Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Perspectivas em Variáveis Meteorológicas para o Estado do Ceará

Antonio Edgar Mateus, Djane Fonseca Da Silva, Iuri Moreira Costa, José Ricardo Ferreira Lopes

¹Agrônomo – Universidade Federal do Cariri (UFCa) – Juazeiro do Norte – CE, Brasil.;

²Professora Doutora do Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT) – Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Maceió – AL, Brasil, Autor correspondente E-mail: djane.silva@icat.ufal.br;

³Agrônomo – Universidade Federal do Cariri (UFCa) – Juazeiro do Norte – CE, Brasil.;

⁴Agrônomo, Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) – Campina Grande – PB, Brasil.

Artigo submetido em 19/05/2014 e aceite em 15/04/2015.

RESUMO

Existe uma grande preocupação de pesquisadores em analisar as variabilidades climáticas que estão acontecendo no planeta, enfatizando-se a detecção de tendências em séries de observações meteorológicas. O intuito deste trabalho foi analisar, utilizando o teste de Mann-Kendall, as tendências nas séries pluviométricas e nas séries de temperatura máxima das oito macrorregiões cearenses: Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Região do Litoral Oeste, Região de Sobral/Ibiapaba, Região do Maciço de Baturité, Região do Sertão dos Inhamuns, Região do Sertão Central, Região do Litoral Leste/Jaguaribe e Região do Cariri/Centro Sul. Os resultados mostraram que há uma tendência de diminuição de chuvas no estado do Ceará, tendo atenção especial para Noroeste e Centro-sul do Estado. A temperatura máxima apresentou tendência de aumento em todas as regiões do estado.

Palavras-chave: Teste de Mann-Kendall, Precipitação, Temperatura máxima, Tendências climáticas.

Perspectives on meteorology variable for the state of Ceará

ABSTRACT

There is a great concern of researchers in analyzing climate variability that are happening on the planet, emphasizing the detection of trends in meteorological observations series. The purpose of this study was to analyze, using the Mann-Kendall test, trends in rainfall series and the maximum temperature series in the eight geographical regions: Metropolitan Region of Fortaleza (RMF), the West Coast Region, Region Sobral/Ibiapaba, the Baturité Region, Region Sertão of Inhamuns, Sertão Central Region, East Coast Region/Jaguaribe and Cariri /South Center Region. It was concluded that there is a trend of declining rainfall in the state of Ceará, with special attention to the Northwest and South Central region of State. The maximum temperature tended to increase in all regions of the state.

Keywords: Mann-Kendall test, Rainfall, Maximum temperature, Climate trends.

Introdução

Nos últimos anos há uma grande preocupação de pesquisadores em analisar as variabilidades climáticas que estão acontecendo no planeta, principalmente no que se refere a um possível aumento de eventos de precipitação,

aumento/diminuição de temperatura, incidência de raios solares, etc.

Kostopoulou e Jones (2005) afirmaram que o aumento nas perdas econômicas devido a extremos no tempo e, especialmente, o aumento nas perdas de vidas, tem sido regularmente notícias de jornais, despertando o interesse da

comunidade científica em estudar os fenômenos climáticos.

De acordo Santos *et al.* (2009) as possíveis mudanças climáticas poderão acarretar significativos impactos nos setores natural, social, rural e econômico, assim como, os extremos do clima associados à temperatura e precipitação poderão também afetar o consumo de energia, conforto humano e turismo.

Na região Nordeste, estudos que investigam a variabilidade de precipitações tem se mostrado importantes (Da Silva, 2009; Santos et al, 2009; Da Silva et al, 2010; Sansigolo e Kayano, 2010) devido aos benefícios causados pelos resultados, os quais podem ser aplicados ao dia-a-dia. Por isso, torna-se necessário um estudo mais completo de identificação de características e/ou possíveis tendências em séries de precipitação e temperatura no estado do Ceará, importante estado da região Nordeste do Brasil (NEB).

O NEB é conhecido como uma região seca, em que a maioria da população sobrevive da agricultura de sequeiro. O sucesso das culturas implantadas depende da regularidade e quantidade das chuvas. As variabilidades espaciais e temporais da precipitação pluvial nas regiões áridas e semiáridas são fatores limitantes para a agricultura de sequeiro (Graef; Haigis, 2001). A precipitação pluvial pode variar consideravelmente, até mesmo dentro de alguns quilômetros de distância e em escalas de tempo diferentes, tornando as colheitas das culturas imprevisíveis, em alguns casos. A maior parte do NEB se situa dentro da zona semiárida, com grandes problemas para a sociedade e para os ecossistemas naturais, decorrentes das secas periódicas.

