

Temporal oscillations in the rain regime in Curimatáu paraibano: variability, extreme or climate change?

Hermes A. de Almeida¹, Júlio C. G. Pôrto²

¹Prof^o Dr, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Departamento de Geografia, Campina Grande, PB, e-mail: hermes_almeida@uol.com.br

²Mestre, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional, UEPB, e-mail: jcgporto@gmail.com

Received 23 October 2021; accepted 30 November 2021

Abstract

The objective of this work was to analyze whether the temporal oscillations in the pluvial regime of the Curimatáu of Paraíba are indicative of natural variability, extreme or climate change. Monthly rainfall series from 01.01.1930 to 30.09.2021 were used in the city of Pocinhos, located in the intermediate geographic region of Campina Grande. These series were analyzed using the criterion of descriptive statistics, determining the means, medians and standard deviations, in addition to establishing the rainy season and rainfall anomalies. To assess whether temporal fluctuations are indicative of natural variability, extreme or climate change, the comparative criterion between the observed rainfall value, the standard deviation and the mean was adopted. The main results indicated that the temporal models of rainfall distribution are asymmetric, irregular and the rainy season is concentrated from March to July. The monthly standard deviation value can be equal to the expected median and three times greater than the annual dispersion. The criterion of annual rainfall anomaly and in the rainy season is an excellent indicator of the magnitudes of excess and deficit of rainfall observed. The temporal oscillations of the total rainfall observed are natural variability and there is no indication of climate change.

Keywords: rainfall, climate variability, rain anomaly, climate change

Oscilações temporais no regime pluvial no Curimatáu paraibano: variabilidade, extremo ou mudança climática?

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar se as oscilações temporais no regime pluvial do Curimatáu paraibano são indicativas de variabilidade natural, extremo ou mudança climática. Foram utilizadas séries pluviométricas mensais do período de 01.01.1930 a 30.09.2021 da cidade de Pocinhos, localizada na região geográfica intermediária de Campina Grande. As referidas séries foram analisadas, utilizando-se critério da estatística descritiva, sendo determinadas as médias, medianas e os desvios padrão, além de estabelecer a estação chuvosa e as anomalias da chuva. Para avaliar se as oscilações temporais são indicativas de variabilidade natural, extremo ou mudança climática foi adotado o critério comparativo entre o valor da chuva observada, o desvio padrão e a média. Os principais resultados indicaram que os modelos temporais de distribuição de chuva são assimétricos, irregulares e a estação chuvosa concentra-se de março a julho. O valor do desvio padrão mensal pode ser igual ao da mediana esperada e três vezes maior que o da dispersão anual. O critério da anomalia da chuva anual e na estação chuvosa é um excelente indicador das magnitudes do excesso e do déficit da precipitação pluvial observada. As oscilações temporais dos totais de chuvas observados são variabilidades naturais e não há indicativo de mudança climática.

Palavras-chave: chuva, variabilidade climática, anomalia da chuva, mudanças climáticas

1. Introdução

As descrições instantâneas e a longo prazo (sequenciamento cronológico com trinta anos ou mais) são caracterizadas por variáveis (elementos), que oscilam nas escalas espaciais e temporais,

caracterizando-se, assim, o Tempo e o Clima, respectivamente.

Atualmente, é comum atribuir a qualquer flutuação de um elemento, como, por exemplo, a chuva ou a temperatura do ar, como sendo uma mudança climática, quando na realidade, se trata de

uma variabilidade natural, caracterizada pela flutuação em relação à média climatológica (Almeida e Ramos, 2020).

Evidências científicas sobre a possibilidade de mudança do clima global vêm despertando interesses crescentes da sociedade e da comunidade científica, desde 1988 (Marengo, 2008). A expressão “mudança climática” refere-se à oscilação altamente significativa de um ou mais elemento do clima, podendo ser influenciada pela variabilidade natural ou antropogênica, cujas causas/consequências poderão ultrapassar os limites de resistência do sistema natural (IPCC, 2018).

A hipótese do efeito estufa intensificado (aquecimento global) relatada por Molion (2008) é fisicamente simples, porque a irradiância solar recebida pela Terra e o albedo planetário são constantes. O autor também relata que há chances de detectar o aquecimento global utilizando dados de temperatura do ar, em parte resultante da urbanização em torno das estações meteorológicas, indicando um aquecimento local e não global.

Na visão de Leite (2015), a teoria do aquecimento global surgiu após a constatação de aumento na concentração de dióxido de carbono atmosférico, numa série de medições no Hawaí, confirmando-se, assim, a referida teoria.

As mudanças climáticas, em tese, ocasionam riscos aos ecossistemas, a biodiversidade, a qualidade de vida e a disponibilidade hídrica, especialmente no Semiárido nordestino onde a água é fator crítico até para o abastecimento humano (GEO Brasil, 2007). As consequências advindas seriam na frequência de eventos extremos de chuva, especialmente, na intensidade e duração de períodos secos (Marengo, 2008).

É importante destacar que a inserção da temática do aquecimento global ou mudança climática tem sido um grande desafio do século XXI. A natureza complexa do tema torna difícil separar os elementos controversos e não controversos dessa temática, além da inexistência de consenso científico sobre aquecimento global antropogênico, tema esse de ampla controvérsia científica (Pina et al., 2010; Junges e Massoni, 2018).

