

Artigo

Análise da variabilidade na precipitação pluvial ao longo de um século em Cajazeiras-PB

Analysis of variability in rainfall over a century in Cajazeiras-PB

Everton de Araújo Medeiros¹, José Erivaldo da Silva², Janaina Lucio Dantas³, Madson Tavares Silva⁴, Leonardo Souza do Prado Junior⁵, Patricio Borges Maracajá⁶ e George do Nascimento Ribeiro⁷

¹Mestrando em Engenharia e Gestão de Recurso Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba. E-mail: evertonaraujo401@gmail.com;

²Doutorando em Engenharia e Gestão de Recurso Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba. E-mail: jerysilva85@gmail.com;

³Doutorando em Engenharia e Gestão de Recurso Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba. E-mail: janainalucio13@gmail.com;

⁴Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba. E-mail: madson.tavares@professor.ufcg.edu.br;

⁵Mestrando em Engenharia e Gestão de Recurso Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba. E-mail: leonardosouzadopradojr@gmail.com;

⁶Docente do Programa de Pós-graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba. E-mail: patriciomaracaja@gmail.com;

⁷Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba. E-mail: georgenribeiro@gmail.com.

Submetido em: 01/10/2024, revisado em: 05/10/2024 e aceito para publicação em: 08/10/2024.

Resumo: Este artigo apresenta uma análise da variabilidade da precipitação da cidade de Cajazeiras, no estado da Paraíba ao longo de uma série histórica no período de 1911 a 2022, a fins de verificar tendências de aumento ou diminuição das precipitações, para isto, faz-se uso da aplicação do teste de Mann-Kendall e teste de Pettitt com dados obtidos pela Agencia Nacional de Águas (ANA), Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e da Agencia Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AES/A), a análise foi realizada em escalas de décadas, anuais, mensais e diárias. Os resultados mostram um aumento da precipitação em média e de eventos extremos diários de precipitação pluvial, levantando uma reflexão sobre importância de caracterizar uma serie longa para compreender melhor as variações da chuva em áreas semiáridas e como os resultados podem contribuir com a gestão dos recursos hídricos por parte dos agentes público e pelo melhor aproveitamento do recurso pela população local.

Palavras-chave: Climatologia; Recursos Naturais; Chuva.

Abstract: This article presents an analysis of the variability of rainfall in the city of Cajazeiras, in the state of Paraíba throughout a historical series from 1911 to 2022, in order to verify trends of increase or decrease in rainfall, for this purpose, it makes -using the application of the Mann-Kendall test and Pettitt test with data obtained by the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA), and the Executive Agency for Water Management in the State of Paraíba (AES/A), the analysis was carried out on decade, annual, monthly and daily scales. The results show an increase in average precipitation and daily extreme precipitation events, raising a reflection on the importance of characterizing a long series to better understand rainfall variations in semi-arid areas and the contributions of the results to the management of water resources by public agents and for better use of the resource by the local population.

Key-words: Climatology; Natural Resources; Rain.

1 INTRODUÇÃO

As secas são fenômenos naturais complexos que provocam deficiência e/ou ineficiência de água a uma região durante um determinado período (YE, et. al.

2016). A região Nordeste do Brasil (NEB) sofre com sucessivos episódios de secas.

Grande parte do nordeste brasileiro, especialmente o semiárido é caracterizado pela elevada variabilidade espaço temporal da precipitação sendo comum chover torrencialmente num local e nada na sua circunvizinhança (Almeida e Medeiros, 2016); as características desse meio, assim como do meio ambiente na totalidade, pode ser realizada a partir de indicadores como temperatura média do ar, precipitação média anual entre outros (Braganza et al., 2003).

Esses fatores são diretamente influenciados pela temperatura dos oceanos Atlântico e Pacífico contribuindo com anos mais ou menos chuvosos que perturbam a circulação dos ventos em escala global; alterando o clima, e, por consequência alterando a precipitação do modo geral, que levam às mudanças climáticas e, essas podem estar relacionadas a eventos extremos 'El Niño, La Niña' que tem sido fonte de trabalhos e pesquisas para a comunidade científica (Vicent, et al., 2005).

Por ser multidisciplinar, o estudo dos elementos climáticos, tornam-se complexos envolvendo fenômenos físicos e químicos no campo da mecânica, termodinâmica, da ótica e do magnetismo (Cabral Junior, 2021); sendo o Sol o principal emissor da radiação eletromagnética para o planeta terra que determina o sistema climático a partir de suas interações entre os múltiplos elementos da natureza (Oliveira, et al., 2001).

Em territórios tropicais, a exemplo do Território Brasileiro, ocorrem contrastes climáticos na distribuição da precipitação inter e intra-regional (Lvares, et al., 2014). A Região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta frequência acumulada de precipitação inferior a 800mm/ano, isso em sua porção semiárida, contrastando a isso, na Costa Leste da SEB, chove de duas até cinco vezes mais (Kayano e Andreoli, 2009; Silva, et al., 2011). Quanto à temperatura do ar no NEB, apresenta menor variabilidade em comparação a precipitação. Ainda assim, a temperatura elevada do ar está diretamente relacionada às irregularidades de precipitação e, juntas, condicionam a semiaridez da Região Nordeste do Brasil (NEB), que historicamente

gera conflitos de ordem hídrica, fator que por si só germinam a importância de compreensão do fenômeno.

No estudo atmosférico, são as temperaturas do ar e a precipitação as variáveis mais significativas, a temperatura do ar é definida em termos relativos como a relação entre um corpo e a relação de calor que possui (Ayoade, 2007), e, relaciona-se diretamente com a precipitação, provocando-a a medida que a força gravitacional supera a força que mantém a umidade suspensa no ar forçando essa a atingir o solo em forma líquida ou sólida (Torres; Machado, 2011). Esse processo de precipitação está muito relacionado ao aquecimento das águas do Oceano Atlântico.

No Pacífico, eventos de El Niño é um processo geofísico que ocorre no Oceano Pacífico Tropical e é um exemplo admirável de interação oceano-atmosfera que interfere no clima global e regional (Molion, 2017). A ocorrência desse fenômeno oceânico-atmosférico se deve à elevação ou a diminuição da temperatura das águas superficiais do Pacífico equatorial em relação à média esperada (Medeiros e Almeida 2017), o fenômeno possui duas fases, a fase quente (El Niño) e a fase oposta fria chamada La Niña. Esses fenômenos afetam a circulação atmosférica, determinando principalmente anomalias no campo da precipitação pluviométrica em diversas regiões do Globo Terrestre, incluindo o NEB (Melo 1999).

O fenômeno ENOS pode ser analisado mediante cálculo de alguns índices, tais como: O Índice Oceânico Niño (Oceanic Niño Index – ONI) que é definido a partir da média móvel trimestral da anomalia da temperatura da superfície do mar (ATMS), em números, para região de Niño 3,4 por pelo menos cinco meses consecutivos com anomalia maior que 0,5 °C associa-se ao El Niño e quando inferior a 0,5 °C associa-se a La Niña também pode-se usar para essa caracterização o Índice de Oscilação Sul (Southern Oscillation Index – SOI), associado a representação na diferença na pressão média do ar ao nível do mar, medido no Taiti e Darwin, Austrália no qual pode se indicar a condição do acoplamento entre o Oceânico Pacífico e Atmosfera.

A Além de fenômenos oceânicos, os principais sistemas meteorológicos indutores de chuvas no norte do nordeste brasileiro são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN). A ZCIT é uma extensa faixa de nebulosidade formada pela convergência em baixos níveis dos ventos alísios de nordeste e sudeste. Esse sistema, produtor de chuvas, oscila sazonalmente entre os Hemisférios Norte e Sul da Terra em função da temperatura dos oceanos e das estações do ano seguindo o movimento aparente do sol (FRANCA, 2011), tem uma atuação na porção norte do nordeste mais frequente entre os meses de janeiro a maio, o pico da atuação no nordeste ocorre no mês de março em média. Outro fator observado que aumenta a precipitação na região é o aparecimento de uma banda dupla de nebulosidade na ZCIT (Coelho et al., 2004). O VCAN é um fenômeno que é capaz de causar tempo estável no centro e chuva na borda (Reis, 2018), o VCAN também se faz presente na maioria das vezes em que há registro de chuvas de granizo na região nordeste, tem uma atuação mais frequente entre novembro e fevereiro.

