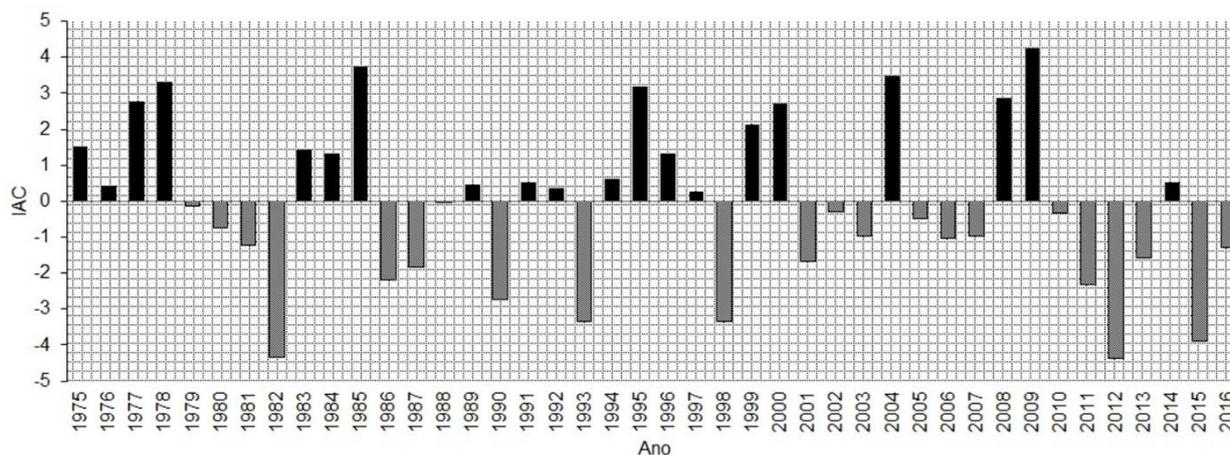


Figura 6. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a série de totais anuais de precipitação para município de Petrolina-PE, no período de 1975 a 2016. Os índices positivos e negativos são representados pelas colunas na cor preta e cinza, respectivamente. Fonte: Autor (2017).

Discussão

Constatou-se uma similaridade ao aplicar o teste de correlação, considerando os postos pluviométricos; 17 regiões com características semelhantes foram selecionadas e cinco postos de clima distinto excluídos do cálculo de preenchimento de falhas. Segundo Fisch et al. (2007), quanto mais próximos fisicamente ficarem os dados analisados, mais representativos serão os resultados.

Diversas pesquisas associam a variabilidade interanual das precipitações na região do semiárido nordestino, com variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico em direção as latitudes Sul, que influencia na convergência de umidade e convecção local (Hastenrath, 1984; Nobre & Melo, 2001; Marengo et al., 2011).

É aceito por diversos autores que eventos como El Niño-Oscilação Sul (ENOS) afetam globalmente o tempo e o clima, principalmente o regime de precipitação do Nordeste brasileiro. Essa perturbação climática pode ser sentida especialmente pela alteração no regime e no total pluviométrico que, dependendo da intensidade, pode resultar em secas severas (Molion & Bernardo, 2002; Marengo, 2010; Marengo et al., 2011).

Conclusão

Uma tendência de diminuição do regime pluviométrico foi detectada pelo IAC para os últimos setes anos.

Os anos considerados anômalos mostraram um bom grau de relação com eventos positivos (El Niño) e negativo (La Niña) do fenômeno ENOS.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (UFRPE/UAST) pelo apoio técnico-científico.

Referências

- EISCHEID, J. K.; PASTERIS, P. A.; DIAZ, H. F.; PLANTICO, M. S.; LOTT, N. J. 2000. Creating a serially complete, national daily time series of temperature and precipitation for the western United States. *Journal of Applied Meteorology*, v. 39, n. 9, p. 1580-1591.
- FANTE, K. P.; NETO, J. L. S. 2016. Statistical techniques for temperature data homogenization in climatological time series. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 18, p. 143-156.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. 1977. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 103, n. 435, p. 77-92.

- HASTENRATH, S. 1984. Interannual variability and annual cycle: Mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic sector. *Monthly Weather Review*, v. 112, n. 6, p. 1097-1107.
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: maio 2017.
- INMET. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. 2009. Brasília, DF.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. 2011. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas: Instituto Nacional do Semiárido-INSA, Campina Grande, pp. 384-422.
- MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENOM, M. 2010. An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. *Climatic Change*, v. 98, n. 3-4, p. 509-529.
- MARENGO, J. A. 2006. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. MMA, Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- MATALLO JÚNIOR, H. 2001. Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas. *Cadernos UNESCO*. Brasília. v. 2.
- MOLION, L. C. B. 1994. Efeito dos vulcões no clima. IBGE, Diretoria de Geociência, Rio de Janeiro.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. D. O. 2002. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, n. 1, p. 1-10.
- NOBRE, P.; MELO, A. D. 2001. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. *Revista Climanálise*, v. 2, p. 1-10.
- NORONHA, G. C. D.; HORA, M. D. A. G. M.; SILVA, L. P. D. 2016. Rain Anomaly Index Analysis for the Santa Maria/Cambiocó Catchment, Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n. 1, p. 74-81.
- OLIVEIRA, G. S. D. 1999. Nino e você: o fenômeno climático. Transtec, 116p. São Jose dos Campos-SP.
- RAO, V. B.; HADA, K.; HERDIES, D. L. 1995. On the severe drought of 1993 in north-east Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 15, n. 6, p. 697-704.
- SANTANA, M. O. 2007. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Brasília: MMA/SRH/UFPB.
- SANTOS, C. A. C. D.; BRITO, J. I. B. D. 2007. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 22, n. 3, p. 303-312.
- SILVA, A. R.; SANTOS, T. S. DOS; CRUZ NETO, J. F. DA; SANTOS, J. P. A. DE S.; SILVA, T. G. F. DA. 2017. Análise comparativa de métodos de preenchimento de falhas em séries pluviométricas de Petrolina-PE. In: XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia-CBAGRO. No prelo.
- TRENBERTH, K. If La Niña follows the current super El Niño, it will probably be bad news for drought-plagued California. *Discover Magazine*. Disponível em: <https://goo.gl/HBgc4>. Acesso em: 02 de maio de 2017.
- TUCCI, C. E. 2012. Hidrologia: ciência e aplicação. 2Ed. UFRGS/ABRH, Porto Alegre.
- VAN ROOY, M. P. 1965. A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos*, v. 14, n. 43, p. 6.