Existem diferentes técnicas sendo usadas para diagnosticar tendências e/ou variações climáticas, entre elas, o teste de tendências de Mann-Kendall, indicado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Pinheiro *et al.* (2013) utilizaram testes estatísticos para identificar tendências anuais de evapotranspiração, velocidade do vento, insolação, umidade relativa e temperatura média no município de Crateús – CE. As séries anuais de temperatura máxima, mínima e velocidade do vento apresentaram tendências significativas de aumento, já as séries anuais de umidade relativa, insolação e evapotranspiração apresentaram tendência não significativa.

Estudos como Minetti (1998), Rusticucci e Penalba (2000), Minetti *et al.* (2003), Haylock *et al.* (2006), Santos e Brito (2007), Santos et al.

(2009), Campos e Ruivo (2009), Santos e Manzi (2011), Lopes e Da Silva (2012), entre outros, aplicaram teste de Mann-Kendall, aplicado aqui, a dados de precipitação.

Para o sul da América do Sul, o IPCC (2001) relata tendências de aquecimento de 0,6 a 0,8°C no período de 1976 a 2000 (24 anos) e de 0,4 a 0,6°C no período de 1940 a 1975 (35 anos). O relatório sintético do IPCC (2007), que apresentou uma visão geral sobre o comportamento das temperaturas médias anuais da América do Sul, mostrou tendências de aquecimento de 0,5°C no período de 1950 a 2000.

Rusticucci e Barrucand (2004) apresentam uma análise detalhada das temperaturas extremas na Argentina, entre 1959 e 1998, período de 39 anos. Seus resultados mostraram tendências negativas de até 6,9°C/100 anos nas temperaturas máximas de verão no norte do país.

Vincent *et al.* (2005) não encontraram variações consistentes nas temperaturas máximas e mínimas da América do Sul. Eles simplesmente notaram uma tendência de aumento na frequência de noites quentes e de decréscimo nas de noites frias, nas costas leste e oeste do continente.

Haylock *et al.* (2006) constataram que houve mudanças para condições mais úmidas no Equador, norte do Peru, sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e centro-norte da Argentina.

Marengo e Camargo (2008) analisaram as tendências nas temperaturas mínimas, máximas e nas amplitudes diurnas em 27 estações no sul do Brasil, entre 1960 e 2002. Encontraram-se tendências de aquecimento na maioria das estações e constataram-se um aumento na frequência de dias quentes no verão e no inverno.

Sansigolo e Kayano (2010) ao analisarem as precipitações e temperaturas no Rio Grande do Sul concluíram que as precipitações só apresentaram tendências significativas no verão, de aumento de 93 mm/100 anos, sobre uma média sazonal de 367 mm. Devido à natureza convectiva das precipitações de verão, a tendência de aumento das precipitações nesta estação do ano é consistente com a tendência de decréscimo das temperaturas mínimas e de aumento das máximas.

Estudos de tendências em insolação também utilizaram o teste de Mann-Kendall, como em Kaiser e Qian (2002), Pallé e Butler (2001), Minuzzi *et al.* (2010), Da Silva (2014).

Kaiser e Qian (2002) analisaram dados de insolação obtidos de 200 estações na China durante o período de 1954 a 1998 e encontraram uma tendência de decréscimo na insolação de 1,2% por década que, segundo os autores, pode

ser atribuída à rápida atividade de emissões de aerossóis de origem antropogênica, que vêm ocorrendo naquele país nas últimas décadas.

Já Pallé e Butler (2001) relataram que a diminuição gradual em horas de brilho solar na Irlanda ocorreu desde que os registros começaram. Os autores sugerem que aumento de nebulosidade é uma possível explicação para o declínio da insolação.

