Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ

HIERA, Mitchel Druz – mitcheldruz@gmail.com
Universidade Federal do Ceará / UFC

LIMA JÚNIOR, Antonio Ferreira – juniorgeoufc@gmail.com
Universidade Federal do Ceará / UFC

ZANELLA, Maria Elisa – elisazc@terra.com.br
Universidade Federal do Ceará / UFC

RESUMO: O presente estudo tem por objetivo analisar a tendência da precipitação nas regiões pluviometricamente homogêneas do Estado do Ceará. O Ceará possui oito regiões com pluviosidade homogênea, abrangendo uma área desde o litoral até o sertão nordestino. Nas regiões territorialmente maiores (Jaguaribana, Cariri, Ibiapaba e Sertão Central), foram escolhidos dois municípios e nas regiões menores (Maciço de Baturité, Litoral de Fortaleza, Litoral do Pecém e Litoral Norte), apenas um. Os dados utilizados foram obtidos junto à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e organizados em escala de acumulados anuais e acumulados da quadra chuvosa, período compreendido entre os meses de fevereiro a maio. Primeiramente foram elaborados gráficos onde foram aplicados a linha de tendência; a seguir, utilizando-se o software Past 3.0, realizou-se o Teste de Mann-Kendall para identificação de tendências. As análises dos resultados mostraram que, apesar de haver tendência de diminuição em sete das regiões pluviometricamente homogêneas (a exceção foi o Litoral de Fortaleza), em apenas dois casos o Teste de Mann-Kendall mostrou tendências negativas estatisticamente significativas. Outro resultado importante aferido, foi que a precipitação na quadra chuvosa está diminuindo com mais significância comparado com as precipitações anuais

Palavras-chave: Regiões Pluviometricamente Homogêneas; chuvas; Teste de Mann-Kendall

TREND OF PRECIPITATION IN THE STATE OF CEARA

ABSTRACT: The present study has the objective of analyzing the precipitation trend in pluviometrically homogeneous regions of the Ceará State. Ceará has eight regions with homogeneous rainfall, covering an area from the coast to the northeastern semiarid. In the territorially larger regions (Jaguaribana, Cariri, Ibiapaba e Sertão Central), two municipalities were chosen and in the smaller regions (Maciço de Baturité, Litoral de Fortaleza, Litoral do Pecém e Litoral Norte), only one. The data used were obtained from the Cearense Foundation of Meteorology and Water Resources (FUNCEME) and organized into a scale of accumulated annual and accumulated rainy season, between February and May. First, graphs were elaborated where the trend line was applied; then, using the Past 3.0 software, the Mann-Kendall Test was used to identify trends. The analysis of the results showed that, although there was a tendency to decrease in seven of the pluviometrically homogeneous regions (except for the Fortaleza coast), in only two cases did the Mann-Kendall test show statistically significant trends. Another important result was that precipitation in the rainy season is decreasing with more significance compared to the annual rainfall.

Keywords: Pluviometrically homogeneous regions; rainfall; Mann-Kendall Test

TENDÊNCIA DE LA PRECIPITACIÓN EM EL ESTADO DEL CEARÁ

RESUMEN: El presente estudio tiene por objetivo analizar la tendencia de la precipitación en las regiones pluviométricamente homogéneas del Estado de Ceará. Ceará posee ocho regiones con pluviosidad homogénea, abarcando un área desde el litoral hasta el sertão

nordestino. En las regiones territorialmente mayores (Jaguaribana, Cariri, Ibiapaba y Sertão Central), fueron escogidos dos municipios y en las regiones menores (Maciço de Baturité, Litoral de Fortaleza, Litoral do Pecém y Litoral Norte), apenas uno. Los datos utilizados fueron obtenidos en la Fundación Cearense de Meteorología y Recursos Hídricos (FUNCEME) y organizados a escala de acumulados anuales y acumulados de la cuadra lluviosa, período comprendido entre los meses de febrero a mayo. Primero fueron elaborados gráficos donde fueron aplicados la línea de tendencia; a continuación, utilizando el software Past 3.0, se realizó la prueba de Mann-Kendall para identificación de tendencias. Los análisis de los resultados mostraron que, a pesar de haber tendencia de disminución en siete de las regiones pluviométricamente homogéneas (la excepción fue el Litoral de Fortaleza), en apenas dos casos el Test de Mann-Kendall mostró tendencias negativas estadísticamente significativas. Otro resultado importante observado, fue que la precipitación en la cuadra lluviosa está.

Keywords: Regiones Pluviométricamente Homegéneas; lluvia; Prueba de Mann-Kendall

INTRODUÇÃO

O clima do Planeta Terra está mudando. As inúmeras pesquisas da comunidade científica (nacional e internacional) têm demostrado isso. Além das preocupações com o aumento da temperatura média do planeta, as consequências desse aquecimento – variações na circulação atmosférica, excessos ou carências de chuvas, aumento da frequência e intensidade de tempestades, por exemplo – também são objetos de pesquisas e estudos no meio acadêmico e científico. Os cenários do IPCC apontam, para o semiárido nordestino, redução de chuvas e aumento das temperaturas médias. A escassez da água sempre foi um problema para a região, podendo se tornar ainda mais grave caso venha a ocorrer diminuição das chuvas no futuro.

A base de dados utilizada foi obtida junto à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e para a análise da tendência foi utilizada o Teste de Mann-Kendall, desenvolvido pelo U.S. Geological Survey e amplamente adotado no Brasil (SANCHES, 2013).

O teste de Mann-Kendall foi realizado tanto para os totais acumulados anualmente quanto para os acumulados na quadra chuvosa, intervalo compreendido entre os meses de fevereiro a maio, quando o Estado do Ceará está sob influência do sistema atmosférico Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), responsável pelas alturas máximas de precipitação neste período (FERREIRA & MELLO, 2005; ZANELLA, 2005).

O clima do Nordeste do Brasil é influenciado por dois anticiclones subtropicais localizados no Oceano Atlântico, um no hemisfério norte (ASAN) e outro no hemisfério sul (ASAS). Entre esses dois anticiclones forma-se o cavado equatorial. As variações sazonais de posicionamento e intensidade acabam por controlar o clima na região (KAYANO & ANDREOLI, 2009).

No eixo do cavado equatorial encontra-se a Zona de Convergência Intertropical que, associada à Zona de Confluência dos Alísios e a convergência de massas de ar de baixa pressão, favorecem o transporte de umidade e o aumento da convecção sobre o Norte do Nordeste Brasileiro.

As precipitações pluviométricas decorrentes da ZCIT podem sofrer alterações em função de sua posição e intensidade, que por sua vez estão relacionadas às alterações no posicionamento e na intensidade do ASAS e do ASAN.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

O volume de chuvas no Estado do Ceará, e, consequentemente no Nordeste do Brasil, também é alterado quando da ocorrência do ENOS (El Niño Oscilação Sul), fenômeno de macro escala que se origina na região equatorial-oriental do Oceano Pacífico e afeta o clima de todo o planeta (FERREIRA & MELLO, 2005).

O El Niño, fase positiva do fenômeno ENOS, é originado pelo enfraquecimento dos ventos alísios, que promove o aumento da temperatura das águas do centro-leste do Pacífico. Quando isso ocorre, toda a convecção equatorial também se desloca para leste, mudando o posicionamento da Célula de Walker. O ar quente sobre aquela região é empurrado originando uma célula descendente sobre o Oceano Atlântico, próximo ao Nordeste do Brasil e Amazônia oriental. Dependendo da intensidade e período de sua ocorrência pode inibir a formação de nuvens e interferir na descida (mais ao Sul) da ZCIT, diminuindo as chuvas no norte do nordeste brasileiro. (FERREIRA & MELLO, 2005) .

Já em sua fase fria, chamada de La Niña, as águas superficiais do Oceano Pacífico equatorial se resfriam devido ao aumento da pressão no setor leste, o que intensifica a circulação dos ventos alísios. Contudo a Célula de Walker não tem o seu posicionamento alterado e o norte do nordeste brasileiro tem chuvas dentro da média ou acima da média.

O presente artigo tem por objetivo relatar os resultados de uma pesquisa que analisou a tendência na precipitação do Estado do Ceará a partir de uma série histórica de 43 anos compreendida entre 1974 e 2016.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos junto ao sítio oficial da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e organizados de acordo com as regiões pluviometricamente homogêneas (XAVIER & XAVIER, 1999), que foram definidas a partir das chuvas da quadra chuvosa por meio da técnica de quantis. A escolha dos postos pluviométricos se deu de acordo com a disponibilidade de dados completos, compreendidos entre 1974 e 2016. Os postos escolhidos e sua localização geográfica estão representados na Figura 1.

Os gráficos de precipitação anual e da quadra chuvosa foram elaborados no software de planilha eletrônica Microsoft Excel.

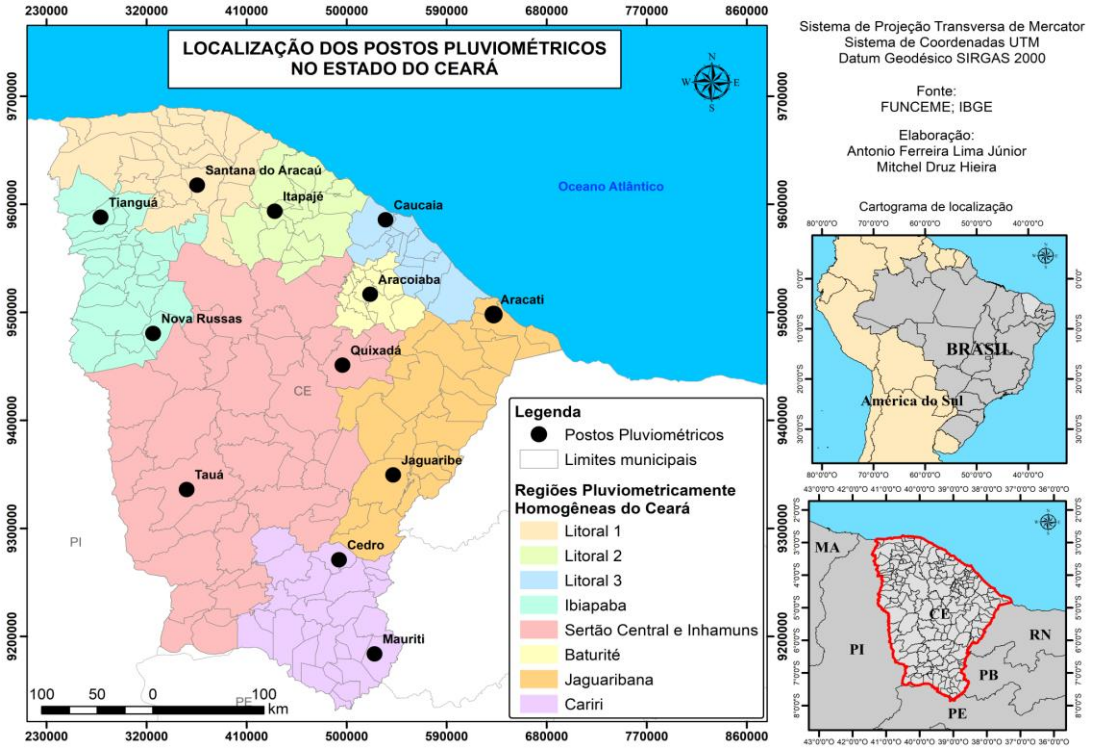

Figura 1 - Mapa de Localização dos Postos Pluviométricos Adotados. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Org. por: Autores (2017).