Os mecanismos indutores do regime de chuvas no Semiárido nordestino são, em geral, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sendo este o principal mecanismo indutor dessa região (Molion e Bernardo, 2002). Na faixa litorânea do nordeste setentrional e no agreste paraibano, em especial, contribuem, ainda, os distúrbios ondulatórios de Leste (Goswami e Mathew, 1994).

Neste contexto, destaca-se que as principais características do regime pluvial no Semiárido nordestino são as variabilidades interanuais, com anos extremamente secos e outros chuvosos (Almeida et al., 2017). Essas características são marcantes, nessa região, não somente pela baixa quantidade, mas pela irregularidade na distribuição. Até mesmo na curta estação chuvosa, que perdura de dois a quatro meses, as chuvas são extremamente irregulares, em quantidade e em distribuição, podendo chover torrencialmente em um local e nada na circunvizinhança (Almeida e Cabral Júnior, 2014).

Estudar se a dispersão no regime pluvial local é um reflexo da variabilidade natural ou se é indícios de mudança há necessidade de análises criteriosas da estatística climatológica. Neste contexto, procurou-se analisar se as flutuações temporais são indicativas de variabilidade ou de mudança climática, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho.

2. Material e métodos

O trabalho foi realizado na cidade de Pocinhos-PB (Figura 1), latitude 07°04'36"S, longitude 36°03'40"W e altitude de 630 m, localizada no Curimatáu da Paraíba, região geográfica imediata de Campina Grande-PB.

O município de Pocinhos fica a sotavento do Planalto da Borborema e o clima, pela classificação de Köppen, é do tipo semiárido quente (BSh), com vegetação ou paisagem dominada por plantas de pequeno porte, com a maior parte do ano seco.

Os dados mensais de precipitação pluvial foram extraídos dos relatórios técnicos da SUDENE (de 01.01.1974 a 31.12.1993) e diretamente do site da Agência Executiva de Gestão das águas da Paraíba (AESA- <http://www.aesa.pb.gov.br>), do período de 01.01.1994 a 30.09.2021.

Os dados mensais de chuvas foram ordenados cronologicamente e em seguida determinado as medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude, desvio padrão), adotando-se a metodologia proposta por Almeida e Cabral Júnior (2014).

O regime pluvial local foi estabelecido mediante critério da estatística descritiva, adotando-se as medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (desvio padrão da média). Em virtude da assimetria no modelo de distribuição temporal da chuva, adotou-se a mediana, como medida de referência. Já, a estação chuvosa foi estabelecida pela sequência dos meses com os maiores valores medianos.

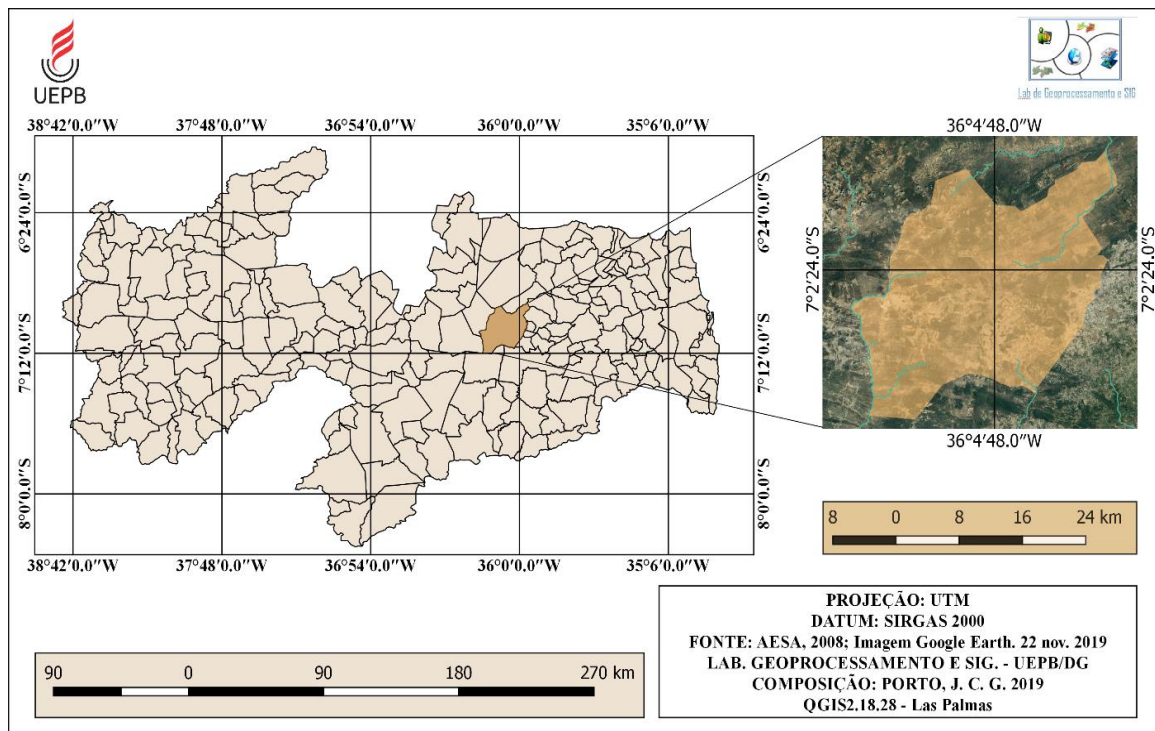


Figura 1- Mapa geográfico da Paraíba com destaque para o município de Pocinhos.