As chuvas são determinantes para acúmulo de águas e, conseqüentemente, gera desenvolvimento de uma região, a ausência de chuvas provoca secas e estas produzem efeitos catastróficos a sociedade se as políticas sociais não forem eficazes.

A eficiência das políticas públicas, estão diretamente relacionadas ao conhecimento dos fenômenos naturais, incluindo as chuvas, ou seja, o gerenciamento das políticas sociais forjadas no bojo da mitigação dos efeitos das secas necessitam de total conhecimento do fenômeno pelos tomadores de decisão.

Outro fator a ser considerado ao elaborar ações de mitigação aos efeitos das secas é a localização geográfica em que esteja inserida a área para a qual se destina, pois a depender disso os efeitos do fenômeno podem ser maiores ou menores, municípios de clima semiárido apresentam maiores desafios ao se proporem

ações que visem minimizar seus efeitos.

De modo que, a compreensão das secas depende diretamente da compreensão do ciclo das chuvas e dos fenômenos que as determinam, assim, estudar esses ciclos ao longo de uma série histórica, oferece mecanismos aos tomadores de decisão, oportunizando a esses maiores condições de sucesso em suas ações.

Desse modo, a proposta justifica-se pelas condições naturais em que se encontra a área de estudo e seus arredores, ou seja. Cajazeiras está inserida em uma região tida como polígono das secas, caracterizada por clima do tipo semiárido (BSh), e, sendo comum ocorrem concentrações de chuvas que caracteristicamente promovem secas, assim sendo, analisar a variabilidade do fenômeno torna-se essencial para a implantação de ações mitigadoras de seus efeitos, e, compreendendo esse fenômeno a partir de uma série histórica, as ações passam a ofertar maiores condições de eficácia.

A pesquisa parte do pressuposto que vem ocorrendo significativa variabilidade nos ciclos das chuvas na região estudada, apesar de não ocorrerem diminuições nos níveis pluviométricos, podem ocorrer variabilidade na concentração e distribuição das chuvas, isso por si só, justifica o interesse pela compreensão desses fenômenos para ofertar aos possíveis tomadores de decisões elementos que oportunizem melhora nas políticas públicas.

Pelo exposto, parte-se da seguinte indagação: ocorreu no período entre 1911 e 2022 aumento ou diminuição nos índices pluviométricos para o Município de Cajazeiras-PB? Se sim ou não, quais os efeitos para a sociedade de modo geral? Como amenizar esses efeitos a partir da utilização de políticas públicas?

Com essas indagações, o artigo visa analisar a variabilidade da precipitação dos últimos 112 anos em Cajazeiras e levantar uma reflexão sobre os resultados obtidos para a sociedade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e fonte de dados

O Município de Cajazeiras está localizado no extremo oeste paraibano, tem uma população estimada em 63 mil habitantes, segundo o IBGE 2022, configurando-se a sétima maior cidade paraibana em população e a terceira do sertão, está a 298 metros de altitude na região semiárida, região que também é conhecida como depressão sertaneja paraibana.

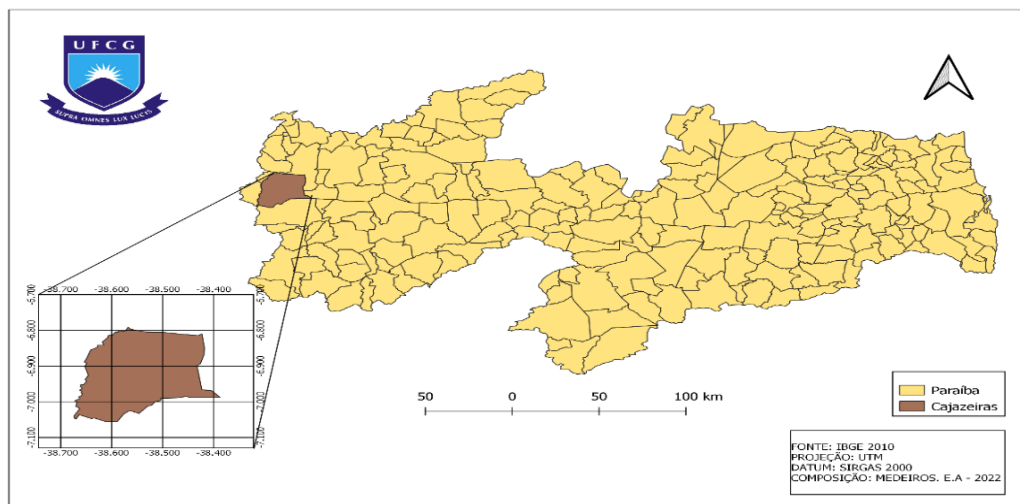


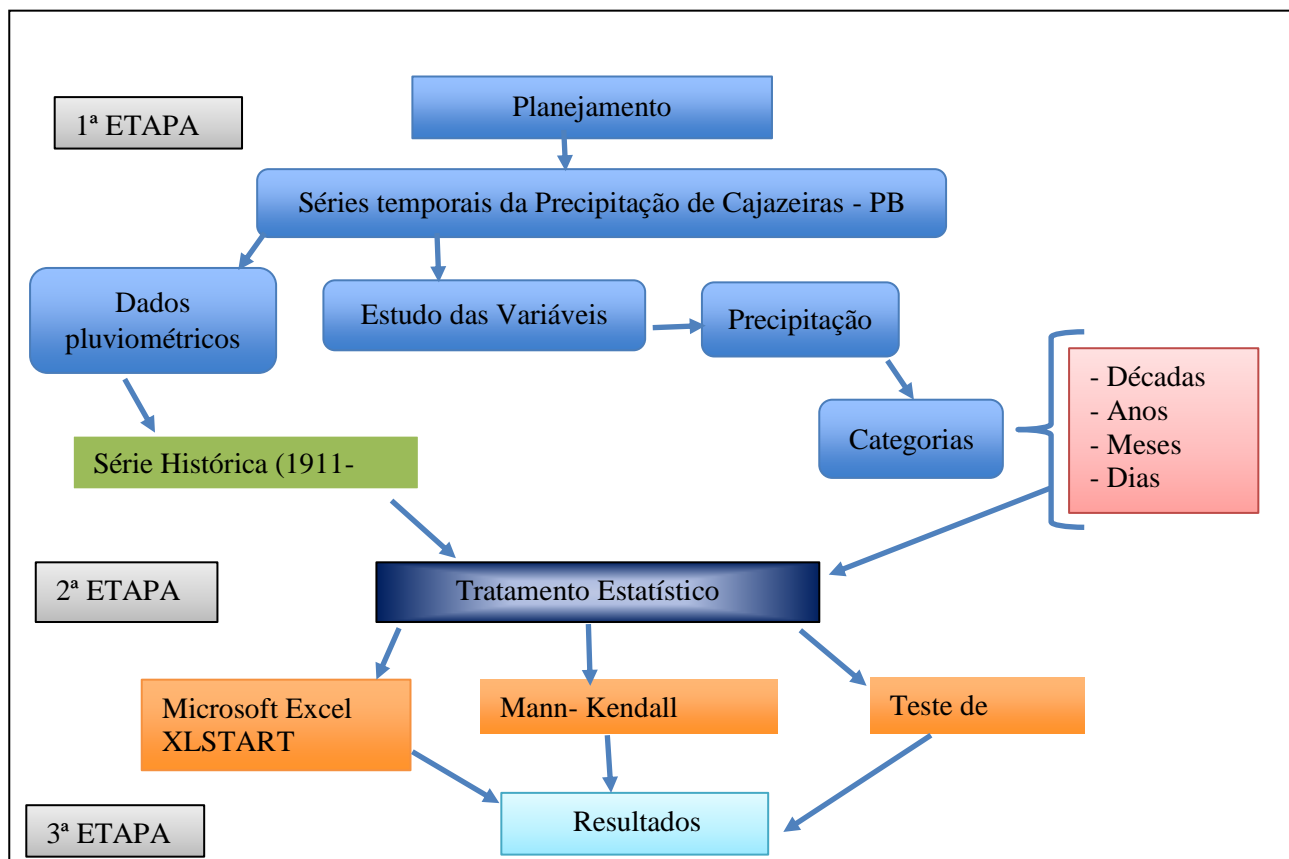
Figura 1. Localização geográfica do município de Cajazeiras.