Para o teste de Mann-Kendall foi utilizado o software Past 3.0. O teste de Mann-Kendall consiste em um teste estatístico não-paramétrico para identificação de tendências, sendo que o mesmo é recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) para estudo de tendências climáticas em séries temporais longas (MARENGO & ALVES, 2005; FOLHES & FISCH, 2006; OBREGÓN & MARENGO, 2007; BLAIN, 2010).

Após realizada a análise estatística de Mann-Kendall, toma-se a decisão de aceitar ou rejeitar a hipótese de que não há tendência na série analisada (Ho) ou rejeitá-la a favor de uma hipótese alternativa. O teste de Mann-Kendall indica se a tendência é crescente ($Z>0$) ou decrescente ($Z<0$) (SANCHES, 2013). Ao se considerar o nível de significância de 95% ($\alpha = 0,05$), a hipótese Ho (de que não há tendência nem positiva nem negativa na série) deverá ser rejeitada sempre que o valor de Mann-Kendall encontrado estiver entre $-1,96 < Z < +1,96$ (MARENGO & ALVES, 2005).

Foram elaborados mapas de médias decadais do período analisado, tanto para a escala anual, quanto para a quadra chuvosa. Os mapas com as interpolações dos valores de precipitação, no modo krigagem simples, foram elaborados no software ArcGis 10.3.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise das precipitações pluviais no Estado do Ceará e a análise da tendência mostraram uma diminuição em todas as regiões pluviometricamente homogêneas, à exceção da região do Litoral de Fortaleza.

Apesar de a análise de Mann-Kendall ter apontado apenas dois casos onde o resultado se mostrou fora do intervalo de tendência estatisticamente insignificante, é possível aferir alguns resultados importantes a partir dessas análises.

Os resultados a seguir foram agrupados de acordo com a região pluviometricamente homogênea, para os totais anuais e da quadra chuvosa.

REGIÃO DO CARIRI

A Região do Cariri é a localizada mais ao sul no Estado do Ceará. A altitude mais elevada da Chapada do Araripe condiciona maior umidade, efeito de chuvas orográficas. Essas chuvas, além de tornar as temperaturas mais amenas e propicia a sensação de clima agradável na região. Na Chapada do Araripe existe também vários outros municípios com altitudes mais baixas, localizados na depressão que a circunda. A média histórica da pluviosidade da quadra chuvosa é de 636,8mm, considerando o período de 1950-2009 (FUNCEME, 2017).

Na região pluviometricamente homogênea do Cariri, tanto os dados do Município de Mauriti, quanto do Município de Cedro, apresentaram tendência de diminuição da precipitação anual durante o período analisado, porém, dentro do intervalo considerado estatisticamente insignificante pelo Teste de Mann-Kendall (Figuras 2 e 3).

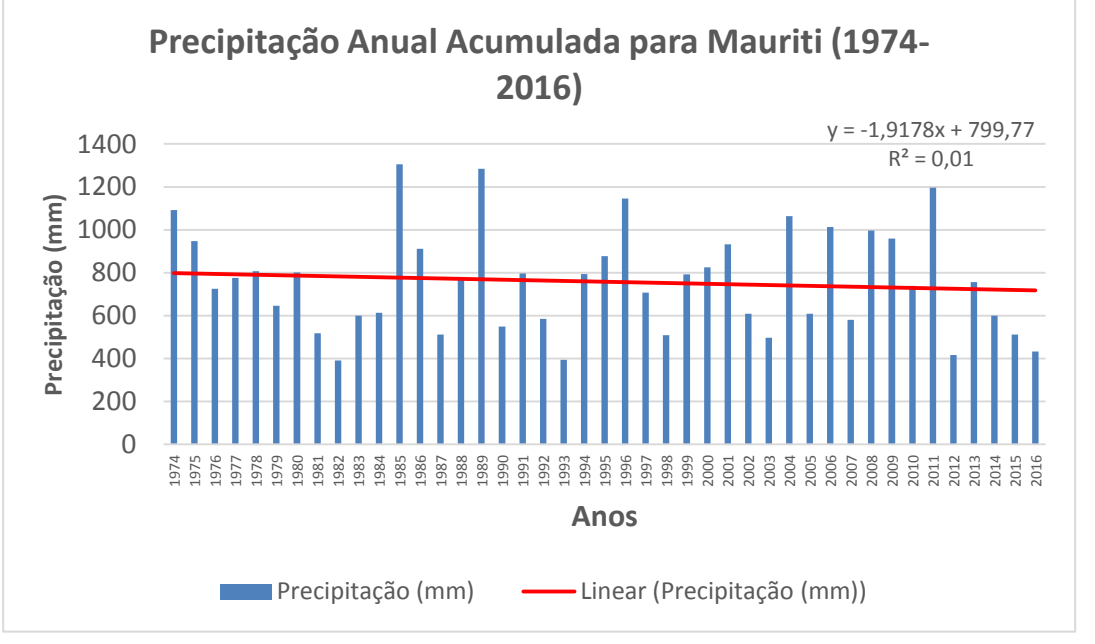

Figura 2 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Mauriti. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017).Org. por: Autores (2017)

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Mauriti apresentou Z = -0,85e Cedro Z = -0,57 Com base no valor de Z obtido pelo Teste de Mann-Kendall, é possível observar uma tendência em queda mais acentuada em Mauriti.

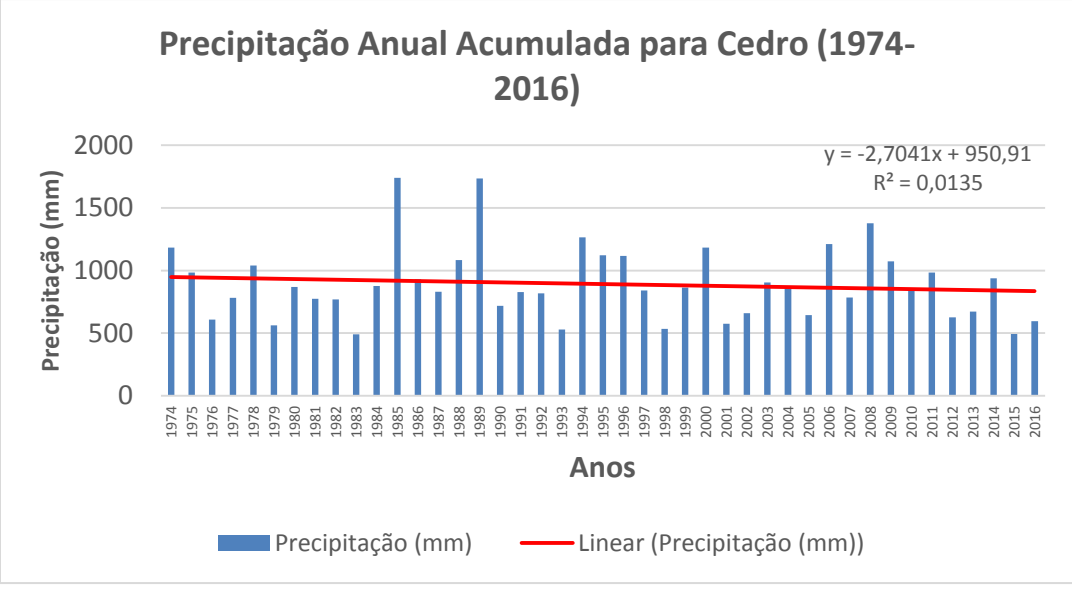

Figura 3 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Cedro. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

As Figuras 4 e 5 apresentam as tendências de precipitação durante a quadra chuvosa em Mauriti e Cedro.

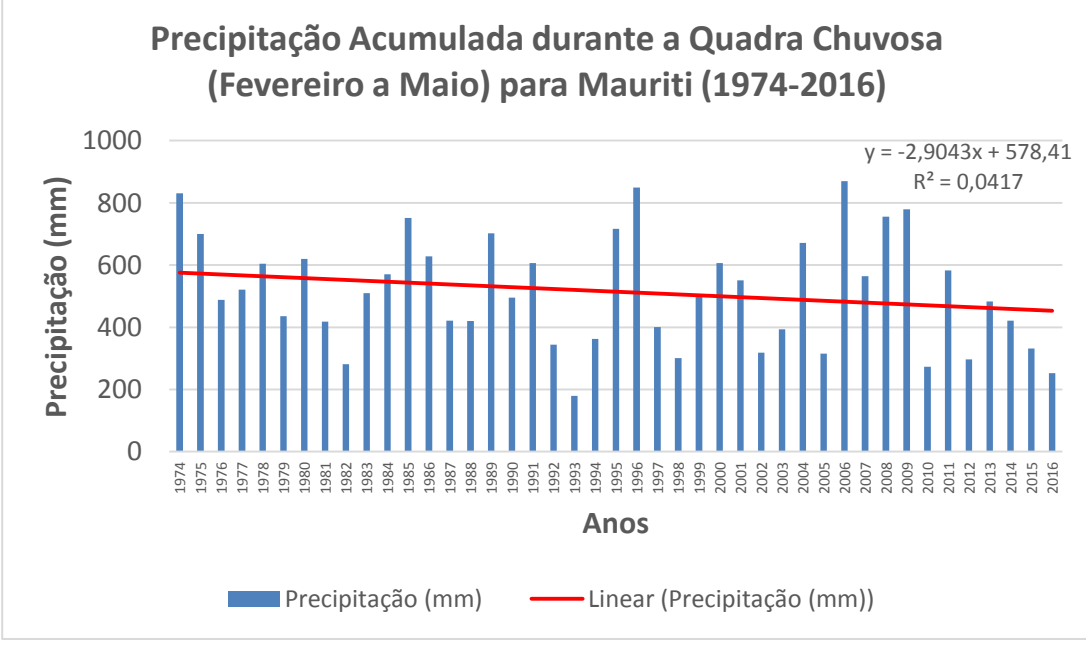

Figura 4 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Mauriti. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