Minuzzi *et al.* (2010) analisando insolação entre outras variáveis, pelo teste de Mann-Kendall, encontraram que insolação para Minas Gerais foi a variável com o menor número de tendências significativas e de maior oscilação de sinais. Uberaba, por exemplo, mostrou decréscimo em janeiro e novembro, de 1961 a 2004, e tendências positivas, em agosto, de 1961 a 1975 e em março, a partir de 1990. O resultado mais importante foi o decréscimo observado na década de 1960 até meados da década de 1990. O mesmo foi citado por Da Silva (2014) que encontrou diminuição da insolação entre 1960 a 1990 e aumento após a década de 90, para a cidade de Maceió (AL), cidade também situada no Nordeste do Brasil, como em nossa área de estudo.

Por fim, Blain (2010), através do teste de Mann-Kendall estudou tendências em temperatura

máxima em São Paulo e Silva *et. al* (2010), em séries de saldo de radiação. Blain (2010) concluiu que apesar da maioria das séries apresentar importantes variações em seus parâmetros estatísticos (variações climáticas), não foi possível estabelecer uma concomitância/significância na variabilidade temporal (elevação ou queda) nas oito séries de temperatura máxima do Estado de São Paulo. Com isso, não houve detecção de tendências climáticas consistentes nos dados anuais de temperatura máxima do ar do Estado de São Paulo.

Silva *et al.* (2010) verificou que as séries temporais do saldo de radiação exibiram reduções acentuadas entre 1948 e 1987, entretanto, no período de 1988 a 2006, comportamento inverso, predominando tendências positivas de saldo de radiação, sugerindo a presença do fenômeno “Global Dimming” sobre a região Nordeste do Brasil.

Utilizando o teste de Mann-Kendall, objetivou-se nesse trabalho, analisar as tendências nas séries pluviométricas e nas séries de temperatura máxima de oito macrorregiões cearenses.

Material e métodos

Área de estudo

Neste trabalho foram escolhidas as macrorregiões cearenses (Figura 1): Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Litoral Oeste, Sobral/Ibiapaba, Maciço de Baturité, Sertão dos Inhamuns, Sertão Central, Litoral Leste/Jaguaribe e Cariri/Centro Sul, de acordo com a divisão das macrorregiões de planejamento do Ceará da Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAN). Segue abaixo os municípios que compõem cada macrorregião:

- Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) – Fortaleza, Aquiraz, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba, São Gonçalo do Amarante.
- Litoral Oeste – Amontada, Apuiarés, Itapajé, Itapipoca, Mirafima, Paracuru, Paraipaba, Pentecoste, São Luís do Curu, Tejuçuoca, Trairi, Tururu, Umirim, Uruburetama, Acaraú, Bela Cruz, Cruz, Itarema, Jijoca de Jericoacoara,

Marco, Morrinhos, Barroquinha, Camocim, Chaval, Granja, Martinópolis, Uruoca.

- Sobral/Ibiapaba – Carnaubal, Croatá, G. do Norte, Ibiapina, Ipu, São Benedito, Tianguá, Ubajara, Viçosa do Ceará, Alcântaras, Cariré, Coreaú, Forquilha, Frecheirinha, Graça, Groaíras, Hidrolândia, Irauçuba, Massapé, Meruoca, Moraújo, Mucambo, Pacujá, Pires Ferreira, Reriutaba, Santana do Acaraú, Senador Sá, Sobral, Varjota.

- Sertão Central- Canindé, Caridade, General Sampaio, Itaitira, Paramoti, Santa Quitéria, Banabuiú, Boa Viagem, Choro, Ibaretama, Ibicuitinga, Madalena, Quixadá, Quixeramobim, D.Irapuan Pinheiro, Milha, Mombaça, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Senador Pompeu, Solonopole.

- Maciço De Baturité – Acarape, Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Guaramiranga, Itapiúna, Mulungu, Ocara, Pacoti, Palmácia, Redenção.

- Litoral Leste/Vale do Jaguaribe – Aracati, Beberibe, Cascavel, Fortim, Icapuí, Itaíçaba, Pindoretama, Alto Santo, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Palhano, Quixerê, Russas, S. João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Ererê, Iracema, Jaguaratama, Jaguaribara, Jaguaribe, Pereiro, Potiretama.
- Sertão Inhamuns – Ararendá, Catunda,

Crateús, Independência, Ipaporanga, Ipueiras, Monsenhor Tabosa, Nova Russas, Novo Oriente, Poranga, Tamboril, Aiuaba, Arneiróz, Parambu, Quiterianópolis, Tauá.