Cajazeiras foi a cidade escolhida para esta pesquisa devido a sua localização estratégica próximo à divisa com o estado do Ceará e por ser uma das poucas cidades paraibanas com uma série histórica iniciando em outubro de 1910 contendo dados anuais, mensais e diários de precipitação ao longo dos anos.

Para realização desta pesquisa foram utilizados dados de precipitação mensais e anuais provenientes das redes de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA), Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e da Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AESA) para o período de janeiro de 1911 a agosto de 2022 em Cajazeiras na qual foram calculadas as médias e medianas mensais e anuais, médias do número de dias com chuvas e médias, medianas e desvio padrão médio por décadas, além da utilização de dados diários para classificar em décadas os eventos de chuvas em 24 horas ≥ 50 mm < 100 mm e ≥ 100 mm.

Para fins de análises secundárias também foram utilizados dados do município de Pombal que está localizado a nordeste de Cajazeiras a 80km em linha reta e também foram utilizados dados do município de Aguiar localizado a sudeste de Cajazeiras ou a 40 km em linha reta. Os dados de Pombal e Aguiar foram fornecidos pelas mesmas fontes já citadas.

A pesquisa foi realizada em três etapas, compreendendo do planejamento aos resultados, isto por se entender que metodologicamente evidencia-se melhor o processo de levantamento, tratamento e análise dos dados, uma vez que trata-se de uma série temporal compreendendo 1911 a 2022, e, dados os tratamentos estatísticos, a verificação se houve mudanças bruscas, o comportamento dos fenômenos entre outros aspectos, percebeu-se que metodologicamente torna-se mais claro os caminhos percorridos para chegar aos resultados, ver fluxograma abaixo na figura 2:



Para averiguar se houve uma quebra na média dos dados, foi adotado o teste de Mann-Kendall (MK), que é um teste não paramétrico que tem sido amplamente aplicado à detecção de tendências monotônicas em séries (ou seja, o teste não detecta se ocorre uma “mudança de direção” na tendência), sem especificar se tais tendências são lineares ou não lineares. (OLIVEIRA, et al., 2013). Em suma é contado o número de vezes em que os termos da série são maiores que o valor analisado em ordem sequencial, para esta pesquisa foi adotado ainda um nível de significância de 5% e intervalo de confiança de 95%, os resultados foram apresentados em forma de tabela. A estatística S é obtida a partir da forma: $s = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{ sinal}(x_i - x_j)$; em que:

$$\text{Sinal}(X_i - X_j) = \begin{cases} -1, & \text{para } (X_i - X_j) < 0 \\ 0, & \text{para } (X_i - X_j) = 0 \\ 1 & \text{para } (X_i - X_j) > 0 \end{cases}$$

S tende a normalidade para n grande, com n grande e com média e variância dada por: $E(s) = 0$ e $\frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5)]$, onde n é o tamanho da série temporal, de modo que o teste estatístico Z_{MK} é dado por:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(s)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

2.3 Teste de Pettitt

O teste de Pettitt é bastante utilizado para localizar se houve uma mudança brusca na série demonstrando o local mais aproximado onde a mudança aconteceu, quando o p-valor calculado é menor que o nível de significância $\alpha=0,05$

deve-se rejeitar a hipótese nula H_0 em favor da hipótese alternativa H_a , e quando o p-valor calculado é maior que o nível de significância $\alpha = 0,05$ não se rejeita a hipótese nula H_0 . O teste foi aplicado com intervalo de confiança de 99% e os resultados foram expressos em forma de figuras.

A estatísticas para a realização do teste de Pettitt é obtida a partir da formula:

$$U_{T,T} = U_{T-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{Sgn}(X_T - X_j)$$

Fez-se uso do software Excel para a aplicação dos teste de Mann-Kendall, Pettitt, cálculos das médias, medianas e desvio padrão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Climatologia

A climatologia da precipitação mostra que as chuvas se concentram no primeiro semestre do ano, a quadra mais chuvosa vai de Janeiro a Abril (figura 3) condizente com o período da atuação da ZCIT no semiárido brasileiro, especificamente no norte do nordeste brasileiro.

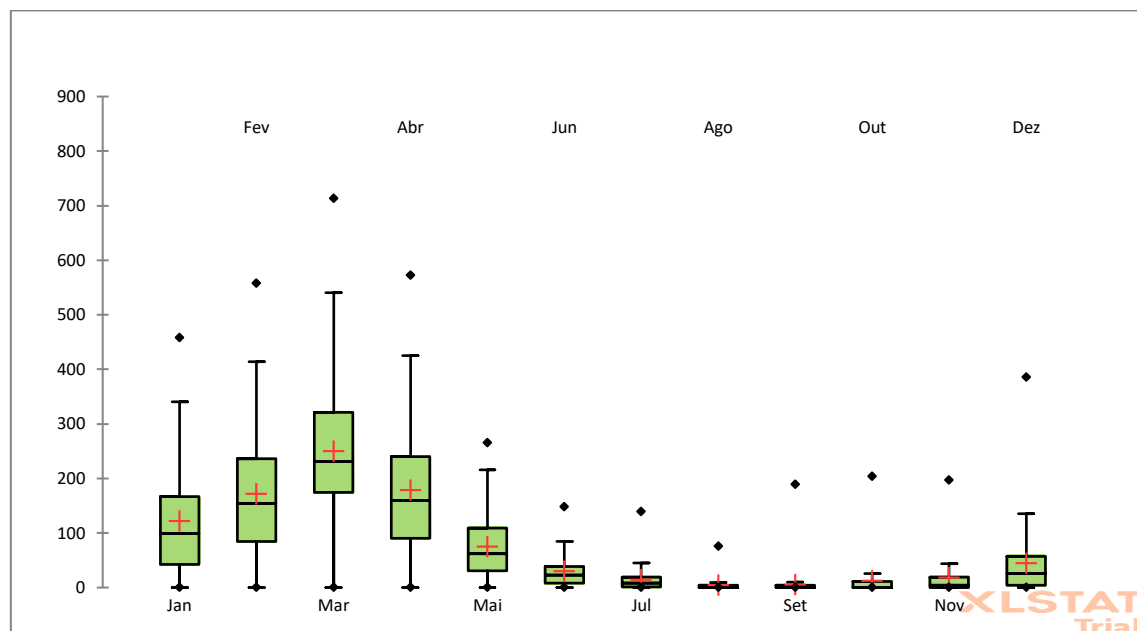


Figura 3. Médias, medianas e outliers mensais da precipitação em Cajazeiras para o período de janeiro 1911 a dezembro de 2021.

Março é o mês mais chuvoso com média de 249,3 mm, enquanto agosto é o mais seco com média de 4,7 mm, percebe-se também que a irregularidade é presente durante todos os meses da quadra chuvosa na qual por 7 vezes o mês de janeiro não teve registro de chuvas (1915,1919,1942,1949,1956 e 1958), entretanto por 3 vezes janeiro apresentou acumulados acima dos 400 mm (1985, 2004 e 2011). Fevereiro também apresentou-se por 2 vezes anos em que não choveu (1915 e 1957) e por 2 vezes apresentou acumulados acima dos 500 mm (2011 e 2020). Março, mesmo sendo o mês mais chuvoso também por 2 vezes não teve registro de chuvas (1923 e 1956) e por 4 vezes apresentou acumulados acima dos 500 mm (1934, 1940,1968 e 2008). Abril por 2 vezes não apresentou acumulado (1917 e 1956) e por 6 vezes apresentou valores acima dos 400 mm (1965, 1973, 1989, 1996, 2008 e 2009).

Embora seja comum os meses da estação seca não terem registros de chuvas, por 5 vezes o mês de novembro teve acumulados superiores a 100 mm (1921,1922, 1946, 1949 e 2020) e dezembro teve por duas vezes acumulados

superiores a 200 mm (1989 e 2018). A média da precipitação anual de Cajazeiras para toda série é de 929,7 mm, na figura 4 podemos observar o acumulado ano a ano ao longo de um pouco mais de um século.