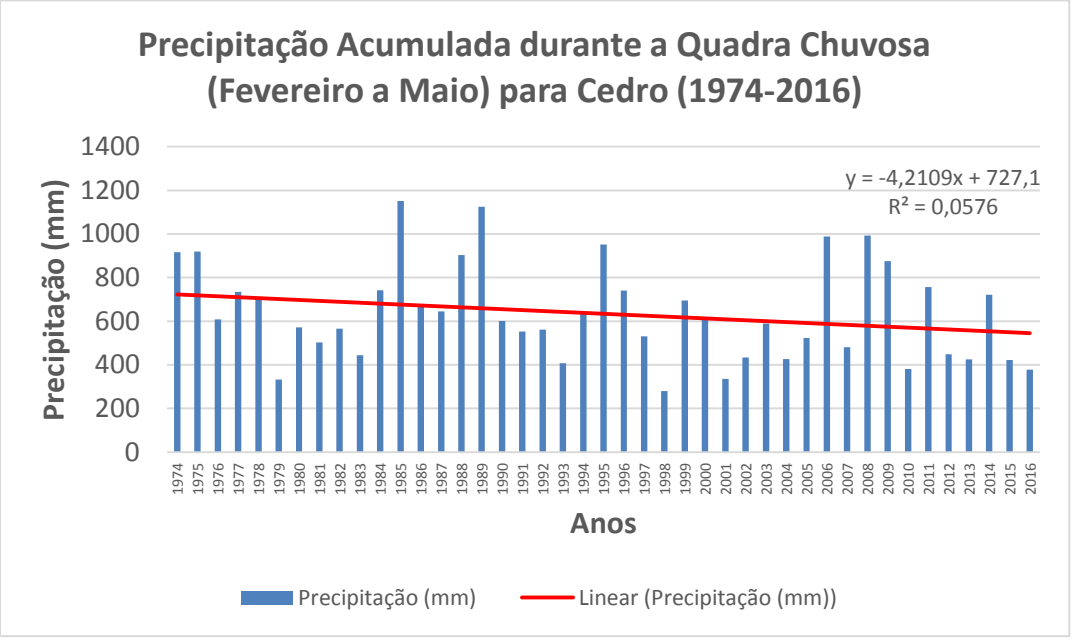

Figura 5 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Cedro. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

Quando se observa as alturas de precipitação acumuladas nos meses da quadra chuvosa (fevereiro a maio), percebe-se uma tendência de diminuição mais acentuada do que os totais anuais.

Durante os meses da quadra chuvosa, o Município de Mauriti apresentou um valor de Z = -1,51, próximo do valor considerado estatisticamente significante. Já em Cedro, o valor obtido de Z foi de -1,98, indicando valor significante para redução das chuvas. Tal resultado, contudo, não expressa necessariamente uma redução das chuvas para todo o Cariri. Estudos mais detalhados e considerando um número maior de postos poderiam evidenciar com maior certeza tal tendência para toda a região.

REGIÃO DO SERTÃO CENTRAL E INHAMUNS

A região pluviometricamente homogênea do Sertão Central e Inhamuns localiza-se no sudoeste e centro do Estado do Ceará. Representado por municípios inseridos na Depressão Sertaneja, está sob forte influência de condições climáticas semiáridas. As baixas precipitações, com distribuição desigual implicam em forte concentração de chuvas durante curto período do ano e uma estação seca prolongada. A média histórica da quadra chuvosa (fevereiro a maio) é de 519,3 mm (média do período de 1950-2009). (FUNCEME, 2017).

Nesta região, os municípios analisados foram os de Quixadá e Tauá. Os dois municípios apresentaram tendência de diminuição da precipitação em seus acumulados anuais durante o período analisado (Figuras 6 e 7), porém, dentro do intervalo considerado estatisticamente insignificante pelo Teste de Mann-Kendall.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

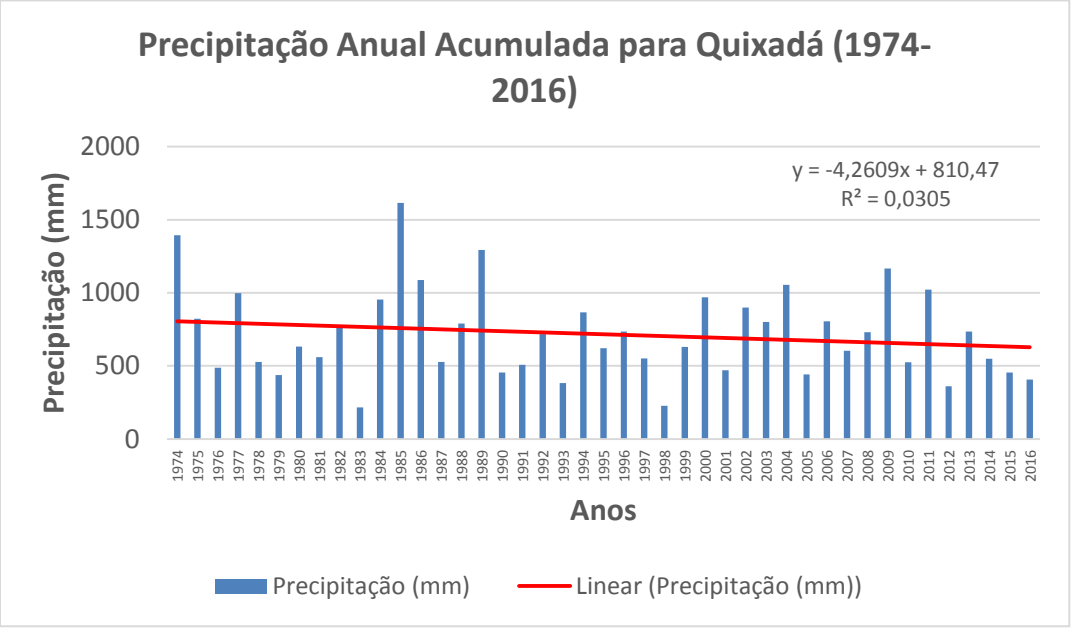

Figura 6 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Quixada. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

Quixadá foi o Município que apresentou o valor de Z mais elevado, -0,95, enquanto que em Tauá, esse valor foi de -0,50.

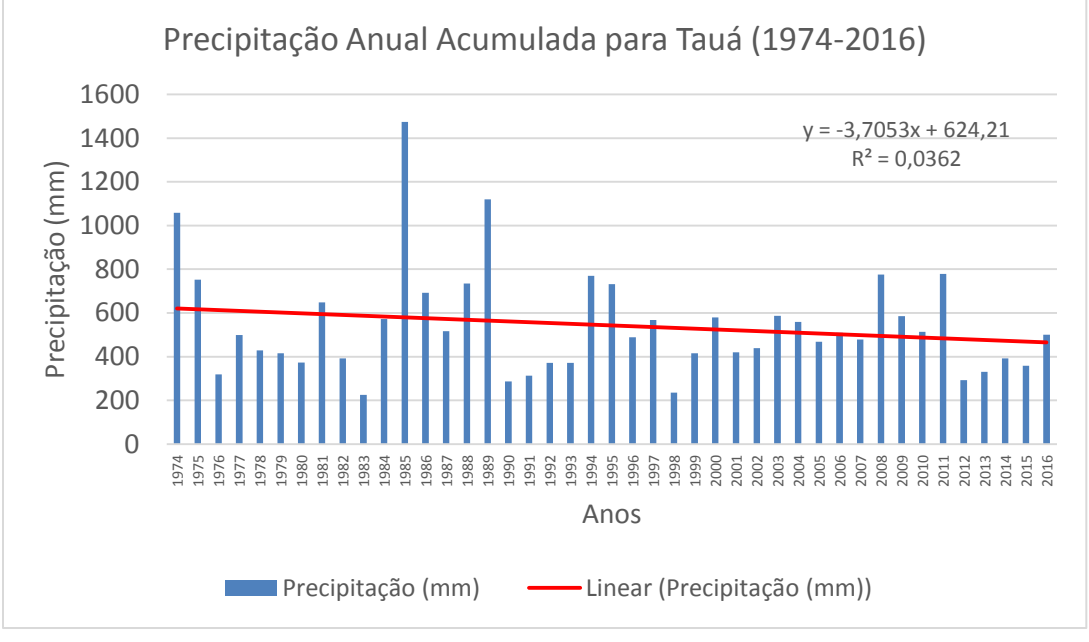

Figura 7 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Tauá. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

A análise da precipitação acumulada durante os meses da quadra chuvosa demonstrou uma tendência de queda mais acentuada (Figuras 8 e 9), com os valores de Z permanecendo também dentro do intervalo considerado estatisticamente insignificante.

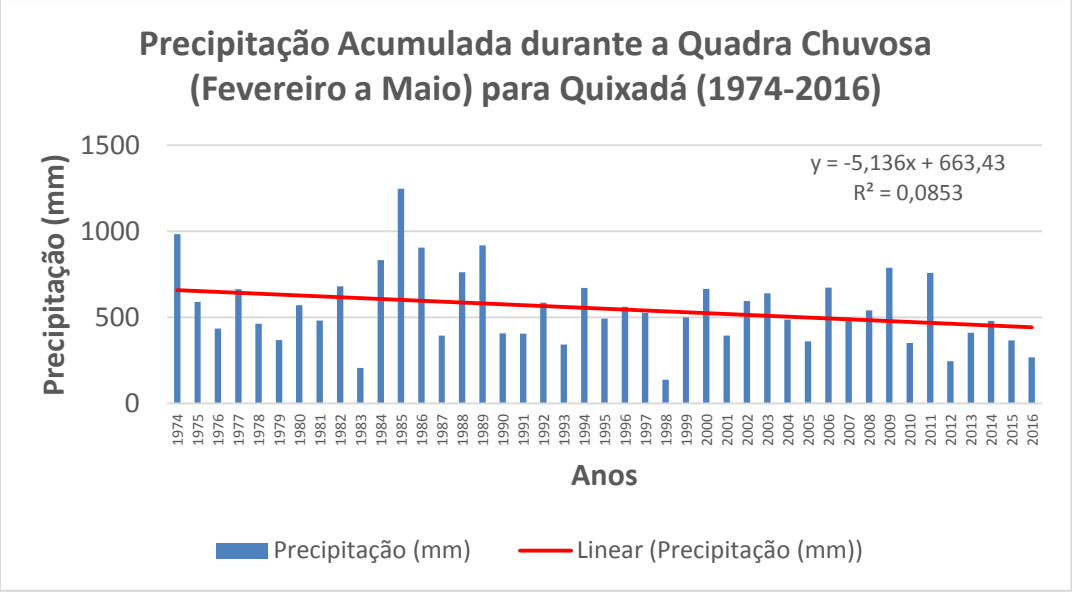

Figura 8 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Quixadá. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017).Org. por: Autores (2017)