O critério para avaliar se as dispersões dos totais de chuvas observados anualmente e na estação chuvosa são indicativas de variabilidade natural, extremo ou mudança climática foi determinado relacionando a média com o desvio padrão, mediante as expressões:

a) Variabilidade Natural

$$\text{média} - DP < \text{total de chuva observada} < \text{média} + DP$$

b) Extremo

$$\text{total de chuva observada} > \text{média} + 2 * DP$$

A anomalia da chuva (AC, em mm), anual e na estação chuvosa, foi determinada pela diferença entre o valor da chuva observado menos a mediana esperada (da série), pela expressão:

$$AC \text{ (mm)} = \text{total de chuva observada (mm)} - \text{mediana esperada (mm)}$$

Os cálculos, as análises estatísticas e as confecções de quadros, tabelas e gráficos foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel.

3. Resultados e discussão

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos são ações que devem estar presentes nas decisões. Para isso, precisa-se, primeiramente, efetivar um estudo abrangente do regime pluvial a

fim de estabelecer as principais características da variabilidade temporal desse regime.

A Figura 2 sumariza as principais características do regime pluvial mensal, mediante os indicadores das medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (desvio padrão) da precipitação pluvial de Pocinhos, localizado no Curimatáu da Paraíba.

Observa-se (Figura 2) que o modelo de distribuição mensal da chuva é assimétrico, haja vista que os valores das médias diferem dos das medianas. Como o modelo é assimétrico, recomenda-se o uso da mediana, em vez da média, mesmo sendo essa medida a mais utilizada, o que concorda com as recomendações feitas para outros locais por Almeida e Cabral (2013).

A estação chuvosa ocorre de março a julho, quando chove o equivalente a 61,5% da mediana anual. Mesmo sendo os meses mais chuvosos, a probabilidade média de ocorrer esses valores medianos é de cerca de 50%, nível esse muito baixo, o que não garante, portanto, que essa estação seja chuvosa.

Com relação à dispersão dos dados de chuvas mensais, verifica-se (Figura 2) que os desvios padrão da média (DP) são elevados, quando se comparam com as respectivas médias aritméticas mensais, além de serem superiores em, pelo menos, sete meses do ano. Essas dispersões demonstram de forma muito clara, que as chuvas mensais apresentam um modelo de distribuição extremamente irregular, em quantidade e em distribuição ao longo do ano.

Essa irregularidade ocorre inclusive na estação chuvosa, uma vez que a média do DP em relação à média tem, em média, igual valor, portanto, tem chance de chover o dobro ou nada. Outra característica desse regime é ser irregular em quantidade, distribuição e duração, além da dispersão ser inversa a quantidade média ou da mediana.

Na prolongada estação seca, que ocorre de forma sequencial de agosto a fevereiro, os totais medianos esperados raramente ultrapassam 30 mm. Esse período coincide com os meses com maior disponibilidade de irradiância solar global e, conseqüentemente, maior demanda de água por evapo(transpi)ração. Condições essas em que a pouca quantidade de chuva tem efeito ampliado da estiagem a cada ano.

O estudo da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial vem tendo destaque nos últimos tempos, visando tornar as estimativas mais

precisas. Concorde-se com Almeida (2012) que a chuva é, sem dúvida, o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal, independente da região geográfica. Obviamente, no semiárido nordestino e/ou em locais com clima do tipo semiárido quente, essa dispersão tende a ser maior que em outros tipos climáticos.

Comparando-se os DPs mensais (Figura 2) com o anual, constatou-se que, em média, esses desvios foram três vezes maiores que o anual, cuja relação média entre a média e o DP, foi de 116%, para escala mensal, e de 37,7% para a anual.

Neste contexto, é fundamental conhecer outras técnicas de análises temporais, utilizando-se medidas de tendência central (média) de dados de chuvas, em uma escala geográfica maior (anual ou períodos maiores), a fim de averiguar o modelo de distribuição que possibilite subsidiar o planejamento hídrico local ou regional.

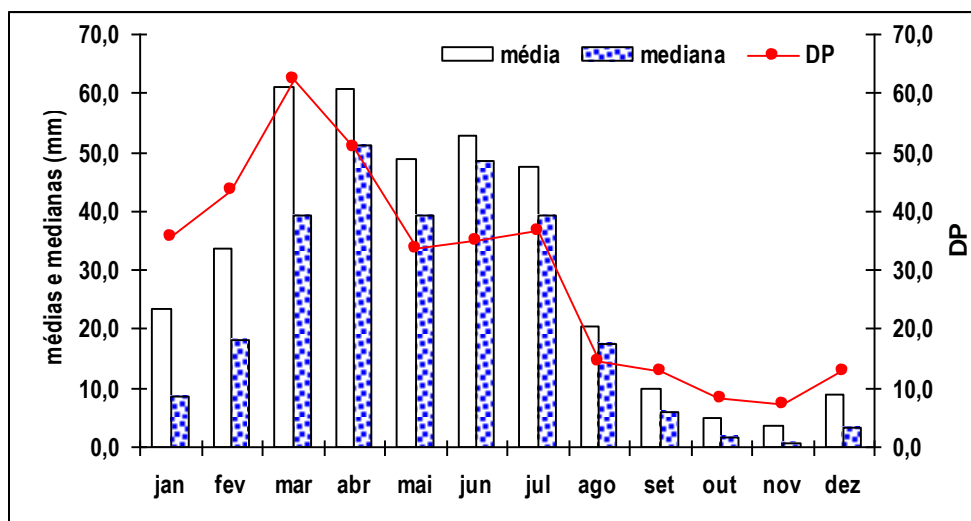


Figura 2- Médias mensais das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial, Pocinhos-PB. Média do período: 1931/2021.