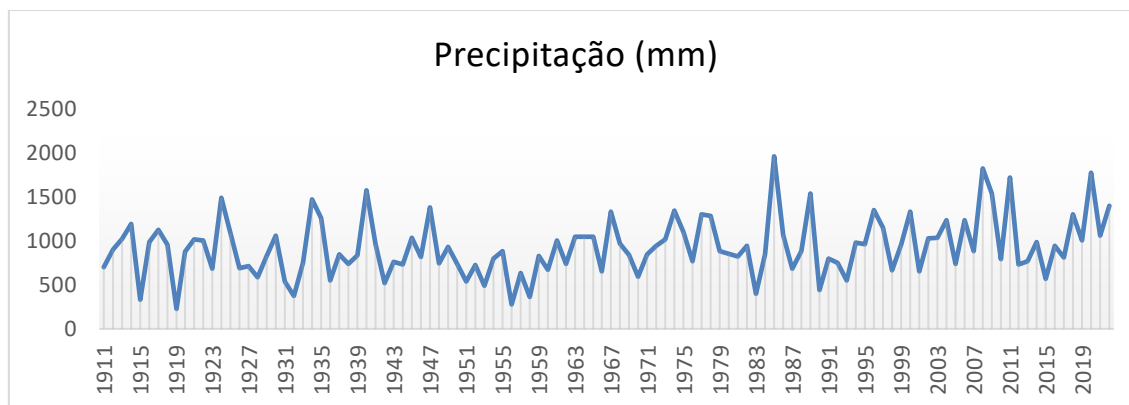


Figura 4. Precipitação anual de Cajazeiras para o período de janeiro de 1911 até agosto de 2022.

Observou-se que por 5 vezes os acumulados anuais ficaram mais de 50% abaixo da média anual (1915, 1919, 1932, 1983 e 1990), e por 9 vezes os acumulados superaram os 50% acima da média anual (1934, 1940, 1985, 1989, 2008, 2009, 2011, 2020 e 2022).

3.2 Aplicação do teste de Mann-Kendall

Aplicado o teste de Mann-Kendall na série com um nível de significância de 5% a hipótese nula foi rejeitada, ou seja, significa que há uma tendência significativa no comportamento da precipitação como detalhado na tabela 1.

Tabela 1. Resultados detalhado do teste de Mann-Kendall.

Teste de Mann-Kendall	
Tau de Kendall	0,145
S	887
Var(S)	153981,667
p-valor (bilateral)	0,024
alfa	0,05

3.3 Aplicação do teste de Pettitt

Ao analisar os dados pelo teste de Pettitt com um intervalo de confiança de 99% assim como no teste de Mann-Kendall foi observado uma quebra na média calculada para o período conforme apresenta a figura 5.

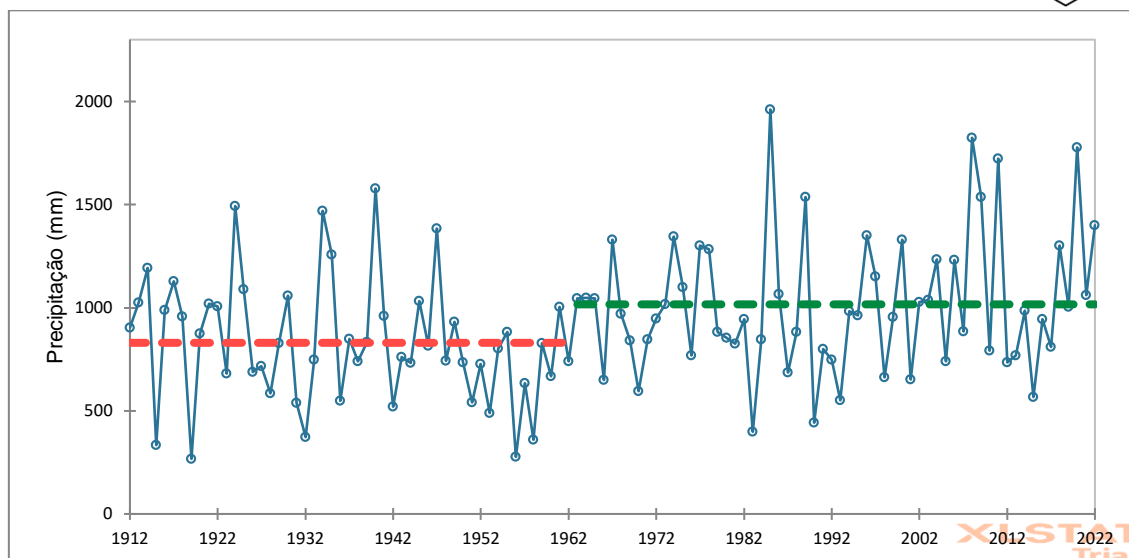


Figura 5. Teste de Pettitt aplicado a série temporal da precipitação para o período de janeiro de 1911 a agosto de 2022 em Cajazeiras.

Observa-se na figura 6 que, a partir de 1963, houve uma quebra na média, a linha vermelha apresentou uma média anual de 829,9 mm, enquanto a linha verde possui uma média de 1016,3 mm, isso significa um aumento de 22% nos acumulados das precipitações. Para identificar em quais meses do ano o aumento foi significativo, foi realizado o teste de Pettitt de forma individual para todos os meses, mas apenas 4 meses do ano registraram uma quebra na média (figuras 6,7,8 e 9). Janeiro apresentou uma quebra de média no mês a partir de 1969, saltando de 89,7 para 161,3 mm, ou seja, houve um aumento expressivo de 84% (figura 6). Na estação chuvosa, apenas janeiro apresentou uma quebra na média. Na pós-estação chuvosa, 3 meses apresentaram aumentos positivos (junho, julho e agosto), como observados nas figuras 7, 8 e 9.

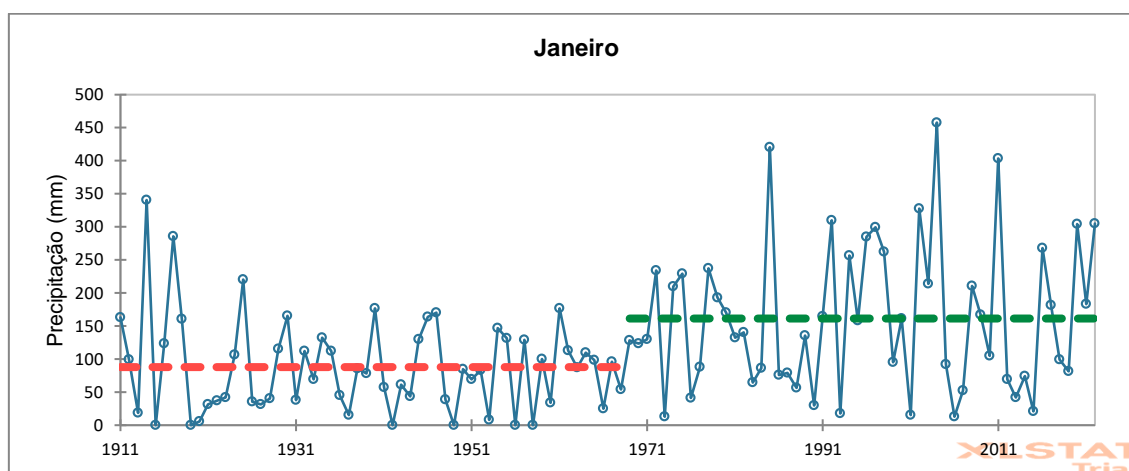


Figura 6. Teste de Pettitt aplicado à série temporal da precipitação para os meses de janeiro dos anos de 1911 a 2022 em Cajazeiras.

A quebra do mês de junho se deu a partir de 1963 quando a média saltou de 22,9 para 37,6 mm, significando um aumento de 64%, junho de 2022 foi o mais chuvoso da série histórica com acumulado total mensal de 165,9 mm, ou seja, 439% acima da média total da série e 341% acima em relação à média partir da quebra de Pettitt em 1963.