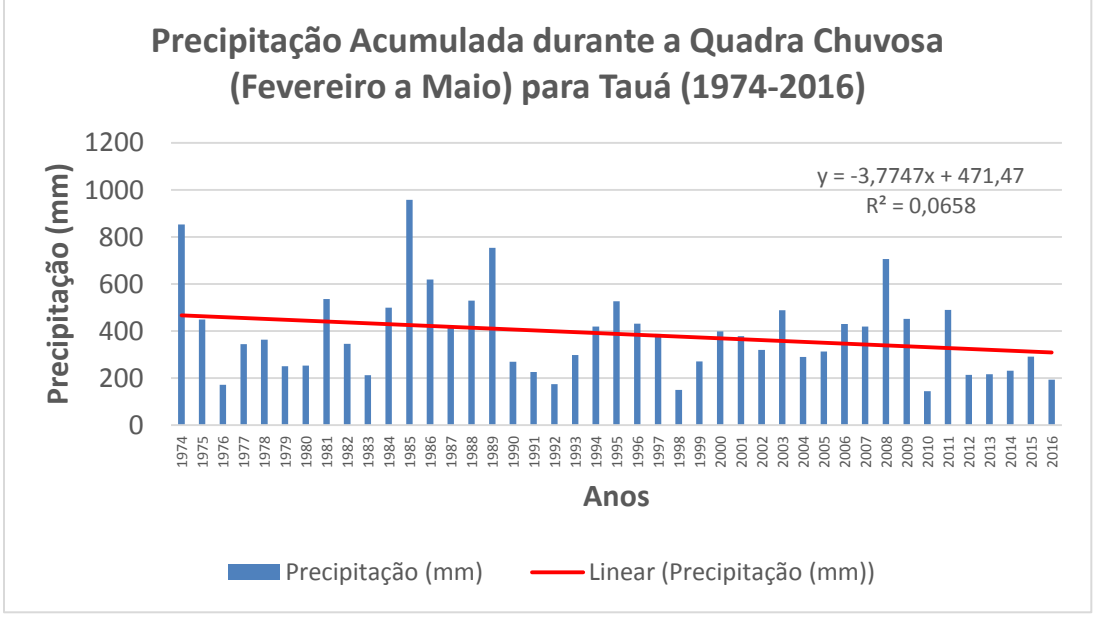

Figura 9 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Tauá. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Quixadá apresentou tendência de diminuição mais elevada (Z = -1,74) do que Tauá (Z = -1,34), no entanto, ambas as tendências não foram consideradas significativas segundo o Teste de Mann-Kendall.

REGIÃO DE JAGUARIBANA

A região de Jaguaribana se estende de leste a nordeste do Estado do Ceará, fazendo divisa com os Estados da Paraíba do Rio Grande do Norte.

Trata-se de um conjunto de municípios sob influência de condições climáticas semiáridas com precipitações baixas, porém um pouco mais elevadas daquelas da Região do Sertão Central e dos Inhamuns. A média histórica da quadra chuvosa é de 599,7 mm considerando o período de 1950-2009. (FUNCEME, 2017).

Para esta região, foram utilizados dados dos municípios de Jaguaribe, localizado ao sul da região pluviometricamente homogênea, e Aracati, localizado no litoral cearense.

Nos dois municípios, mesmo com o Teste de Mann-Kendall mostrando resultados estatisticamente insignificantes, a tendência negativa na precipitação anual acumulada se mostrou bastante acentuada, conforme demonstrado nas Figuras 7 e 8.

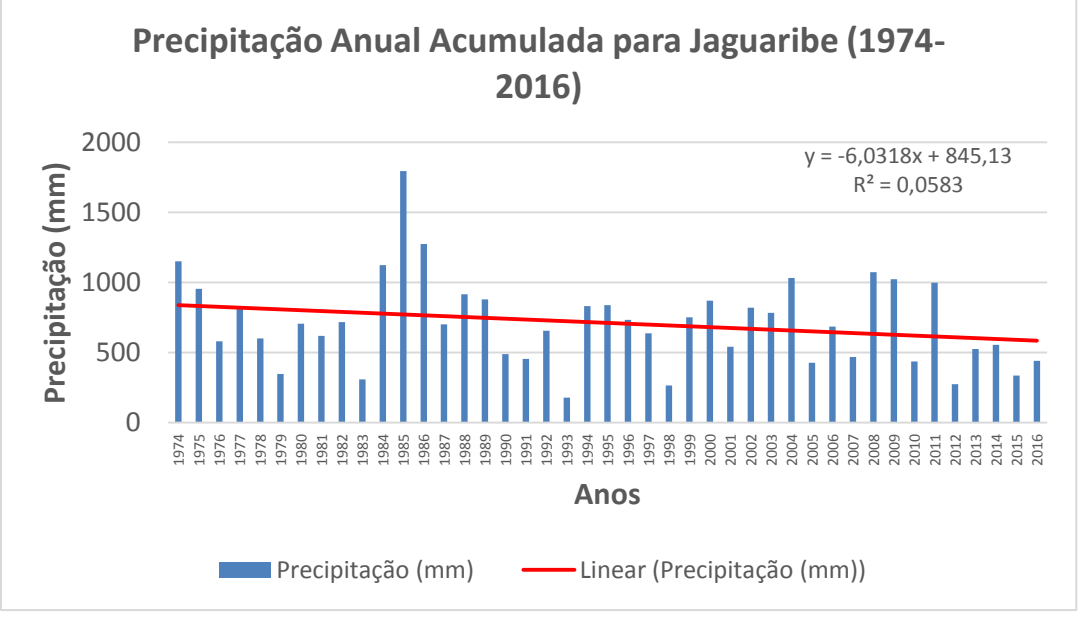

Figura 7 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Jaguaribe. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017).Org. por: Autores (2017)

Em Jaguaribe, obteve o valor de Z = -1,49 e no Município de Aracati o valor de Z = -1,26.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

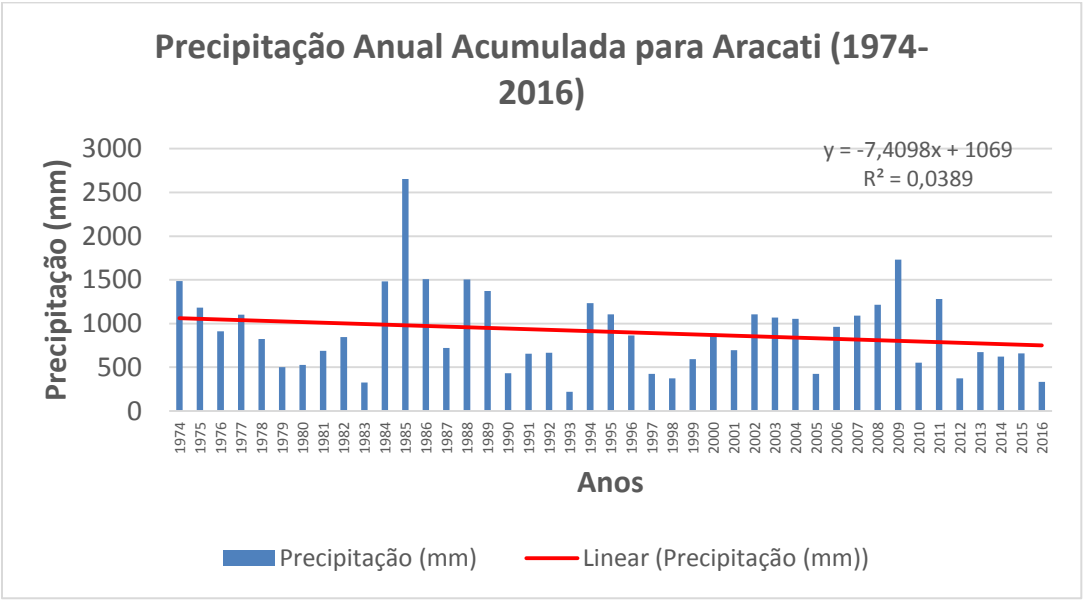

Figura 8 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Aracati. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

As tendências de diminuição acentuadas se repetiram para os acumulados de precipitação durante a quadra chuvosa (Figuras 9 e 10).

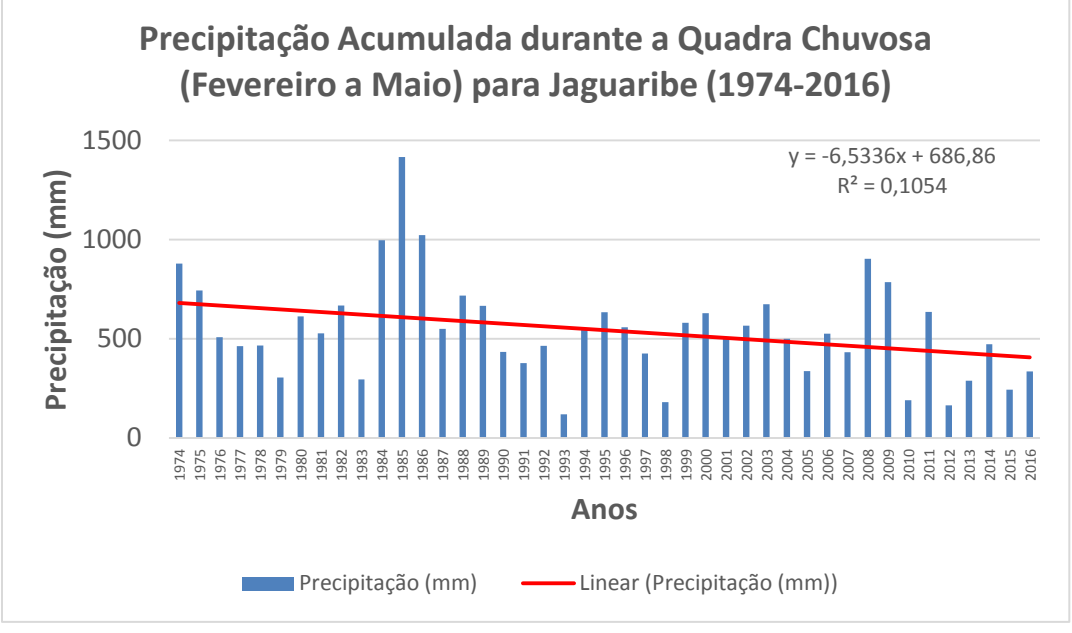

Figura 9 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Jaguaribe. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Jaguaribe, de acordo com o Teste de Mann-Kendall, apresentou tendência significante de diminuição na precipitação durante o período analisado, com o valor de Z = -1,97. Aracati, apesar de ter apresentado tendência estatisticamente insignificante, obteve valor de Z elevado, -1,26.