- Cariri/Centro Sul – Acopiara, Cariús, Catarina, Iguatu, Jucás, Orós, Quixelô, Baixio, Cedro, Icó, Ipaumirim, Lavras da Mangabeira, Umari, Várzea Alegre, Altaneira, Antonina do

Norte, Araripe, Assaré, Campos Sales, Crato, Nova Olinda, Potengi, Saboeiro, Salitre, Santana do Cariri, Tarrafas, Barbalha, Caririáçu, Farias Brito, Granjeiro, Jardim, Juazeiro do Norte, Abaiara, Aurora, Barro, Brejo Santo, Jati, Mauriti, Milagres, Missão Velha, Penaforte, Porteiras.

Figura 1. Estado do Ceará e suas oito macrorregiões. Fonte: SEPLAN, 2010

Dados

Os dados diários e mensais de precipitação e temperatura máxima foram provenientes da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos do estado do Ceará (FUNCEME) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), respectivamente, para série histórica que compreende o período de 1974 a 2011 (37 anos).

Esses dados foram obtidos no formato de arquivos binários, posteriormente convertidos em arquivos .txt, para serem utilizados em planilha

eletrônica Microsoft Excel®. O preenchimento das falhas das séries temporais de precipitação e temperatura máxima foi feito com base das médias climatológicas e por correlação com as estações meteorológicas vizinhas.

Os mapas de distribuição espacial das tendências foram realizados através do software Surfer versão 11.0 e utilizando os valores de tendências encontrados para as estações meteorológicas citadas abaixo:

Tabela 1 – Macrorregião, posto meteorológico escolhido e suas coordenadas geográficas.

Macrorregião Cearense	Posto meteorológico	Latitude	Longitude
Região Metropolitana de Fortaleza	Fortaleza	-3,75	-38,54
Litoral Oeste	Acaraú	-2,88	-40,13
Sobral/Ibiapaba	Sobral	-3,73	-40,33
Sertão do Inhamuns	Crateús	-5,16	-40,66
Sertão Central	Quixeramobim	-5,16	-39,28
Maciço de Baturité	Guaramiranga	-4,28	-39
Litoral Leste/Jaguaribe	Morada Nova	-5,11	-38,36
Cariri/Centro Sul	Campos Sales	-7	-40,38

Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall, sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais, é um teste não paramétrico proposto por Mann (1945) e melhorado por Kendall (1975). É amplamente usado para testar tendências em séries temporais hidrológicas e climatológicas, principalmente porque ele é simples e robusto (Xu *et al.*, 2005; Bi *et al.*, 2009).

A estatística do teste é a seguinte (Silva *et al.*, 2010):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j) \quad (1)$$

Em que: x_j são os dados estimados da sequência de valores, n é o comprimento da série temporal e o sinal ($x_i - x_j$) é igual a -1 para ($x_i - x_j$) < 0, 0 para ($x_i - x_j$) = 0, e 1 para ($x_i - x_j$) > 0.

Kendall (1975) mostrou que S é normalmente distribuída com média $E(S)$ e variância $\text{Var}(S)$, para uma situação na qual pode haver valores iguais de x , são calculadas pelas equações:

$$E[S] = 0 \quad (2)$$

$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (3)$$

Em que: (t_p) é número de dados com valores iguais num certo grupo (p th) e q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados num certo grupo p . O segundo termo representa um ajuste para dados censurados.

O teste estatístico parametrizado (Z_{MK}) é computado pela seguinte equação:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{para } S > 0; \\ 0 & \text{para } S = 0; \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{para } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

A presença de uma tendência estatisticamente significativa e avaliada usando o valor de Z . Essa estatística é usada para testar a hipótese nula, ou seja, que nenhuma tendência existe. Um valor positivo de Z_{MK} indica um aumento da tendência, quando negativa indica uma tendência decrescente. Para testar a tendência crescente ou decrescente no nível de significância de p , a hipótese nula é rejeitada se o valor

absoluto de Z for maior que $Z_{1-p/2}$, utilizando-se a tabela da distribuição normal cumulativa padrão (Silva *et al.*, 2010).