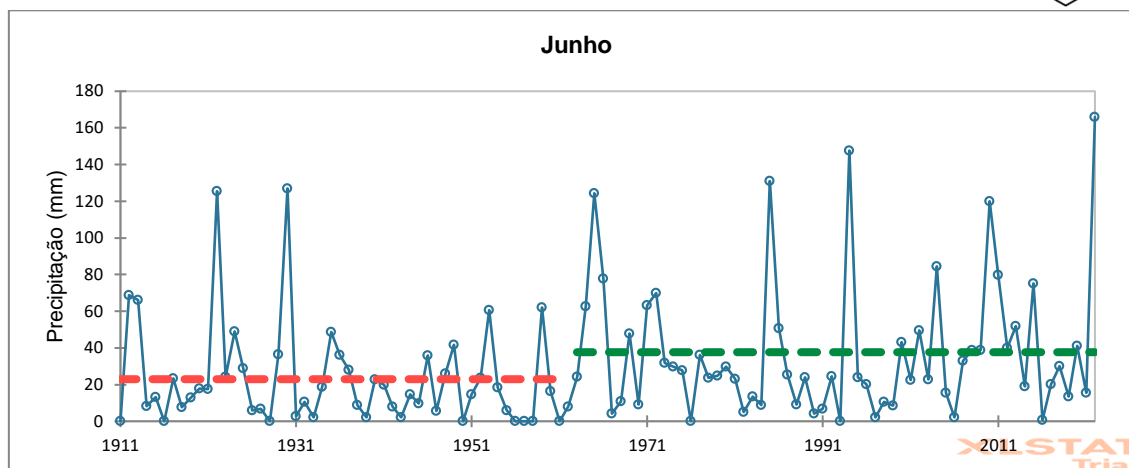


Figura 7. Teste de Pettitt aplicado à série temporal da precipitação para os meses de junho dos anos de 1911 a 2022 em Cajazeiras.

A quebra no mês de julho se deu a partir de 1964 quando a média saltou de 8,6 para 19,7 mm, representando um aumento de 129% visto que a média é baixa, julho de 1975 foi o mais chuvoso da série com 139,5 mm, ou seja 862% acima da média para todo o período da série e 608% acima em relação à média partir da quebra de Pettitt em 1964.

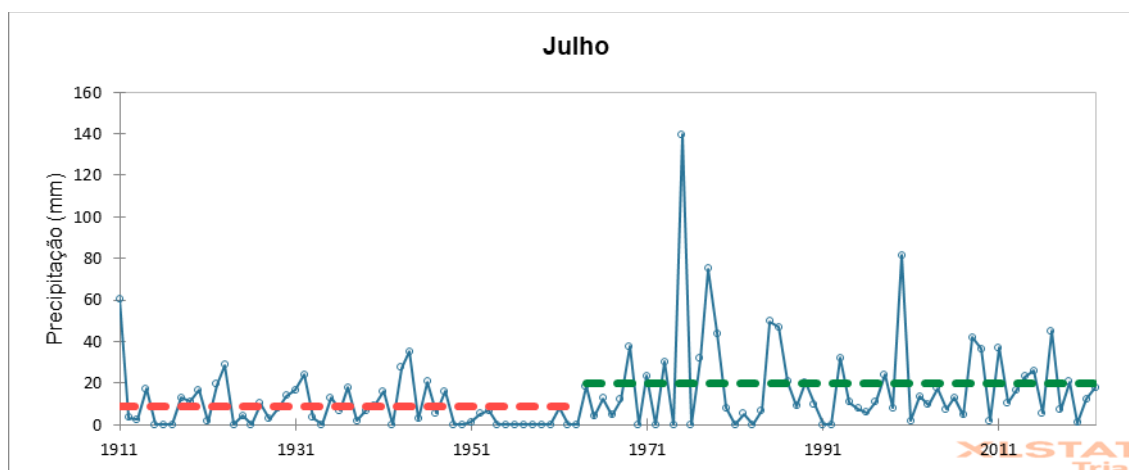


Figura 8. Teste de Pettitt aplicado à série temporal da precipitação para os meses de julho dos anos de 1911 a 2022 em Cajazeiras.

Agosto apresentou quebra de média a partir de 1983 quando a média saltou de 3,9 para 5,9 mm, representando um aumento de 51% visto que a média é a mais baixa do ano, agosto de 1914 foi o mais chuvoso da série com 75,7 mm, ou seja 1511% acima da média para todo o período da série e 1183% acima em relação à média partir da quebra de Pettitt em 1983.

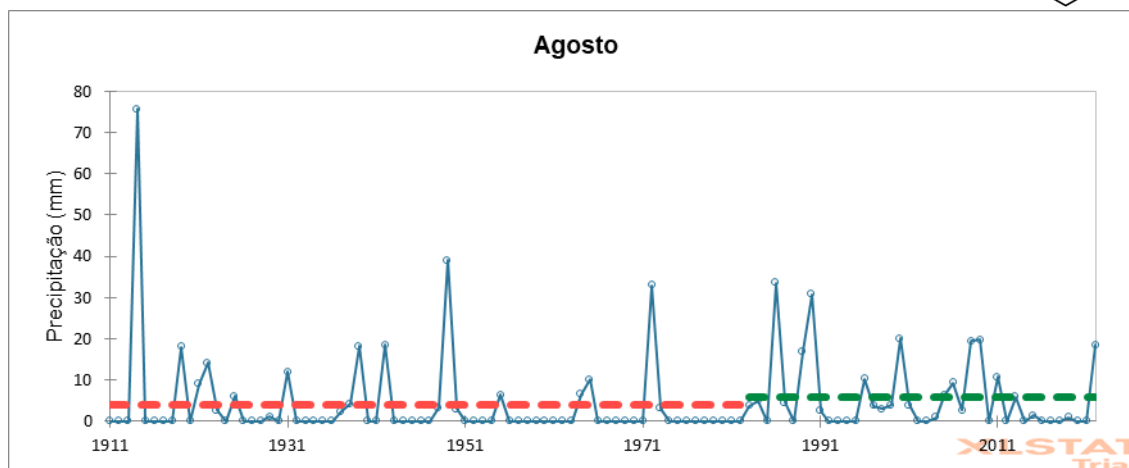


Figura 9. Teste de Pettitt aplicado à série temporal da precipitação para os meses de agosto dos anos de 1911 a 2022 em Cajazeiras.

De setembro a dezembro os p-valores foram maiores que o nível de significância, desta forma foi aceita a hipótese nula como mostram os resultados detalhados dos p-valores para cada mês do ano na figura 10.

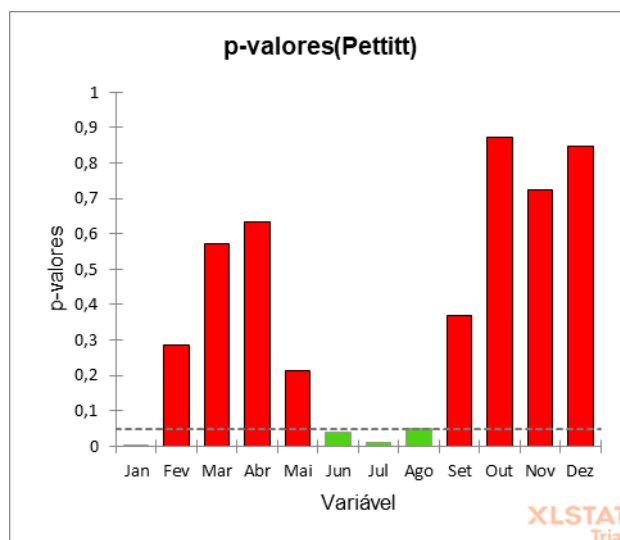


Figura 10. P-valores mensais do teste de Pettitt aplicado a série temporal da precipitação em Cajazeiras de janeiro de 1911 a agosto de 2022.

Ao aplicar o teste de Pettitt apenas aos dados da AESA, verifica-se que há uma estacionaridade entre 1994 a 2022 (Figura 12), porém a média para esse período é 1087 mm, ou seja, 70,7 mm a mais que a média da quebra de Pettitt para toda a série. Nos dados da AESA, o ano mais chuvoso foi registrado em 2008 com 1824 mm o que coincidiu com a atuação do fenômeno La Niña de moderada intensidade entre 2007 e 2008, enquanto o ano mais seco foi registrado em 2015 com 565,7 mm o que coincidiu com a atuação do fenômeno El Niño de forte intensidade entre o final de 2014 a maio de 2016 segundo os dados da *Climate Prediction Center*.