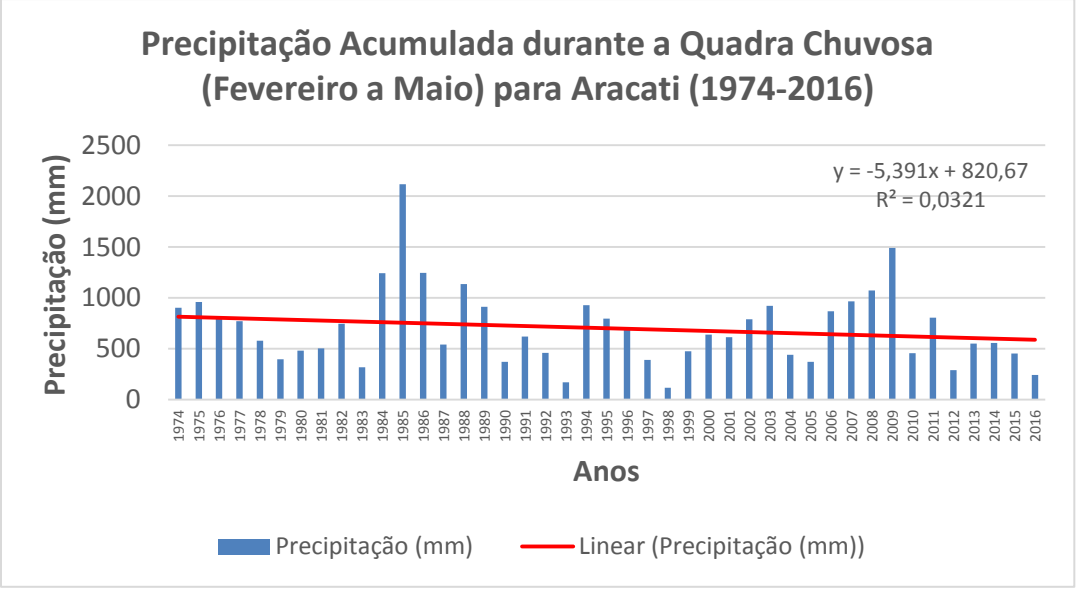

Figura 10 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Jaguaribe. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ

Em virtude da pequena área que ocupa, para a região pluviometricamente homogênea do maciço de Baturité, apenas o município de Aracoiaba foi analisado.

Trata-se de um conjunto de municípios localizados na Serra de Baturité e arredores com características úmidas e subúmidas, tendo em vista a ocorrência de chuvas orográficas. A altitude mais elevada e disposição do relevo exercem grandes influências nas suas características climáticas e ambientais. A média histórica da quadra chuvosa é de 700,7 mm, considerando o período de 1950-2009. (FUNCEME, 2017).

Tanto a precipitação anual, quanto a precipitação da quadra chuvosa em Aracoiaba apresentaram tendências negativas (Figuras 11 e 12), porém estatisticamente insignificantes de acordo com o Teste de Mann-Kendall.

Para os totais anuais, o valor de Z apresentou resultado de -0,25 e, para os acumulados durante os meses da quadra chuvosa, o valor de Z foi de -1,26. Dessa forma, a tendência negativa das chuvas nessa região não pode ser consideradas significativas para mudança de comportamento.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

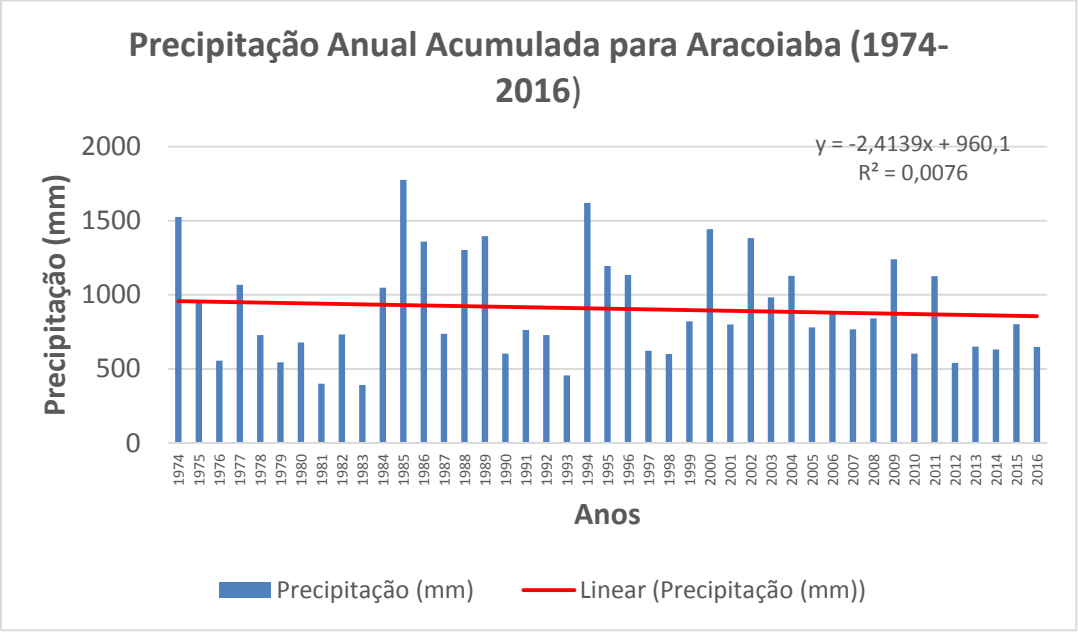

Figura 11 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Aracoiaba. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

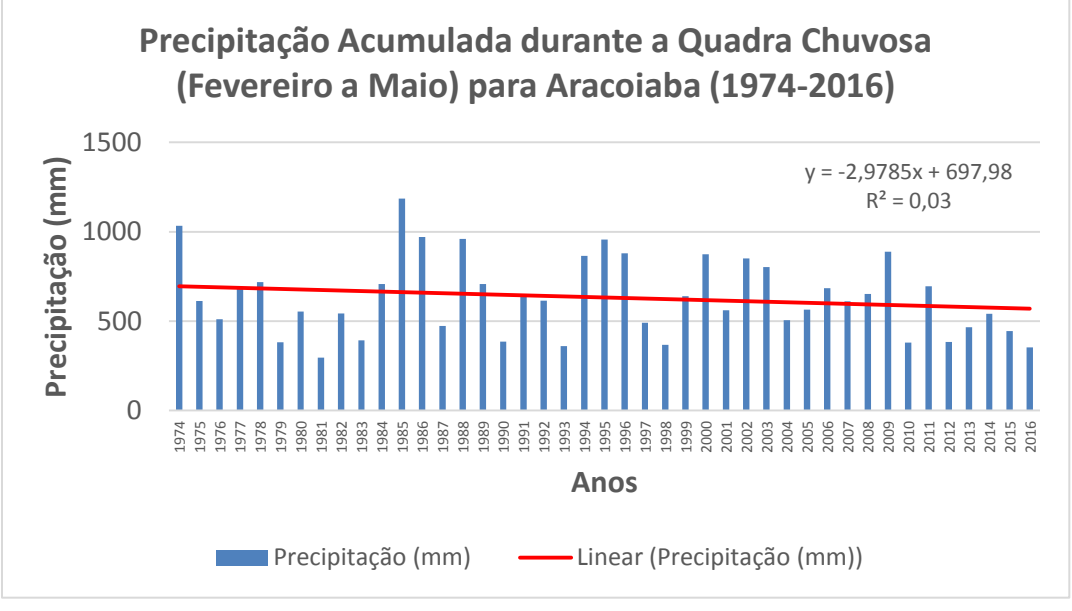

Figura 12 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Jaguaribe. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

REGIÃO DO LITORAL DE FORTALEZA

Para a região pluviometricamente homogênea do Litoral de Fortaleza, foi escolhido apenas o Município de Caucaia, devido à pequena extensão territorial dessa região.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

O Município de Caucaia foi o único das regiões analisadas que apresentou tendências positivas de precipitação durante o período estudado, conforme demonstrado nas Figuras 13 e 14.

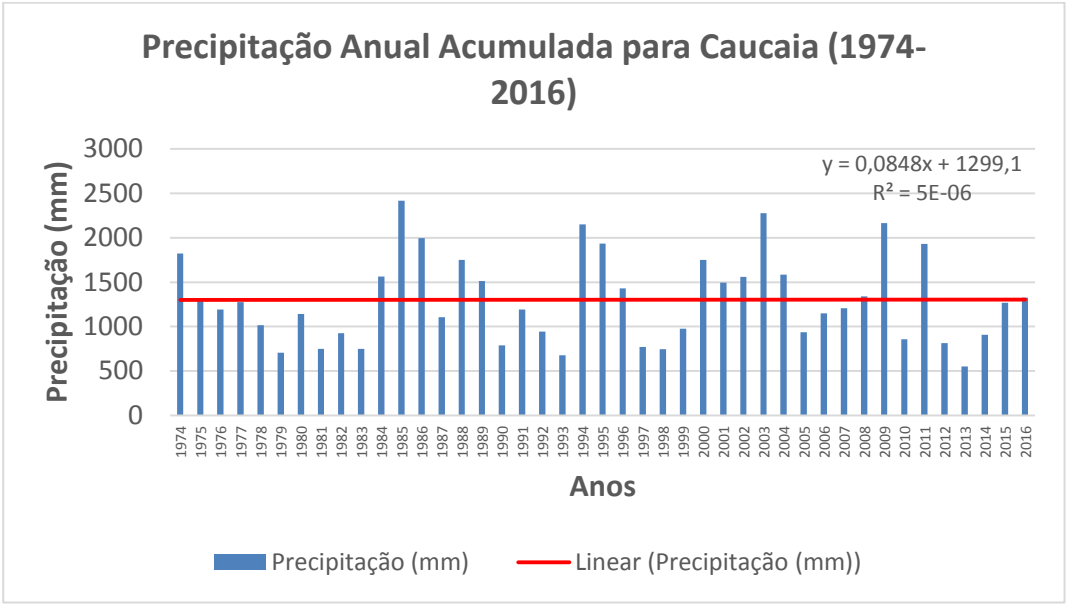

Figura 13 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Caucaia. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

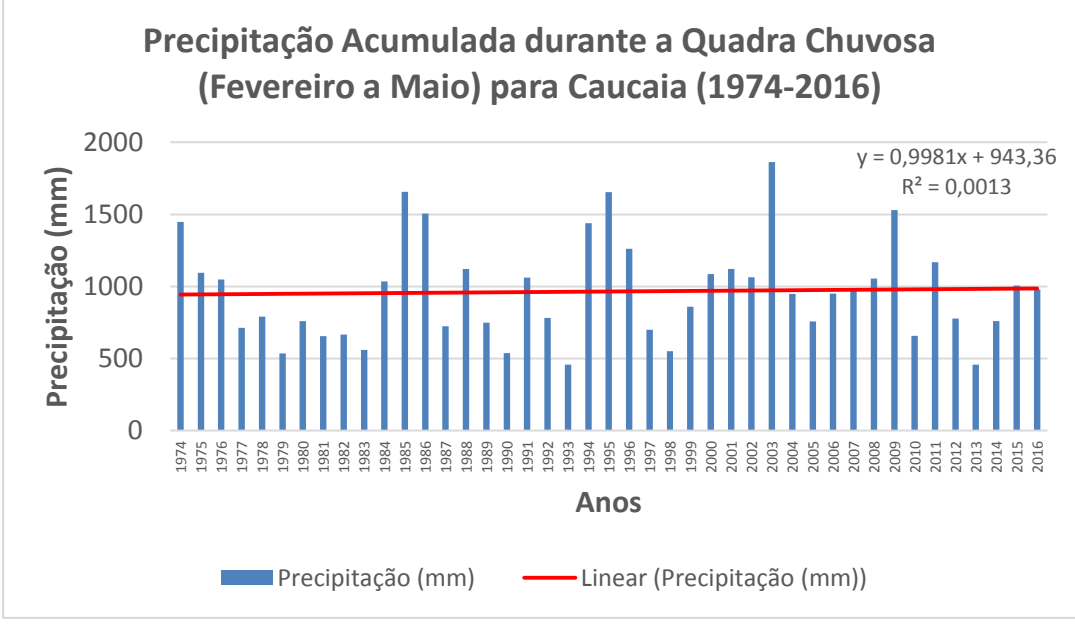

Figura 14 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Caucaia. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017).Org. por: Autores (2017)

Os municípios que fazem parte desta região localizam-se próximos ao litoral cujos totais pluviométricos são mais elevados devido a maior proximidade

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

do oceano. A média histórica da quadra chuvosa, considerando o período de 1950-2009, é de 825,2 mm. Trata-se da região litorânea com totais de chuvas mais elevados. (FUNCEME, 2017).