Os níveis de significância de $P = 0,01$ e $0,05$ foram aplicados neste estudo. Uma estimativa não paramétrica para o valor da inclinação da tendência é obtida de acordo com Silva *et al.*, (2010):

$$\beta = \text{Median} \left[\frac{x_j - x_i}{j - i} \right] \text{ para } i < j \quad (5)$$

Em que: x_j e x_i são os pontos dados medidos no tempo j e i , respectivamente.

Teste de significância de T-Student

Tal teste foi usado nesse trabalho para considerar significativas ou não, os valores das tendências adquiridas com o teste de Mann-Kendall.

Resultados e discussão

Precipitação

Observou-se que para o estado do Ceará tendências de diminuição nas precipitações (Tabela 2) foram encontradas para Região Metropolitana de Fortaleza, Sertão dos Inhamuns e Sertão Central (com significância estatística), áreas que apresentam também menores áreas verdes e/ou menor quantidade de áreas vegetadas (Figura 2). Esse comportamento é discutido em Xavier *et al.* (1996) e infelizmente mostra que áreas mais secas do estado, como os sertões, e áreas mais urbanizadas/populosas como a capital, tendem a ficar mais secas. Esse fato é de grande importância para tomada de decisão.

Tendências de aumento (Tabela 2 e Figura 2) nas precipitações foram observadas no Litoral Oeste, Sobral/Ibiapaba, Baturité, Litoral Leste/Jaguaribe e Cariri/Centro Sul (sem significância estatística). Os resultados encontrados aqui são coerentes aos encontrados por Minetti (1998) e Minetti *et al.* (2003), Rusticucci e Penalba (2000), Haylock *et al.* (2006), Santos e Brito (2007) e Santos e Manzi (2011).

Temperatura máxima

Em todas regiões cearenses foram observadas tendências de aumento na temperatura

Para amostras de tamanho $N > 30$, denominadas grandes amostras, as distribuições amostrais de várias estatísticas são aproximadamente normais e melhores como o crescimento de N . Para amostras de tamanho $N < 30$, denominadas pequenas amostras, essa aproximação não é boa e torna-se pior com o decréscimo de N , de modo que devem ser introduzidas as modificações convenientes. Um dos testes de significância mais utilizados é a “T-Student”, o qual é bastante utilizada nos estudos de meteorologia (Kousky; Kayano, 1994; Kayano; Kousky, 1996; Figueroa, 1997; Castro, 2002; Da Silva, 2009), e pode ser calculado da seguinte forma:

$$tc = \frac{t}{\sqrt{n-2}} + t^2 \quad (6)$$

Sendo: t_c = valor do percentil e c é o grau de liberdade. Foi usado $p = 0,95$ ou 95%; t = valor do percentil tabelado de acordo com v ($n-1$); n é o número de dados.

máxima (Tabela 2 e Figura 3), no entanto, sem significância estatística. As menores tendências ocorreram no sul do estado, na região do Cariri/Centro Sul, região Sobral/Ibiapaba (regiões com altitude e presença de vegetação), seguidas pelas regiões Litoral leste e Baturité, as quais tendem a ter umidade sempre presente devido os efeitos da maritimidade, altitude e vegetação local (Lopes, 2013).

A tendência de aumento é preocupante já por ser na região semiárida, e quando somado ao fato da maioria das regiões cearenses ter apresentado tendência de diminuição de chuva, o quadro necessita de mais atenção dos setores responsáveis.

Tabela 2: Tendências observadas para séries de precipitação e temperatura máxima no Estado do Ceará com resultado do teste de T-Student

Macrorregiões Cearenses	Tendências	Precipitação (mm)	Teste T-Student	Temperatura máxima (°C)	Teste T-Student
Região Metropolitana de Fortaleza	Observada (ano)	- 0,316489262	Sem significância	+ 0,026491929	Sem significância
	Período de 37 anos	- 11, 7101		+ 0,98020	
Litoral-Oeste	Observada (ano)	+ 0,0519	Sem significância	+ 0,037491	Sem significância
	Período de 37 anos	+ 1,9203		+ 1,387167	
Sobral/Ibiapaba	Observada (ano)	+ 0,186973	Sem significância	+ 0,009903	Sem significância
	Período de 37 anos	+ 6,918001		+ 0,366411	
Sertão dos Inhamuns	Observada (ano)	-0,07414	Com significância	+ 0,03789	Sem significância
	Período de 37 anos	- 2,74318		+ 1,40193	
Sertão Central	Observada (ano)	-0,04	Com significância	+ 0,02581	Sem significância
	Período de 37 anos	-1,48		+ 0,95497	
Maciço de Baturité	Observada (ano)	+ 0,338007745	Sem significância	+ 0,016526727	Sem significância
	Período de 37 anos	+ 12,506		+ 0,61148	
Litoral-Leste/Jaguaribe	Observada (ano)	0,2941	Sem significância	+ 0,013855224	Sem significância
	Período de 37 anos	+ 10,8817		+ 0,5126432	
Cariri/Centro Sul	Observada (ano)	0,16230058	Sem significância	+ 0,00709843	Sem significância
	Período de 37 anos	+ 6,005121		+ 0,262641