A Figura 3 apresenta os totais anuais de chuvas observados no período de 1930 a 2020. Como o valor da média difere do da mediana, o modelo é assimétrico. Condição essa que se recomenda o uso da mediana, em vez da média, razão essa explicitada anteriormente. A linha tracejada (média) serve apenas para indicar os anos que choveram acima e abaixo desse referencial.

Contabilizando-se os anos que choveram abaixo ou acima da média esperada (377,6 mm) foram, respectivamente, de 59,3 e 40,7%. Outra característica que merece destaque são as sequências cronológicas de anos com chuvas observadas abaixo da mediana esperada (Figura 3): de 11 anos (1949 a 1950), de oito (2012 a 2019), de cinco (1942 a 1946)

e duas de quatro (1930 a 1933 e de 1990 a 1993).

Concorde-se com Almeida e Marques (2021), que essas estiagens, especialmente, as sequenciadas e as secas são fenômenos naturais que afetam, drasticamente, a ambiência e as atividades socioambientais, cujas causas principais são as irregularidades no regime pluvial.

Essas oscilações, especialmente, quando forem abaixo da média esperada, são sempre atribuídas por parte da sociedade como mudança climática. As suas comparações dos valores anuais de chuvas observadas, com média da série pluvial e com as médias $\pm$ DP, e as individuais (ano a ano) com $\pm$ DP são mostradas, respectivamente, nas Figuras 4 e 5.

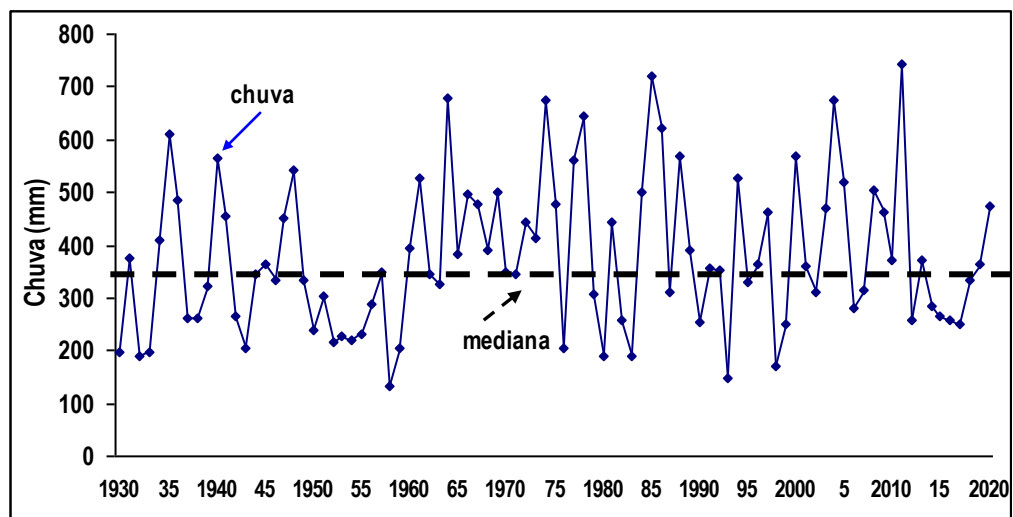


Figura 3- Oscilações nos totais anuais de chuvas observados, Pocinhos-PB.

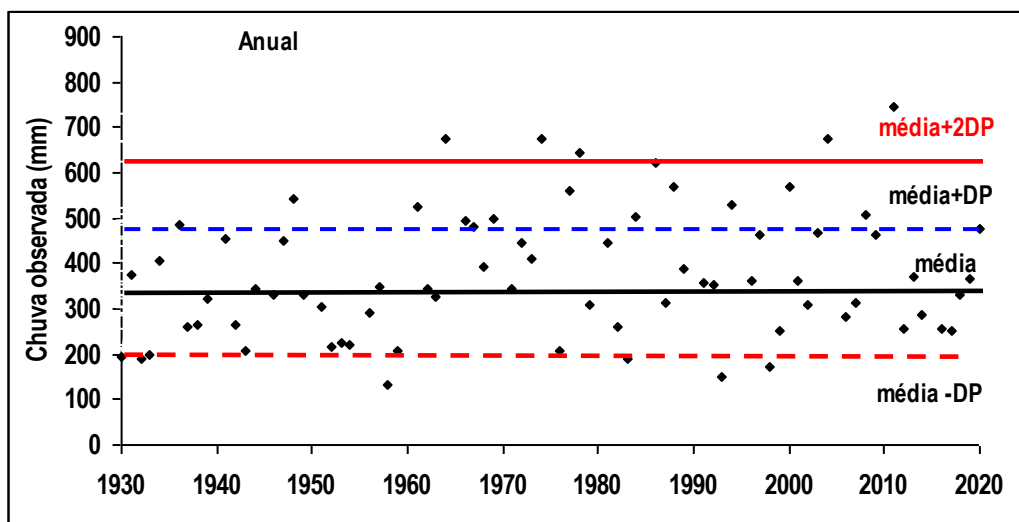


Figura 4- Oscilações nos totais anuais de chuvas observados em relação às médias $\pm$ DP, Pocinhos-PB.