Para os acumulados anuais, o valor de Z foi de 0,06 e para o acumulado durante a quadra chuvosa, o valor de Z foi de 0,31, ambos considerados estatisticamente insignificantes de acordo com o Teste de Mann-Kendall.

REGIÃO DO LITORAL DE PECÉM

Para a região pluviometricamente homogênea do Litoral do Pecém também foi analisado apenas um município, o de Itapajé, o qual apresentou tendência de diminuição da precipitação, tanto no acumulado anual, quanto no acumulado da quadra chuvosa, conforme demonstrado nas Figuras 15 e 16.

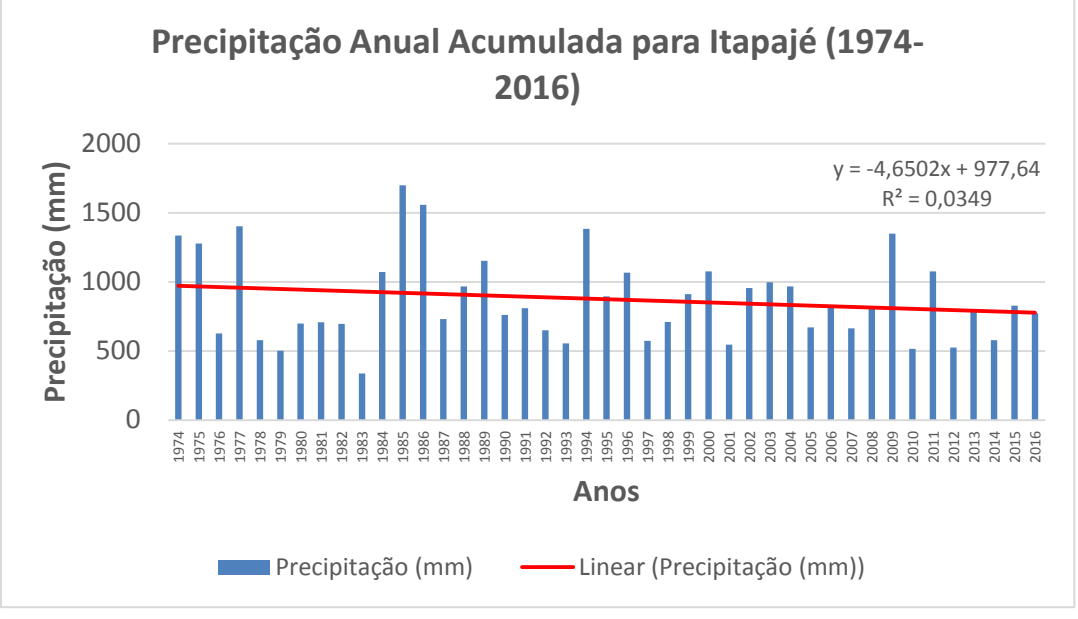

Figura 15 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Itapajé. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

Localizados próximos ao litoral, com clima subúmido, possuem totais pluviométricos mais elevados que o sertão, cuja média histórica da quadra chuvosa é de 702,3 mm (período de 1950-2009) (FUNCEME, 2017).

Ao se aplicar o Teste de Mann-Kendall para análise da tendência, obteve-se os seguintes valores de Z, ambos considerados estatisticamente insignificantes: -0,85 para o acumulado anual, e, -1,17 para o acumulado nos meses da quadra chuvosa.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

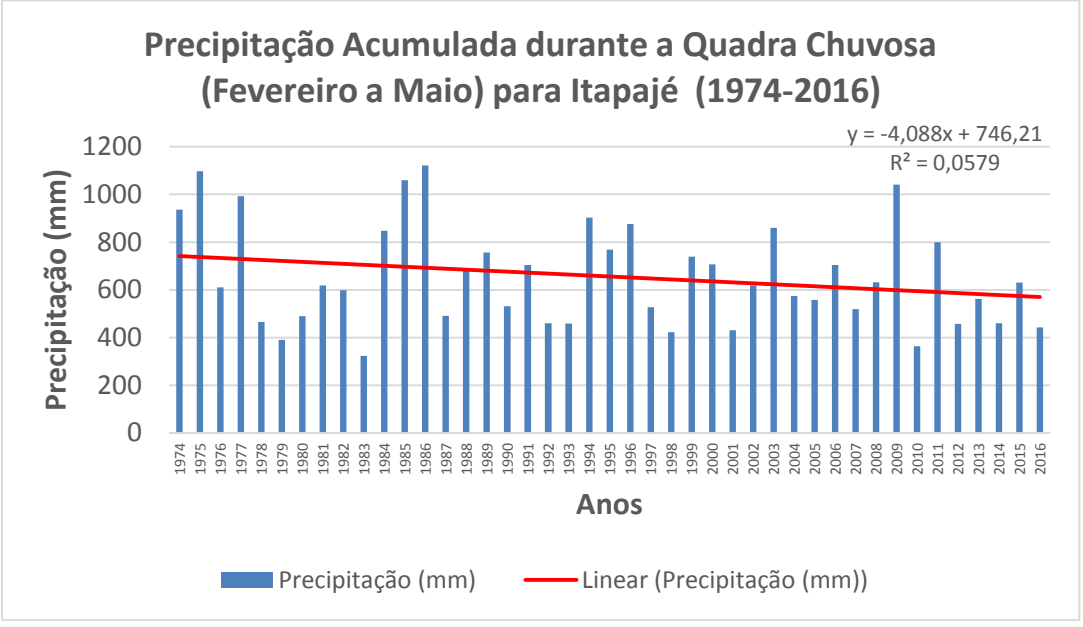

Figura 16 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Itapajé. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

REGIÃO DO LITORAL NORTE

Assim como nas demais regiões pluviometricamente homogêneas localizadas no litoral cearense, devido à pequena extensão territorial, para o Litoral Norte também foi analisado apenas um município, o de Santana do Acaraú (Figuras 17 e 18).

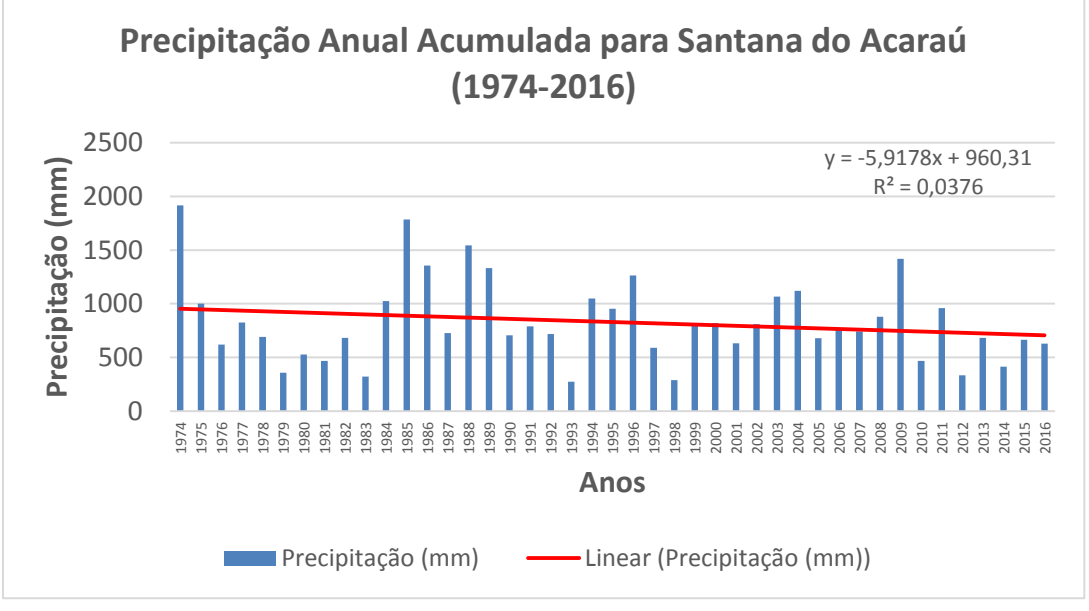

Figura 17 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Santana do Acaraú. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017).Org. por: Autores (2017).

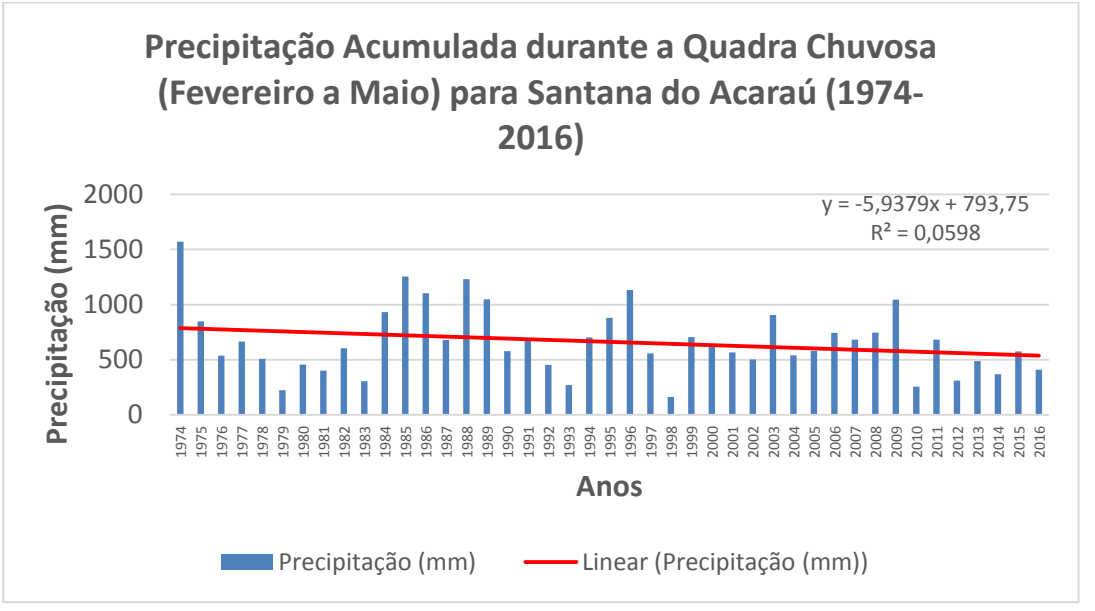

Figura 18 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Santana do Acaraú. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

Trata-se de um conjunto de municípios localizados próximos ao litoral, com clima subúmido, cujos totais pluviométricos da quadra chuvosa apresentam média histórica de 790,1mm. (FUNCEME, 2017).