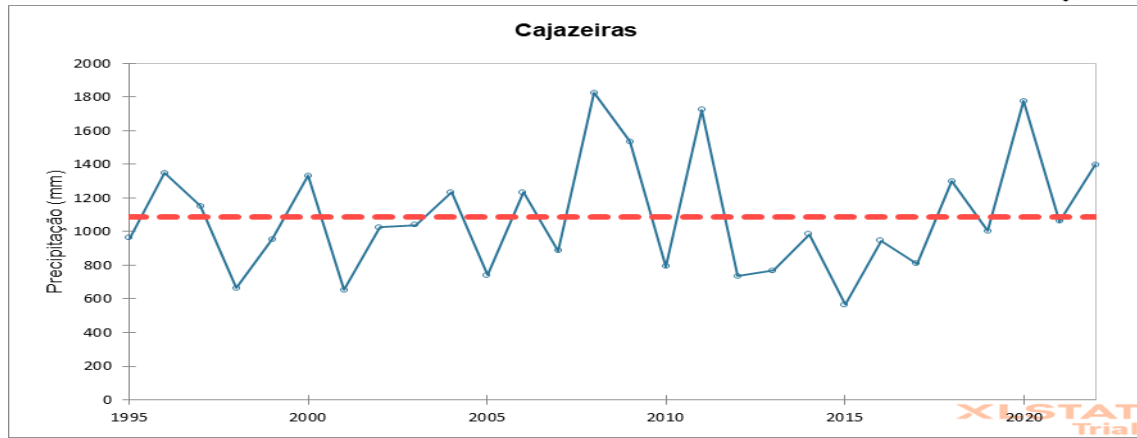


Figura 11. Teste de Pettitt aplicado a série temporal apenas com os dados da AESA para o período de janeiro de 1994 a agosto de 2022 em Cajazeiras.

3.4 Aplicação do Teste de Pettitt em outras cidades

Diferentemente dos resultados do teste de Pettitt para Cajazeiras, ao aplicar o teste em Pombal e Aguiar foi verificado que não houve quebra da média, significando um predomínio de uma estacionaridade ou homogeneidade (Figura 12 e 13) sugerindo que esse aumento ocorreu em um raio inferior de 40km de Cajazeiras.

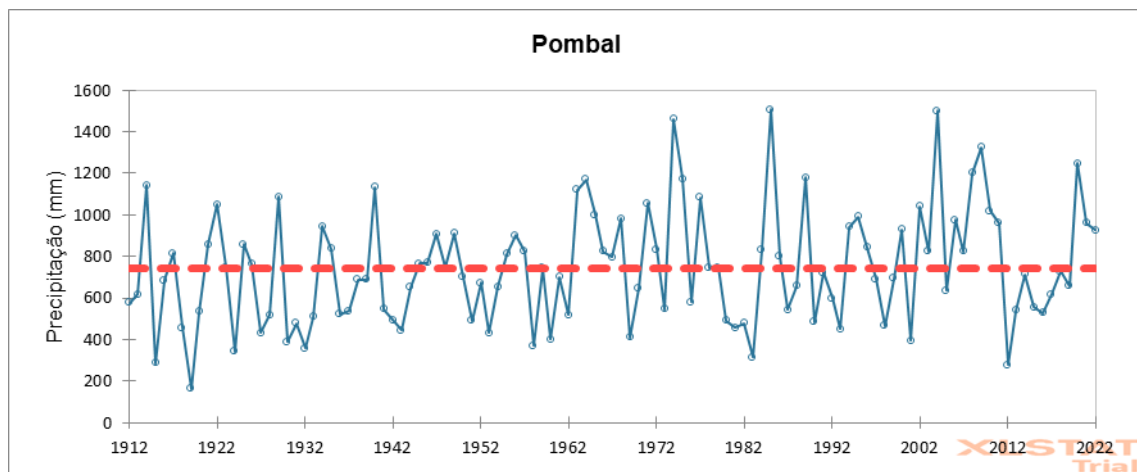


Figura 12. Teste de Pettitt aplicado a série temporal da precipitação para o período de janeiro de 1911 a agosto de 2022 em Pombal.

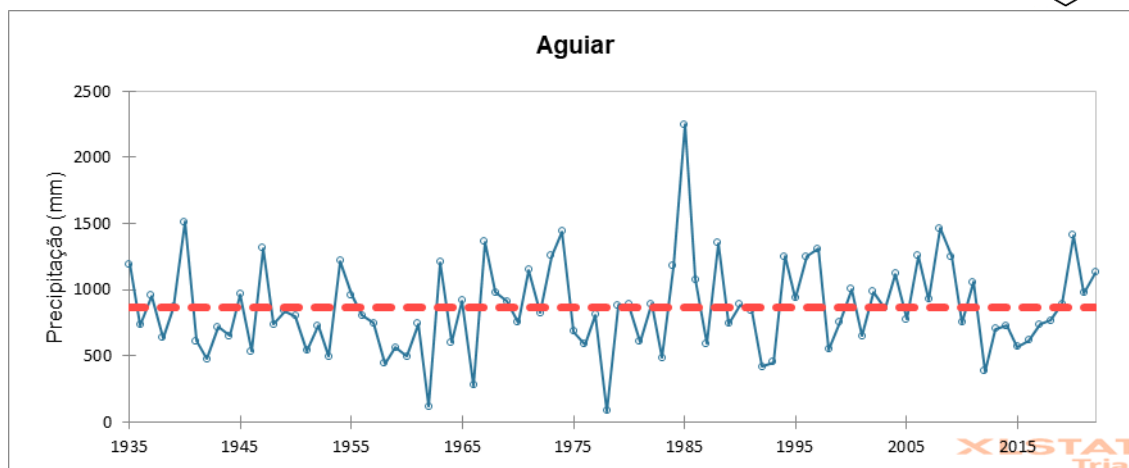


Figura 13. Teste de Pettitt aplicado a série temporal da precipitação para o período de janeiro de 1934 a agosto de 2022 em Aguiar.

3.6 Análises em décadas

Quando analisamos os resultados por décadas em Cajazeiras é notório na figura 14 que a década de 1950 foi a mais seca, com uma média de apenas 620,7 mm anuais enquanto a década 2000 apresentou-se como a mais chuvosa com média de 1096,1 mm, uma diferença de 475,4 mm em média entre a década mais seca e a mais chuvosa.

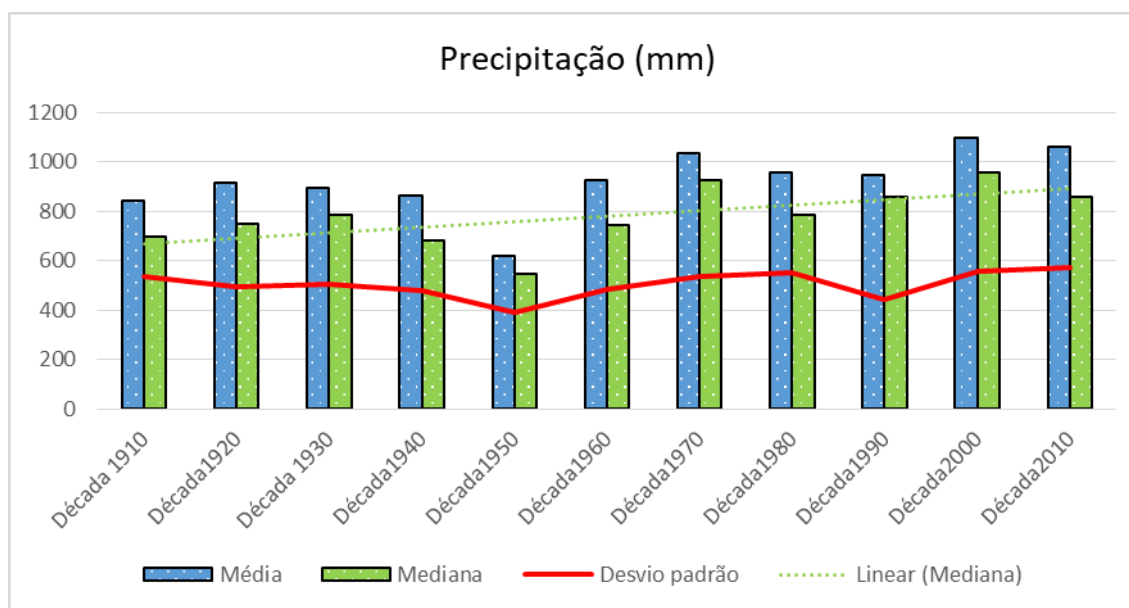


Figura 14. Médias, medianas e desvio padrão médio por décadas da precipitação em Cajazeiras durante o período de janeiro de 1911 a dezembro de 2020.