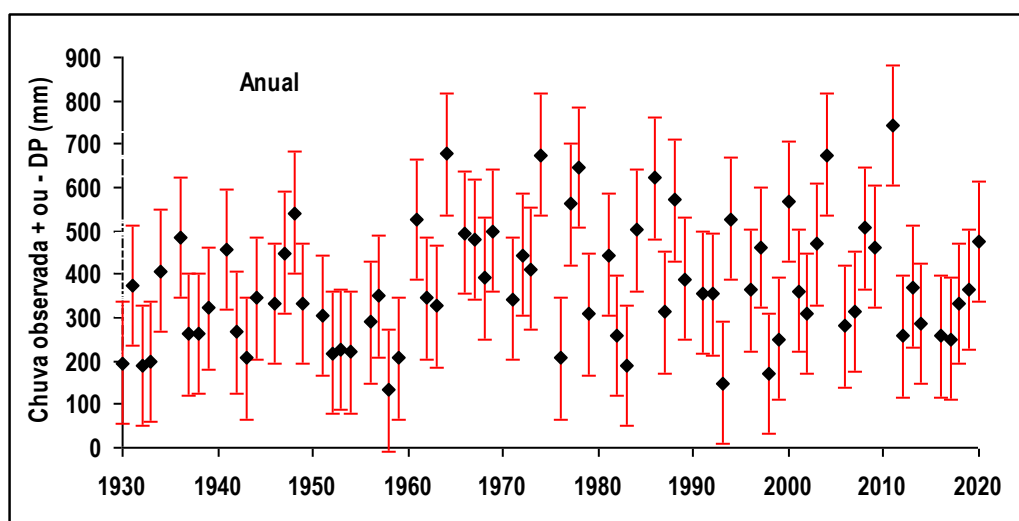


Figura 5- Totais anuais de chuvas observados associados ao $\pm$ desvio padrão da média, Pocinhos-PB.

As variabilidades dos totais de pluviais anuais, dos últimos 91 anos, mostram que cerca de 90% dos valores da chuva observada ficaram entre a

média $\pm$ DP, caracterizando-se, assim, pelo critério proposto, como variabilidade natural.

Com relação aos extremos, verifica-se (Figura 4), apenas, 5% dos anos (1964, 74, 85, 2004 e 2011), nos quais os valores de chuvas observados extrapolaram a média + 2DP. Como não há diferenças significativas, quando se compara um total de chuva de um ano com outro, concorda-se com o IPCC (2019) que não existe nenhum indicativo de mudança climática.

Como pode ser visualizado na Figura 5, o modelo de distribuição anual da precipitação pluvial observada é muito variável (linha vermelha vertical), com chances até de não chover ou de chuva muito próxima de zero.

O critério da anomalia da chuva anual (Figura 6), por contabilizar o valor observado em relação ao esperado, resulta num melhor indicativo das características do regime de pluvial, quando

comparado com o valor da chuva observado em qualquer ano (Figura 3).

Contabilizando-se as anomalias anuais da chuva, constata-se que em 60,4% dos anos elas foram negativas, ou seja, choveram abaixo da mediana esperada. Outra característica que difere esse critério (Figura 6) do da análise simples do total de chuva observado (Figura 3) não seja somente a sequência de anos com escassez de chuvas, mas as magnitudes do déficit de precipitação e, conseqüentemente, do efeito da seca.

Como a chuva local, concentra-se num curto período (estação chuvosa), quando chove mais de 60% do esperado no ano, as análises das características do regime pluvial, para essa época (Figura 7) sejam muito mais importantes do que as do total observado anualmente.