O Município de Santana do Acaraú apresentou tendência de diminuição da precipitação durante o período analisado, tanto nos acumulados anuais, quanto nos acumulados para a quadra chuvosa.

Após a aplicação do Teste de Mann-Kendall, obteve-se para o acumulado anual o valor de Z = -0,90 e para o acumulado nos meses da quadra chuvosa o valor de Z = -1,13. Ambos os valores são considerados estatisticamente insignificantes.

REGIÃO DE IBIAPABA

A região pluviometricamente homogênea de Ibiapaba localiza-se na região Oeste/Noroeste do Estado do Ceará.

Trata-se de um conjunto de municípios localizados no Planalto da Ibiapaba e proximidades. Região de clima úmido e subúmido, influenciado pela ocorrência de chuvas orográficas, condicionado pela altitude e disposição do relevo da região. A média histórica da quadra chuvosa é de 765,7mm (FUNCEME, 2017). Para esta região, foram escolhidos os municípios de Tianguá e Nova Russas.

Tianguá localiza-se na porção norte da região e apresentou tendências de diminuição da precipitação tanto para os acumulados anuais quanto para os meses da quadra chuvosa, sendo neste último, a tendência mais acentuada, conforme demonstrado nas Figuras 19 e 20.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Para o acumulado anual, o valor de Z obtido através do Teste de Mann-Kendall foi de -0,75, e, para o acumulado da quadra chuvosa, de -0,94, ambos considerados estatisticamente insignificantes.

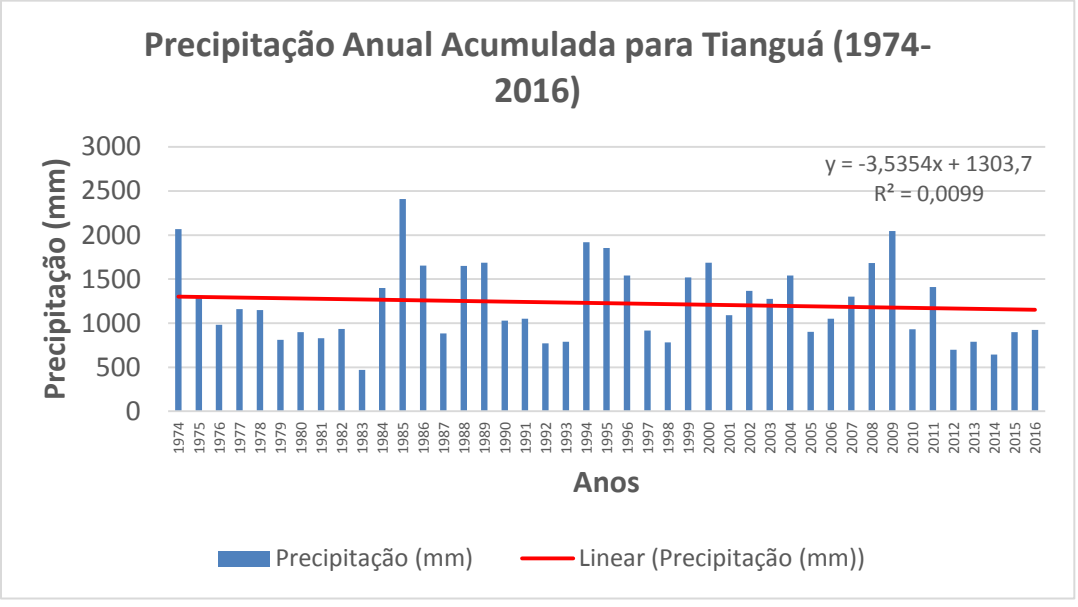

Figura 19 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Santana do Tianguá. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

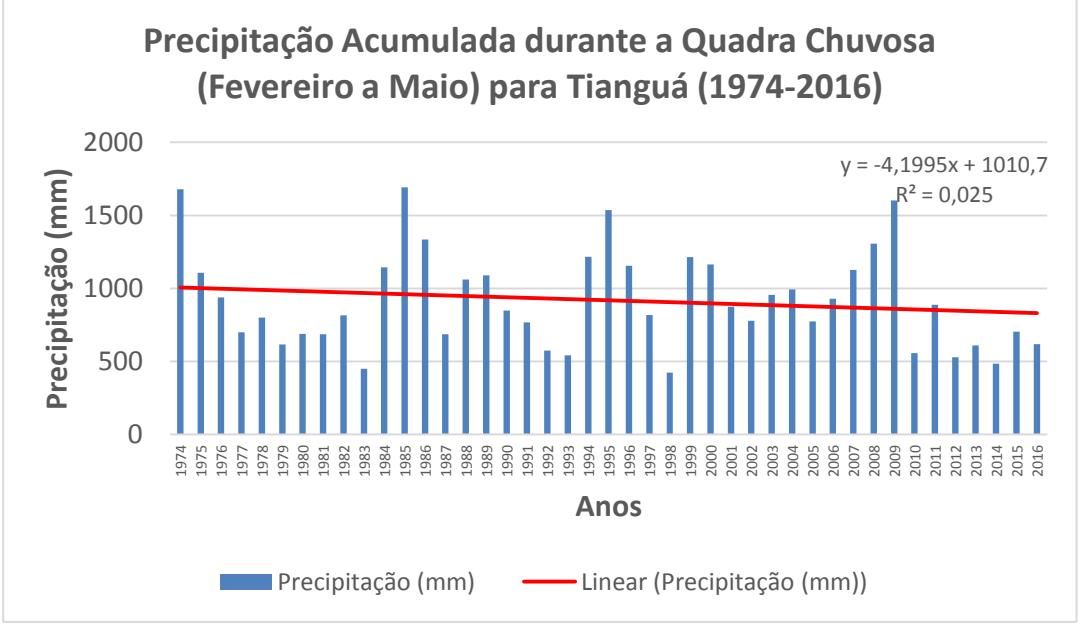

Figura 20 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Tianguá. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

O município de Nova Russas localiza-se na porção sul da região e apresentou tendências de diminuição da precipitação mais acentuadas do que o município de Tianguá, conforme demonstram as Figuras 21 e 22.

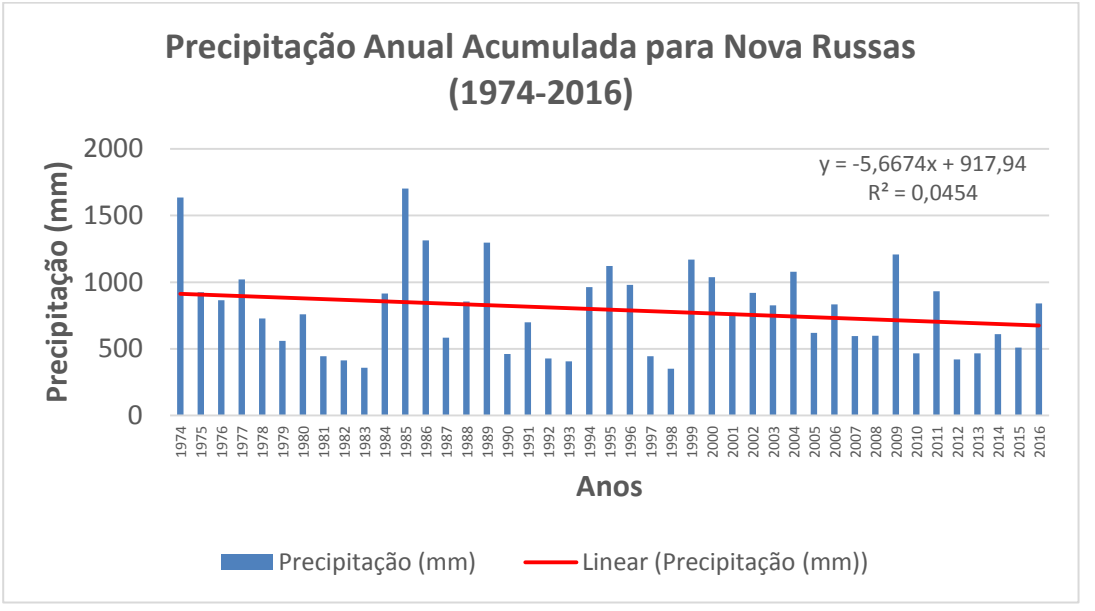

Figura 21 - Precipitação Anual Acumulada no Período de 1974 a 2016 no Município de Nova Russas. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017).Org. por: Autores (2017)

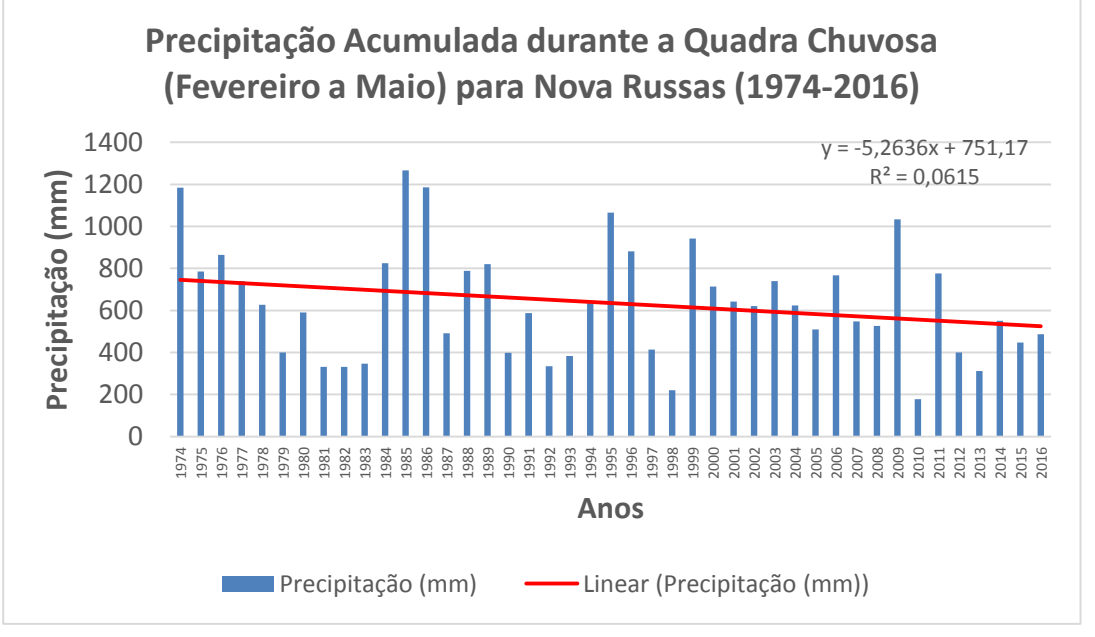

Figura 22 - Precipitação Acumulada Durante a Quadra Chuvosa no Período de 1974 a 2016 no Município de Nova Russas. Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2017). Org. por: Autores (2017)

Para os acumulados anuais, obteve-se o valor de Z = -1,02 e para os acumulados na quadra chuvosa, o valor de Z foi igual à 1,52. Apesar de uma

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

visível tendência para diminuição, o Teste de Mann-Kendall apresentou-se estatisticamente insignificante.