Figura 2. Distribuição espacial das Tendências observadas nas séries de precipitação

Figura 3. Distribuição espacial das Tendências observadas nas séries de temperatura máxima

Conclusões

Observou-se que para o estado do Ceará tendências de diminuição nas precipitações foram encontradas para Região Metropolitana de Fortaleza, Sertão dos Inhamuns e Sertão Central, áreas que apresentam também menores áreas verdes e/ou menor quantidade de áreas vegetadas. Já tendências de aumento nas precipitações foram observadas no Litoral Oeste, Sobral/Ibiapaba, Baturité, Litoral Leste/Jaguaribe e Cariri/Centro Sul. Nas séries de temperatura máxima, foram observadas tendências de aumento em todas as regiões.

A tendência de aumento de temperatura é preocupante já por ser na região semiárida, e quando somado ao fato da maioria das regiões cearenses ter apresentado tendência de diminuição de chuva, o quadro necessita de mais atenção dos setores responsáveis. Esses fatores podem ser considerados como negativos devido às secas prolongadas e êxodo que todo o nordeste brasileiro já sofre ao longo dos anos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Apoio à Pesquisa (FUNCAP) pela concessão de bolsas e apoio financeiro à pesquisa, aprovada no edital BPI 05-2012.

Referências

- Blain, G. C., 2010. Séries anuais de temperatura máxima média do ar no estado de São Paulo: Variações e tendências climáticas. *Revista Brasileira de Meteorologia* 25, 114 – 124.
- Bi, H. X., Liu, B., Wu, J., Yun, L., Chen, Z. H., and Cui, Z. W., 2009. Effects of precipitation and land use on runoff during the past 50 yr in a typical watershed in Loess Plateau, China, *International Journal Sediment Research* 24, 352–364.
- Campos, I. B. P.; Ruivo, B. C., 2009. Análise da tendência climática para a cidade de Corumbá, Mato Grosso do Sul. *Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá*, 7-11 novembro, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.90-98.
- Castro, C. A .C., 2002. Interações Trópicos-Extratrópicos na escala de tempo intra-sazonal durante o verão austral e seus efeitos na América do Sul. *Dissertação de Mestrado*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo.
- Da Silva, D. F., 2009. Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroeconômicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do