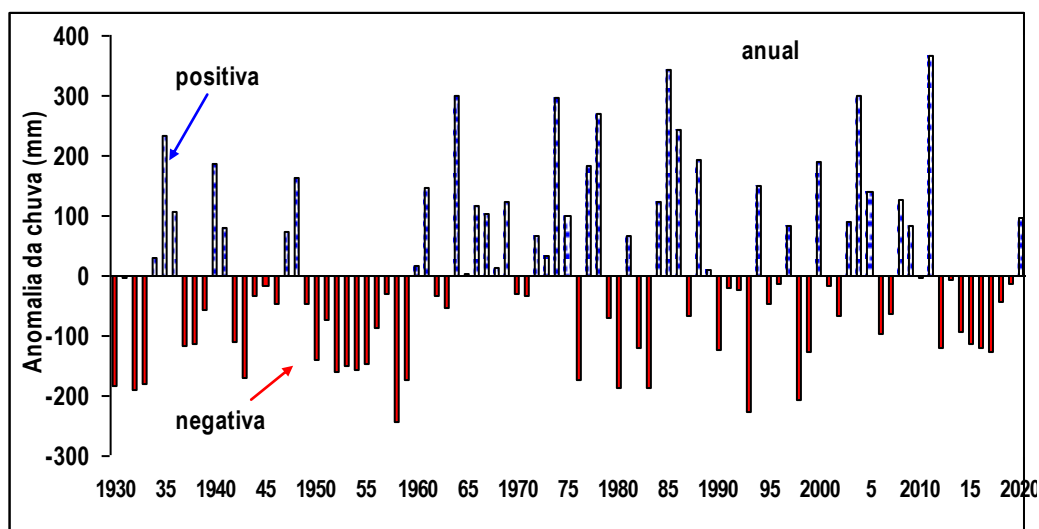


Figura 6- Anomalias dos totais anuais de chuvas observados em relação à média esperada, Pocinhos-PB.

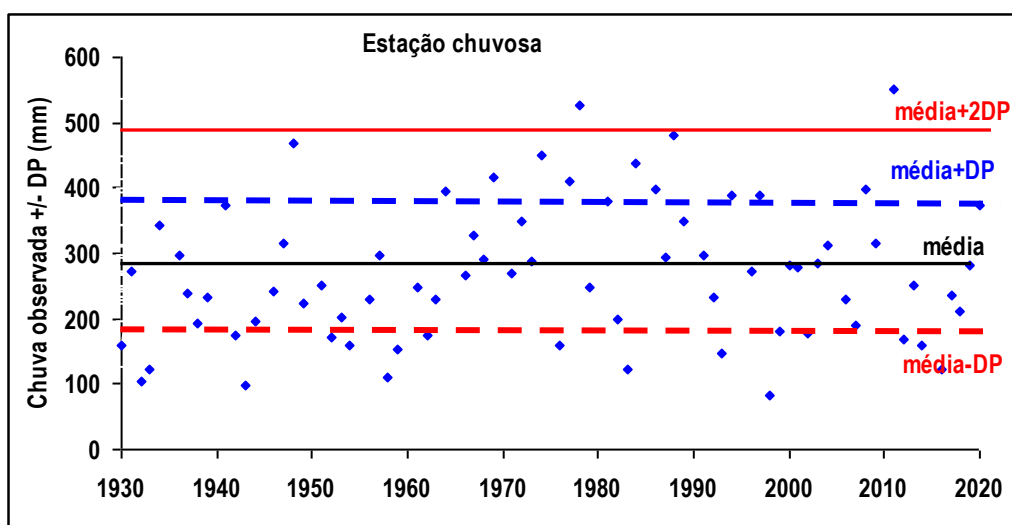


Figura 7- Totais de chuvas observados, nos meses da estação chuvosa, comparados com as médias $\pm$ o desvio padrão, Pocinhos-PB.

A visualização gráfica da Figura 7 mostra, com muita clareza, que o acumulado da chuva nesse

curto período, é muito variável a cada ano. A chance de chover em cada um dos meses fica na faixa de

50%, que corresponde à mediana. Ressalta-se, ainda, que o valor do desvio padrão da média é bem próximo do da média aritmética. Assim sendo, a estação chuvosa pode ser seca, concordando-se essa assertiva com Almeida e Ramos (2020) para outras localidades paraibanas.

Adotando-se análises semelhantes, às feitas para os totais de chuvas observados anualmente (Figura 4), observa-se (Figura 7) que das últimas 92 estações chuvosas, em mais de 90% delas, os acumulados de chuvas oscilaram entre a média $\pm$ DP, caracterizando-se, assim, uma variabilidade natural no regime pluvial.

Destaca-se, entretanto, que em apenas dois

ou três anos da série analisada ($\pm 3,0\%$), os valores foram maiores que os da média + 2DP, podendo ser considerado de extremos. Como não existe se quer diferença no extremo da chuva, concorda-se com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC, 2019) que não há indícios de mudança climática.

A aplicação do valor do desvio padrão ao da chuva observada (acumulada) na estação chuvosa (Figura 8) evidencia a variabilidade do regime pluvial (linha vermelha vertical, até mesmo, na época na qual se concentra o período chuvoso). O limite inferior do DP mostra que há chances de chover muito pouco (próximo de zero).