MAPEAMENTO DAS CHUVAS

O mapeamento da precipitação do período analisado (1974 a 2016), por décadas, ajuda a visualizar a diminuição da precipitação no Estado do Ceará já revelada através da análise das tendências.

As Figuras 23 (Precipitação Média Anual) e 24 (Precipitação Média na Quadra Chuvosa) mostram a variabilidade da precipitação, no intervalo estudado. A década de 2010 se destaca das demais pela intensa redução na precipitação média do Estado, à exceção do Litoral de Fortaleza, ao qual a análise da tendência já havia demonstrado um pequeno aumento nos volumes precipitados.

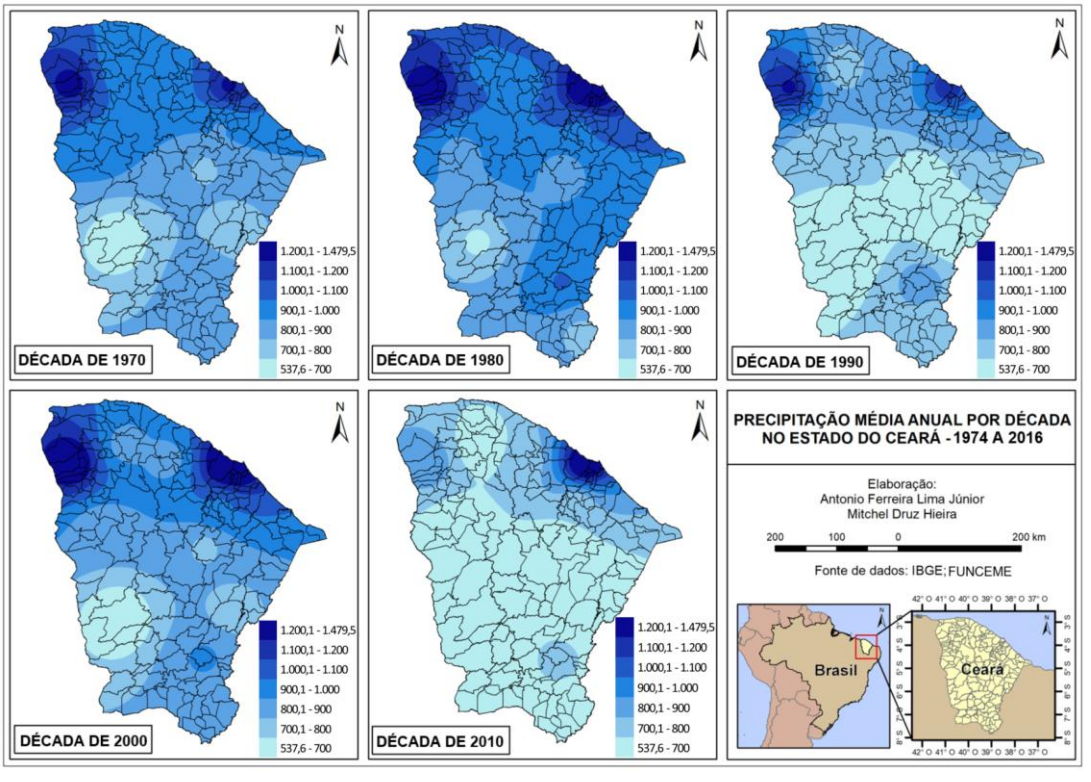

Figura 23 - Precipitação Média Anual por Década no Estado do Ceará – 1974 a 2016. Fontes: IBGE (2017); FUNCEME (2017).Elaborado pelos Autores (2017)

Os mapas da precipitação média durante os meses da quadra chuvosa (fevereiro a maio) também reforçam os dados obtidos através da análise da tendência, que demonstraram que as chuvas estão diminuindo mais nesses meses do que nos totais anuais, principalmente ao se observar o mapa da década de 2010.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

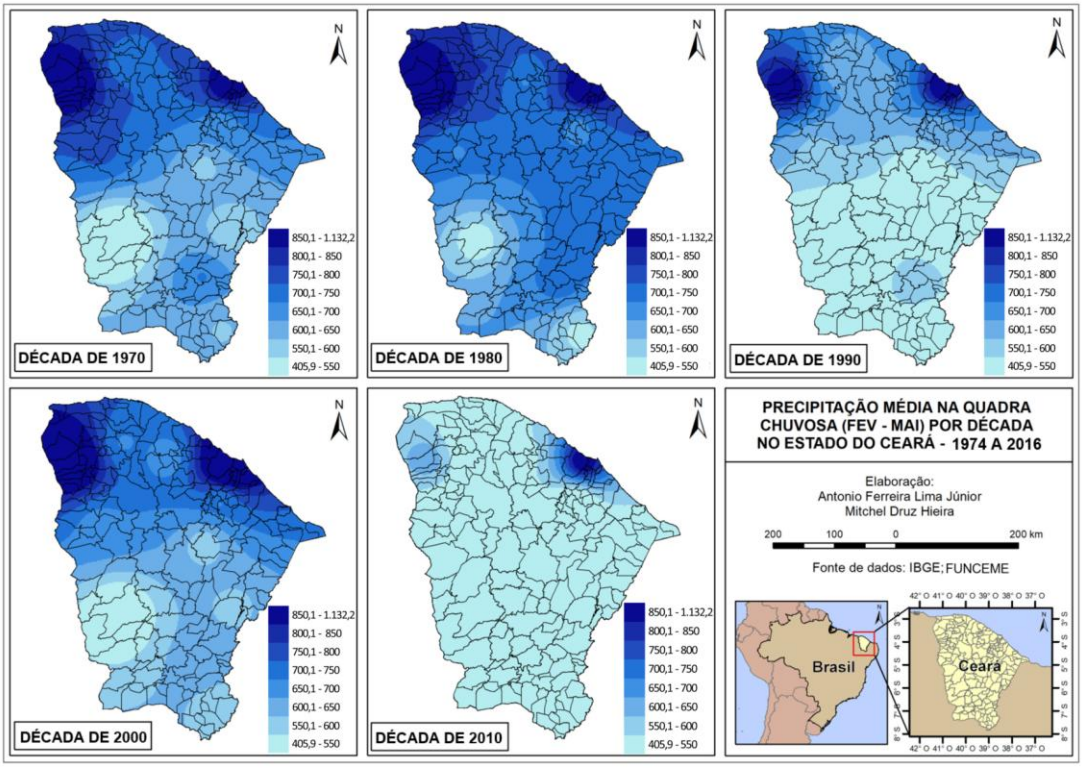

Figura 24 – Precipitação Média na Quadra Chuvosa (Fev – Mai) por Década no Estado do Ceará – 1974 a 2016.Fontes: IBGE (2017); FUNCEME (2017). Elaborado pelos Autores (2017)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das tendências de precipitação nas regiões homogêneas do Estado do Ceará por meio do Teste de Mann-Kendall, apresentou as seguintes conclusões:

- Todas as regiões pluviometricamente homogêneas, exceto à do Litoral de Fortaleza, apresentaram tendências de diminuição na precipitação durante o período analisado (1974 a 2016).
- O Teste de Mann-Kendall apresentou tendência de diminuição estatisticamente significativas apenas para os acumulados da quadra chuvosa das regiões do Cariri e de Jaguaribana.
- A mais importante conclusão obtida foi a de que a precipitação durante os meses da quadra chuvosa (fevereiro a maio) está diminuindo mais do que nos demais meses do ano.

O mapeamento das chuvas por décadas, tanto para os totais anuais, quanto para a quadra chuvosa, reforçou a conclusão da diminuição da precipitação no Estado do Ceará, porém, a análise dos 43 anos não permitiu determinar se essa diminuição se trata de uma variabilidade do clima ou de efeitos de mudanças climáticas globais.

REFERÊNCIAS

BLAIN, G.C. Detecção de tendências monótonas em séries mensais de precipitação pluvial no Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, v. 69, n. 4, p.1027-1033, 2010.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas: bases e referências. 2017. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acesso em: 15 maio 2017.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, n. 1, 2005.

FOLHES, M.T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendência nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). Ambi-Agua, Taubaté, v.1, n.1, p.61-71, 2006.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Calendário das Chuvas no Estado do Ceará. 2017. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorológico/406-chuvas-diárias>. Acesso em 20 abr. 2017.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Classificação da Chuva nas Regiões Hidrográficas do Estado do Ceará no Período de Fevereiro a Maio. Disponível em: <www.funceme.br/index.php/classificação-das-chuvas/classificao. Acesso em 26 jul. 2017.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS; M. A. F. S. (Orgs.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.2, 215-226, 2005. Disponível em <http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_artigo.php?id_artigo=129>. Acesso em 15 mai. 2017.

OBREGÓN, G.; MARENGO, J.A. Caracterização do clima no Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e Temperaturas Médias Extremas. Relatório nº 2. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria de Conservação da Biodiversidade. 2007.

SANCHES, F. O. Os Areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul: estudo sobre as chuvas no século XX e um possível cenário para o século XXI. (Tese de Doutorado). Porto Alegre: Instituto de Geociências/Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRGS, 2013. 205 p.

XAVIER, T.M.B.S.; XAVIER, A.F.S . Caracterização de Períodos Secos ou Excessivamente Chuvosos no Estado do Ceará Através da técnica dos Quantis: 1964-1998. Revista Brasileira de Meteorologia, Brasil, v. 14, n.2, p. 63-78, 1999.

ZANELLA, M. E.. Caracterização Climática e os recursos hídricos do Estado Do Ceará. In: José Borzacchiello da Silva; Eustógio Wanderlei Dantas; Tércia cavalcante. (Org.). Geografia do Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Ed. Demócrito Rocha, 2005, v. 01, p. 169-188.