- rio Mundaú (AL e PE). Tese de Doutorado em Recursos Naturais, 174p. UFCG (PB).
- Da Silva, D. F., 2014. Tendências e periodicidades da Insolação em Maceió (AL): Efeitos do “Global Dimming”? In: Mudanças climáticas e Biodiversidade, vol. 2, Editora UFPE.
- Figuerola, S. N., 1997. Estudo dos sistemas de circulação de verão sobre a América do Sul e suas simulações com modelos numéricos. Tese de Doutorado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-7121-TDI/672). São José dos Campos.
- Graef, F.; Haigis, J., 2001. Spatial and temporal rainfall variability in the sahel and it's effects on formen management strategies. *Journal of Arid Environments* 48, 221-231.
- Haylock, M. R.; Peterson, T. C.; Alves, L. M.; Ambrizzi, T.; Anunciação, Y. M. T.; Baez, J.; Barros, V. R.; Berlato, M. A.; Bidegain, M.; Coronel, G.; Corradi, V.; Garcia, V. J.; Grimm, A. M.; Karoly, D.; Marengo, J. A. Marengo; Marino, M. B. Moncunill, D. F.; Nechet, D.; Quintana, J.; Rebello, E.; Rusticucci, M.; , 2006. Trends in total and extreme South America rainfall in 1960-2000 and links with sea-surface temperatures. *Journal of Climate* 19, 1490-1512.
- IPCC. Climate Change, 2007: Synthesis Report. IPCC Plenary XXVII, Valencia, Spain, 73p.
- Kaiser, D. P.; Qian, Y., 2002. Decreasing trends in sunshine duration over China for 1954 1998: indication of increased haze pollution? *Geophys. Res. Lett* 29, 20-42.
- Kayano, M. T.; Kousky, V. E., 1996. Tropical circulation variability with emphasis on interannual and intraseasonal time scales. *Revista Brasileira de Meteorologia* 11, 06 -17.
- Kendall, M. G., 1975. Rank correlation measures. Charles Griffin: London, U.K, p.220.
- Kostopoulou, E., Jones, P. D., 2005. Assesment of climate extremes in the Eastern Meditteranean. *Meteorology and Atmospheric Physics* 89, 69-85.
- Kousky, V. E.; Kayano, M.T., 1994. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *J. Climate* 7, 1131-1143.
- Lopes, J. R. P.; Da Silva, D. F., 2012. Aplicação do Teste de Mann-Kendall para Análise de Tendência Pluviométrica no Estado do Ceará. *Revista de Geografia, Recife*.
- Lopes, J. R. F., 2013. Análise de tendências climáticas em variáveis meteorológicas no estado do Ceará. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em agronomia) - UFC Cariri.
- Marengo J. A., Camargo C.G., 2008. Surface air temperature trends in southern Brazil for 1960-2002. *Inter. Journal of Climatology* 28, 893-904.
- Mann, H. B., 1945. *Econometrica*. The econometric society 13, 245-259.
- Minetti, J. L., 1998. Trends and jumps in the annual precipitation in South America, south of the 15 degrees S. *Atmosfera* 11, 205-221.
- Minetti, J. L., Vargas, W. M., Poblete, A. G., Acuna, L. R., Casagrande, G., 2003. Non-linear trends and low frequency oscillations in annual precipitation over Argentina and Chile, 1931-1999. *Atmosfera* 16, 119-135.
- Minuzzi, R. B; Vianello, R. L.; Sediya, G. C, 2010. Oscilações Climáticas em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Meteorologia* 25, 227-236.
- Pallé, E.; Butler, C. J., 2001. Sunshine records from Ireland: Cloud factors and possible link to solar activity and cosmic rays. *International Journal of Climatology* 21, 709-729.
- Rusticucci, M., Penalba, O., 2000. Interdecadal changes in the precipit ation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature. *Climate Research* 16, 1-15.
- Rusticucci M., Barrucand M., 2004. Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina. *Journal of Climate* 17, 4099-4107.
- Santos, C. A. C.; Brito, J. I. B. 2007. Análise dos índices de extremos para o semiárido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. *Revista Brasileira de Meteorologia* 22, 303-312.
- Santos, C. A. C., Brito, J. I. B., Ramana Rao, T. V., Menezes, H. E. A., 2009. Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia* 24, 39-47.
- Santos, C. A. C., Manzi, A. O., 2011. Eventos extremos de precipitação no estado do Ceará e suas relações com a temperatura dos oceanos Tropicais, *Revista Brasileira de Meteorologia* 26, 157-165.
- Sansigolo, C. A.; Kayano, M. T., 2010. Tendências nas temperaturas máximas e mínimas e nas precipitações sazonais do Rio Grande do Sul (1913-2006), *Anais do CBMET, Congresso Brasileiro de Meteorologia*.
- Silva, R. A.; Silva, V. P. R; Cavalcanti, E. P.; Santos, D. N., 2010. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. *Revista*

- Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14, 501-509.
- Vincent L. A., Petterson T. C., Barros V. R., Marino M. B., 2005. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. *J. Climate* 18, 5011-5023.
- Xu, Z. X.; Takeuchi, K.; Ishidaira, H.; LI, J. Y., 2005. Long-term trend analysis for precipitation in Asian Pacific FRIEND river basins, *Hydrological Processes* 19, 3517–3532.
- Xavier, T. M. B. S.; Xavier, A. F. S.; Dias, M. A. F. S., 1996. Evolução da precipitação diária num ambiente urbano: O caso da cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia* 9, 44-53.