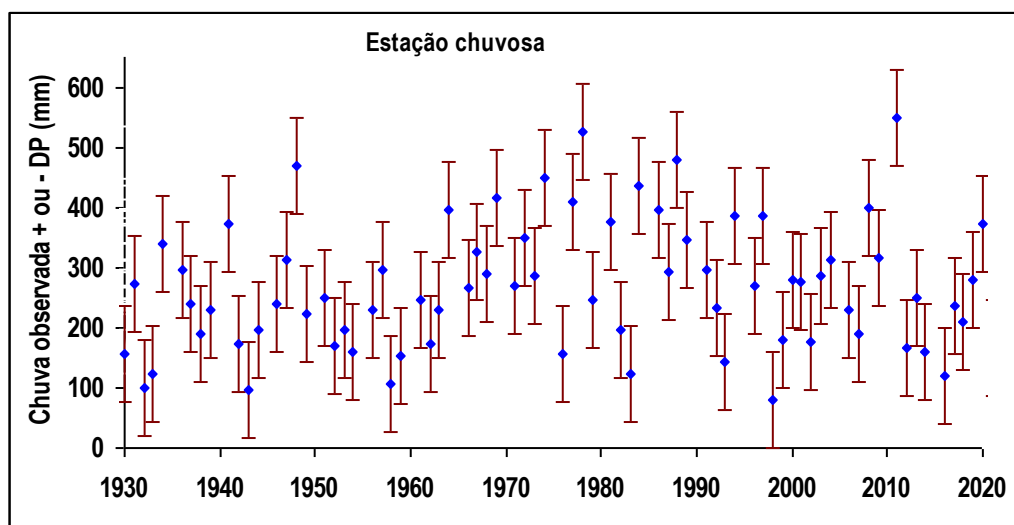


Figura 8- Totais de chuvas observados, nos meses da estação chuvosa, associados ao $\pm$ desvio padrão da média, Pocinhos-PB.

A variabilidade da chuva (observada) na estação chuvosa pode ser mais bem avaliada, mediante o critério da anomalia da chuva anual (Figura 9), cuja relação entre o valor observado e a

mediana esperada, resulta em desvio relativo negativo (chuva abaixo dessa medida de tendência central) e positivo (acima).

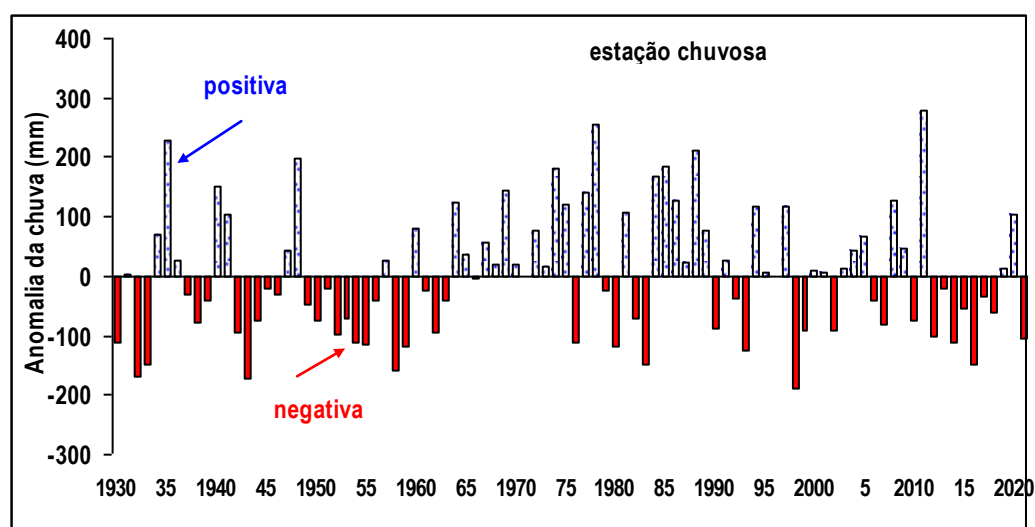


Figura 9- Anomalias dos de chuvas observados, nos meses da estação chuvosa, em relação à média esperada, Pocinhos-PB.

Observa-se (Figura 9) que 48 anos, dos 92 analisados (52,2%), as anomalias foram negativas, ou seja, choveram abaixo do valor esperado, cujo sequencialmente é apresentado na Figura 10.

Esses desvios negativos e, especialmente, as sequências, potencializam e agravam, ainda mais, o efeito da seca, sobre a gestão e a escassez de água, a produção agropecuária e a vulnerabilidade socioambiental do Semiárido.

Desse universo analisado, destacam-se duas grandes sequências de anos com anomalias negativas: uma de quinze (de 1949 a 1963), sendo intercalada com dois com AC positiva (1957 e 1960) e outra de sete (2012 a 2018), cujos somatórios dos déficits pluviométricos foram, respectivamente, de 906 e 532 mm, valores esses que equivalem a 4,2 e 2,4 do valor mediano esperado.

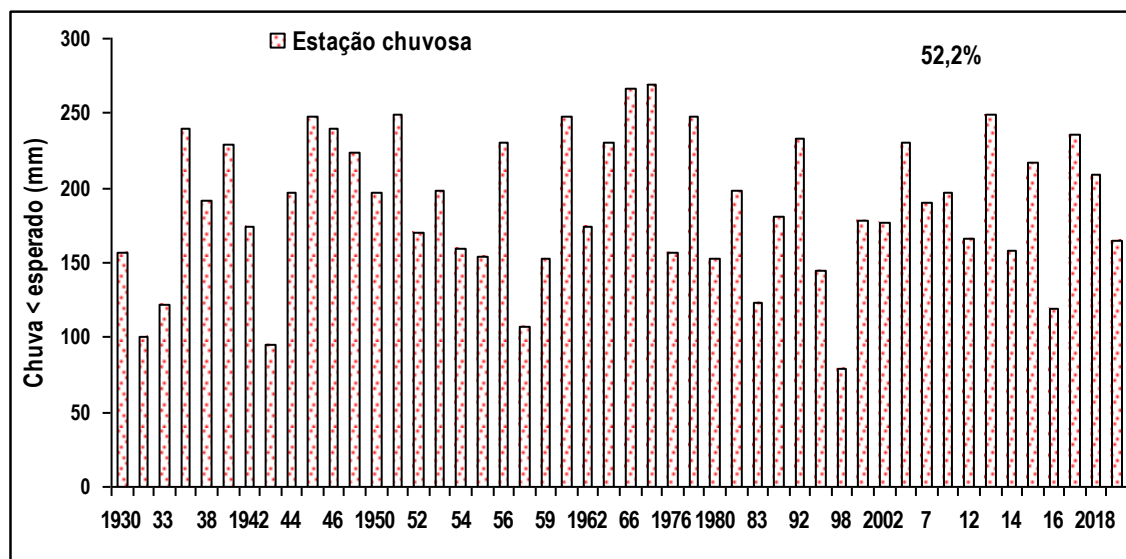


Figura 10- Relação dos anos nos quais os totais de chuvas observados, na estação chuvosa, foram menores que os esperados, Pocinhos-PB.