A mediana também apresentou seu maior valor na década de 2000 e mostrou uma tendência linear positiva ao longo do século. O desvio padrão médio apresentou pouca variação ao longo das décadas, apresentando uma disparidade maior em relação à média na década de 1950, com uma variação de 62,8% ou 390,1 mm para mais ou para menos. Embora a década 2000 tenha sido a mais chuvosa, o ano mais chuvoso ocorreu na década de 1980 e foi semelhante à tendência positiva apresentada no teste de Pettitt, até mesmo os anos mais secos seguem com uma tendência linear timidamente positiva (figura 15).

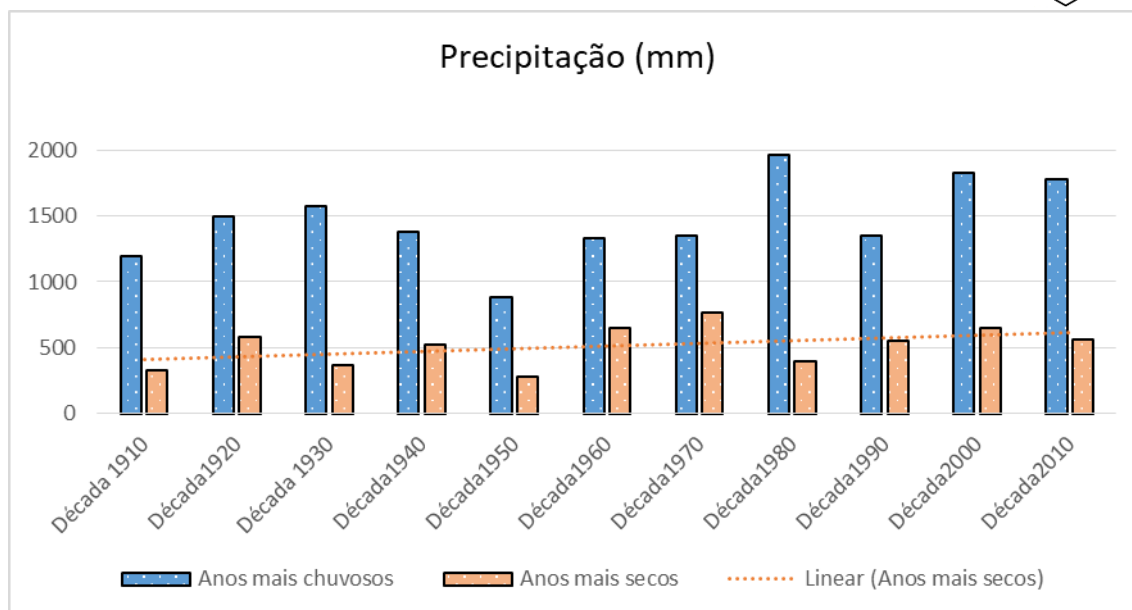


Figura 15. Anos mais chuvosos e mais secos de cada década e tendência linear para anos mais secos em Cajazeiras durante o período de janeiro de 1911 a dezembro de 2020.

3.7 Análises diárias

Na análise diária, o teste de Pettitt foi aplicado para o número de dias com chuvas em Cajazeiras, o resultado apresentou uma quebra da média partir de 1984 (figura 16) saltando de 52 para 74 dias, significando um aumento acompanhando os resultados do aumento médio da precipitação em 22% expressos na figura 6. O recorde de mais dias com chuva ocorreu em 2009, quando foram registrados 120 dias.

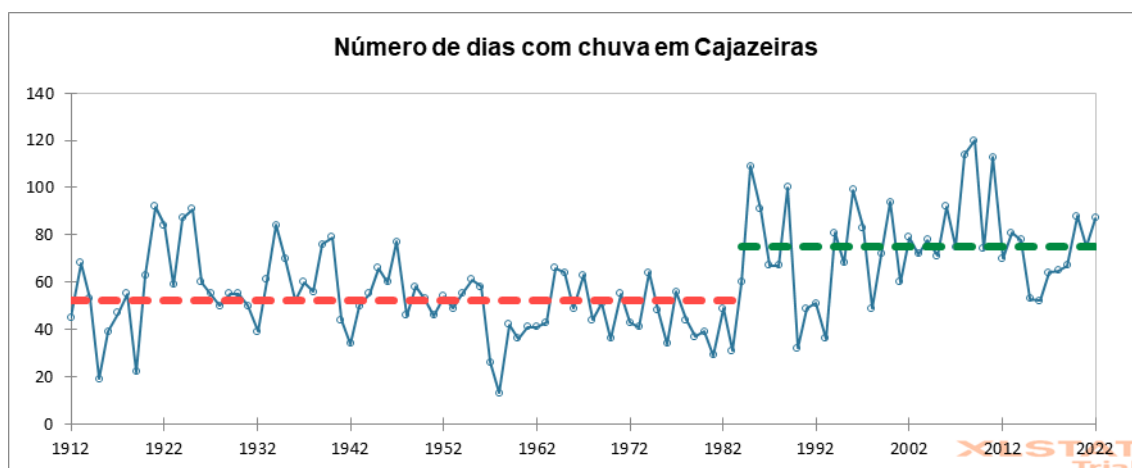


Figura 16. Teste de Pettitt aplicado a série temporal do número de dias com precipitação para o período de janeiro de 1911 a agosto de 2022 em Cajazeiras.

Ao analisar os eventos diários de chuvas mais expressivos em 24 horas por décadas na figura 17, verifica-se que os eventos ≥ 50 mm < 100 mm segue uma tendência positiva, assemelhando-se às tendências de aumento nas precipitações expressos nas figuras 14 e 15. A década de 1950 teve as menores ocorrências enquanto a década 2000 as maiores.

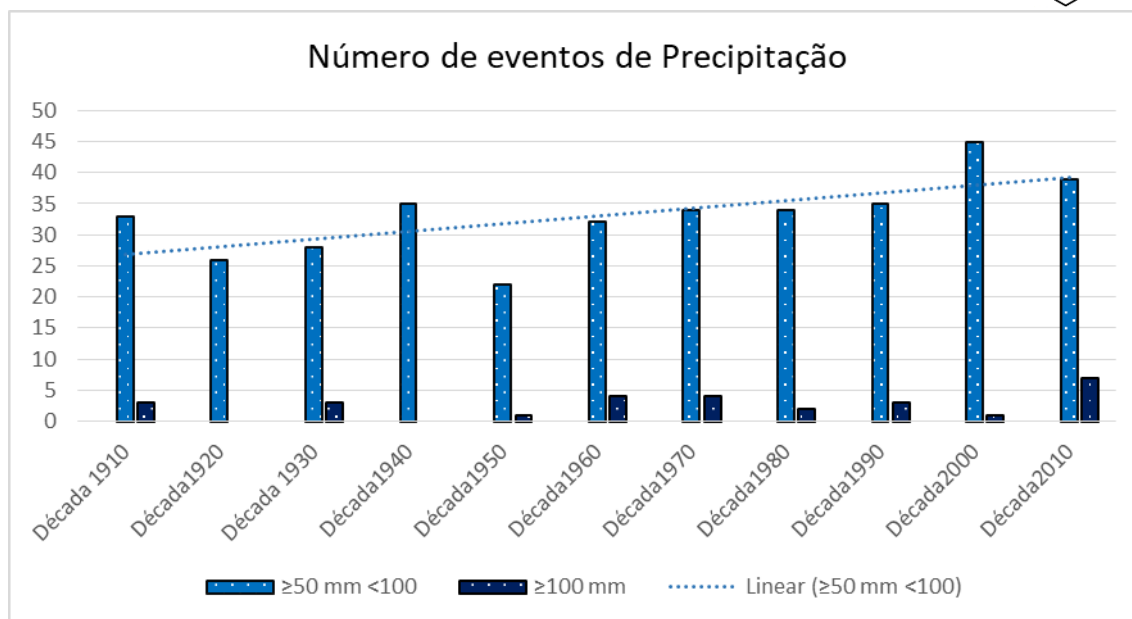


Figura 17. Número de eventos de chuvas em 24 horas ≥ 50 mm < 100 mm e ≥ 100 mm por décadas e tendência linear para eventos ≥ 50 mm < 100 mm em Cajazeiras durante o período de janeiro de 1911 a dezembro de 2020.