Observa-se (Figura 10) que dos 52,2 % dos anos que chovem menos do que o esperado, duas décadas predominaram: primeiro, a década de 1950, com nove anos e a de 2010, com oito anos. Nas demais, constatarem seis nas décadas de 1930 e 1940, cinco na de 1990, quatro no decênio (1960 a 1969) e três nas décadas de 1970, 80 e 2000.

Os modelos de distribuição da precipitação pluvial, nesse recorte geográfico paraibano, são representativos para a região Semiárida do nordeste brasileiro. Os primeiros registros de seca, nessa região, datam do século XVI, que a irregularidade (escassez) de chuvas se constituiu como a principal responsável por colocar em situação de emergência milhões de habitantes no Semiárido.

4. Conclusões

Os modelos temporais de distribuição de chuva (mensal, anual e na estação chuvosa) são assimétricos, irregulares e, por isso, recomenda-se o uso da mediana, em vez da média.

A estação chuvosa é irregular, concentra-se entre março e julho, chove o equivalente a 61,5 % da mediana anual e tem chances de ser seca. Em contrapartida, a estação seca, ocorre de agosto a

fevereiro e coincide com o período de maior demanda de água por evapo(transpi)ração.

O valor do desvio padrão da chuva mensal observada pode ser igual ao da mediana esperada e três vezes maior que o da dispersão anual.

Os anos com totais de chuvas abaixo da mediana esperada são cerca de 20,0 % maior do que os acima. Embora, a sequência cronológica dessa condição amplifica o efeito da estiagem ou da seca.

As oscilações nos totais de chuvas observados, anualmente e na estação chuvosa, são variabilidades naturais, há poucos eventos extremos e nenhum indicativo de mudança climática.

O critério da anomalia da chuva anual e na estação chuvosa é um excelente indicador das magnitudes do excesso e do déficit da precipitação pluvial observada.

Os modelos de distribuição de chuvas, nesse recorte geográfico paraibano, assemelham-se aos de outras localidades do Semiárido nordestino.

Referências

Almeida, H.A.de, Cabral, L.N., 2013. Água e desenvolvimento sustentável na zona rural das microrregiões do Agreste e Curimataú da Paraíba. Revista de Geografia (UFPE) 30, 82-97. Almeida,

- H.A.de, Cabral Junior, J.B., 2014. Variabilidades sazonais e interdecadais da chuva nas microrregiões geográficas do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 7, 846-858.
- Almeida, H.A.de, Marques, M.P.F., 2021. Análises comparativas de índices de seca meteorológica para o polo de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento* 6, 81-98.
- Almeida, H.A.de, Moura, M.S.B., Farias, M.P., 2017. Social water technologies: brazilian experience of coexistence and development in the semi-arid region of Paraíba. *International Journal of Research in Geography (IJRG)* 3, 1-11.
- Almeida, H.A.de, Ramos, D.B., 2020. Alternative of living in the geographical outline of cariri paraibano, Brazil. *International Journal of Development Research* 10, 35820-35824.
- GEO Brasil, 2007. Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. GEO Brasil Série Temática: GEO Brasil Recursos Hídricos. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. MMA, ANA, Brasília.
- Goswami, P., Mathew, V., 1994. A Mechanism of scale selection in tropical circulation at observed intraseasonal frequencies. *Journal of the Atmospheric Sciences* 51, 3155-3166.
- IPCC. Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas, 2019. Relatório especial do IPCC sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e respectivas trajetórias de emissão de gases de efeito estufa, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça da mudança do clima, do desenvolvimento sustentável e dos esforços para erradicar a pobreza. Versão em português publicada pelo MCTIC, Brasil.
- Junges, A.L., Massoni, N.T., 2018. O Consenso científico sobre aquecimento global antropogênico: considerações históricas e epistemológicas e reflexões para o ensino dessa temática. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* 18, 455-491.
- Leite, J., 2015. Controversies in climatology: IPCC and the anthropogenic global warming. *Scientiae Studia* 13, 643-677.
- Marengo, J.A., 2008. Água e mudanças climáticas. *Estudos Avançados* 22, 83-96.
- Molion, L.C.B., 2008. Considerações sobre o aquecimento global antropogênico. *Informe Agropecuário* 29, 7-18.
- Molion, L.C.B., Bernardo, S.O., 2002. Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Foz de Iguaçu.
- Pina, A., Silva, L.F., Oliveira Júnior, Z. T., 2010. Mudanças climáticas: reflexões para subsidiar esta discussão em aulas de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 27, 449-472.