3.8 Reflexões práticas sobre os resultados

Os resultados mostram a importância de se estudar a climatologia das chuvas com um banco de dados superior a 30 e 60 anos, esses resultados desmistificam um pensamento empírico equivocado de que as chuvas estão em processo de redução no sertão paraibano, a longa série também aumenta o nível de fidelidade no entendimento do comportamento da precipitação e em especial na microrregião de Cajazeiras.

Os resultados também demonstram que os órgãos de gestão e gerenciamento de águas ou recursos hídricos em âmbito municipal e estadual precisam compreenderem as variações positivas e negativas que ocorrem em cada década para que a sociedade não seja surpreendida, em períodos em que o sertão atravessar uma década chuvosa o poder público não pode se acomodar e esperar uma década mais seca chegar para planejar medidas de segurança hídrica.

O aumento observado na precipitação pode não ser perceptível aos olhos da população porque a demanda hídrica vem aumentando com o crescimento populacional e as atividades que dependem de uma grande quantidade de água, desta forma, esse aumento não justifica um relaxamento em medidas preventivas.

As zonas urbanas precisam estar preparadas para receberem chuvas superiores a 50 e 100 mm em 24 horas, pois são comuns chuvas dessas intensidades acontecerem 3 vezes ou mais por ano, até mesmo em anos abaixo da média. Chuvas nessas intensidades costumam provocar cheias repentinas prejudicando os ribeirinhos e as populações mais vulneráveis, é recomendável que as cidades sertanejas se desenvolvam com uma boa rede de infraestrutura e drenagens de águas pluviais que deem suporte a esses altos volumes.

É essencial que os agricultores de Cajazeiras tenham acesso ao conhecimento que a variação pluvial de a variabilidade da precipitação é comum, e que seja em anos abaixo ou acima da média pluvial todos os meses da estação chuvosas estão sujeitos a veranicos e eventos extremos, nesta compreensão o agricultor sertanejo pode fazer seu planejamento anual de uma forma mais segura sem precisar abandonar sua terra com o empirismo equivocado de chuvas mais escassas.

O aumento das precipitações em média e no número de dias com chuvas não podem ser considerados uma mudança climática, para isto seria necessário a análise de outras variáveis meteorológicas com uma longa série de dados.

4 CONCLUSÕES

Podemos concluir que a precipitação média da série é de 929,7 mm, a estação chuvosa inicia em janeiro e segue até abril, sendo março o mês mais chuvoso. Os teste de Mann-Kendall e Pettitt mostram uma quebra na média da série, Pettitt indica que a mudança ocorreu a partir de 1963, o aumento foi de 22% saltando de 829,9 para 1016,3 mm, ao analisar mês a mês, janeiro, junho, julho e agosto foram os que apresentarem quebra na média com aumentos de precipitações. Quando aplicado o teste de Pettitt apenas aos dados da AESA não houve uma mudança detectada.

Ao aplicar o teste de Pettitt na cidade de Pombal e Aguiar, foi observado que não houve aumento ou diminuição em ambas as cidades, sugerindo que o aumento tido de 22% em Cajazeiras se reduz a um raio menor que 40km.

A variabilidade continua presente ao longo do século nas precipitações em Cajazeiras, com anos próximos dos 2000 mm e outros abaixo de 500 mm. A década mais seca em Cajazeiras foi em 1950 e a mais chuvosa ocorreu em 2000. A mediana da série também apresenta alta ao longo do século, enquanto o desvio padrão médio se manteve estável.

Quando analisados os dados diários, foi observado um aumento do número de dias com ocorrência de chuvas em Cajazeiras que, ao aplicar o teste de Pettitt verificou-se que o aumento se deu a partir de 1984, saindo de 52 para 74 dias. A intensidade das chuvas em 24 horas acima de 50 mm apresentou um aumento de 26 para 35 eventos em média por década, sendo registrado um pico de 45 eventos na década 2000, enquanto os eventos acima de 100 mm mantiveram-se estáveis com um pequeno aumento na década de 2010 com 6 eventos.

Analisar a climatologia da precipitação com uma série longa de dados é muito importante para representar um cenário fidedigno de uma localidade e para um melhor planejamento do setor público, privado,

zona urbana ou rural e população em geral. É importante que o sertanejo tenha essa compreensão para mitigar, lidar e se adaptar melhor com as variabilidades anuais e entre décadas das chuvas, visto que a água é um bem tão precioso para todos.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. **Koppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v.22, p.711-728, 2014.

ALMEIDA, H. A.; MEDEIROS, E. A. **Variabilidade no regime pluvial em duas mesorregiões da Paraíba e sua relação com o fenômeno El Niño Oscilação Sul**. Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 2, n. 3, p. 177-185, 2017.

AYADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 12 ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2007.

BRAGANZA, K.; KAROLY, D. J.; HIST, A. C.; MANN, M. E.; STOT, D. L.; MULERO, P. J. **A Landatmospheric, interation of global climate variability and change**. Part. I – Variability and correlation structure, climate Dynamics, v.20, n.5, p.491-502, 2003.

CABRAL, J. B.; LUCENA, R. L. **Análise estatística da precipitação e temperatura do ar em ambientes semiáridos**. Entrelugar, v.13, n.24, 2021.

COELHO, M. S.; GAN, M. A.; CONFORTE, J. C. **Estudo da variabilidade da posição e da nebulosidade associada à ZCIT do atlântico, durante a estação chuvosa de 1998 e 1999 no Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 19, n. 1, p. 23-34, 2004.

FRANCA, R. R. **Climatologia das chuvas em Rondônia-período 1981-2011**. Revista Geografias, p. 44-58, 2015.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. **Clima da Região Nordeste do Brasil**. In: CAVALCANTI, et. al. (org.) tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficinas de textos, 2009.

MEDEIROS, E. A.; ALMEIDA, H. A. **Variabilidade no regime pluvial na zona da mata e agreste paraibano na estiagem de 2012-2016**. Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Campina Grande, 2017.

MELO, J. C. **O fenômeno El Niño e as secas no**

Nordeste do Brasil. Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas, n. 20, p. 13-21, 1999.

MOLION, L. C. B. **Gênese do El Niño.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 21, 2017.

OLIVEIRA, L. L. de; VIANELLO, R. L; FERREIRA, N. J. **Meteorologia Fundamental.** Erechim: EdiFAPES, 2001.

OLIVEIRA, S, J. P; LUCENA, D. B. **Identificação de tendência da precipitação na Microrregião do cariri paraibano.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, n. 5, p. 1400-1416, 2013.

REIS, J. S. **Características dinâmicas e termodinâmicas dos vórtices ciclônicos de altos níveis no Nordeste do Brasil.** 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

SILVA, V. P. R; PEREIRA, E. R. R; AZEVEDO, P. V; SOUSA, F. de A; SOUSA, I. F. **Análise da pluviometria e dias chuvosos na Região Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.2, p. 131-138, 2011.

TEIXEIRA, D. S.; REZENDE, A. A.; LANNES, L. S. **Response of vegetation to sheep dung addition in a degraded Cerrado area.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 23, n. 1, p. 47-52, 2019.

TORRES, F. T; MACHADO, P. J. O. **Introdução a climatologia.** São Paulo. Cengage Learning, 2011.

VICENT, L. A; PETERSON, T. C; BARROS, V. R; MARINO, M. B; RUSTICUCCI, M.; CARRASCO, G.; RAMIREZ, E.; ALVES, L. M; AMBRIZZI, T; BERLATO, M. A; GRIMM, A. M. MARENGO, J. A; MOLION, L.; MONCUNIL, D. F.; REBELLO, E.; ANUNCIACÃO, Y. M. T.; QUINTANA J; SOARES, J. L.; BAEL, J; CORONEL, G; GARCIA, J; TREBEJO, I; BIDEGAIN, M.; HAYLOCK, M. R; KAROLY, D. **Observed trends in indices of daily temperature extremes in South American 1960-2000.** Journal of climate, 18: 5011-5023; 2005.

YE, X; LI, X; XU, C. & ZHANG, Q. **Similarity, difference and correlation of meteorological and hydrological drought indices in a humid climate region – the Poyang Lake Catchment China.** Hydrol Res 47(6): 1211-1223.