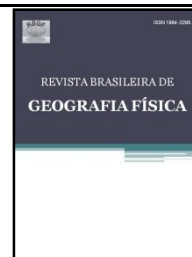




ISSN:1984-
2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará

Juliana Alcântara Costa¹ e Djane Fonseca Da Silva²

¹ Agrônoma UFCA, Mestranda em Engenharia Agrícola UFRB; ² Professora Doutora do Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT) – Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Maceió – AL, Brasil, Autor correspondente E-mail: djane.silva@icat.ufal.br;

Artigo submetido em 31/01/2017 e aceite em 01/06/2017

RESUMO

O monitoramento de eventos de precipitação irregular pode ser realizado através da utilização de índices de verificação climática. Dessa forma, objetivou-se apresentar um estudo da variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica do estado do Ceará, utilizando como ferramenta o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC); e a sua distribuição espacial também foi realizada no intuito de identificar áreas de maior ou menor severidade dos eventos climáticos. Os dados foram obtidos pelo INMET e pela ANA, para um período de 38 anos. A partir desses dados calculou-se o IAC anual para 12 postos pluviométricos, e o mesmo foi “plotado” em mapas de distribuição espacial. Observou-se que ocorreram mais anos de seca do que anos úmidos no Ceará e o período de seca mais severa e duradoura foi de 1979 a 1993. Notou-se um “ponto de inflexão” com modificações no padrão de precipitação ao longo da série histórica. A associação entre eventos de ATSM de mesma fase no Oceano Pacífico ocasionou a maximização dos eventos de precipitação irregular no Ceará. No Oceano Atlântico as ATSM também influenciaram dependendo de sua fase no aumento ou diminuição do IAC no estado. Palavras-chave: Seca, Clima, IAC.

Distribution space-temporal of rain anomaly index for the Ceará State

ABSTRACT

The monitoring irregular precipitation events can be accomplished through the use of climate scan rates. Thus, the objective was to present a study of the variation of rainfall space-time rainfall of Ceará, using as a tool the Rains Anomaly Index (RAI); and its spatial distribution was also performed in order to identify areas of greater or lesser severity of weather events. The data were obtained by INMET and the ANA, for a period of 38 years. From these data we calculated the annual IAC for 12 rain gauges, and it was "plotted" in spatial distribution maps. It was observed that there were more dry years than wet years in Ceará and the most severe and lasting dry period was from 1979 to 1993. It was noted a "tipping point" with changes in rainfall pattern over the time series. The association between same phase SSTA events in the Pacific Ocean caused the maximization of irregular rainfall events in Ceará. In the Atlantic Ocean SSTA also influenced depending on their phase in the increase or decrease in the RAI in the State.

Keywords: Drought, Climate, RAI.

Introdução

O conceito de seca depende fundamentalmente do ponto de vista do indivíduo, das características climáticas locais e de níveis de utilização da água. Fernandes et al. (2009) relata que não pode existir uma definição rígida e nem um único modelo de abordagem para o estudo da seca.

O estado do Ceará possui seu território quase que totalmente inserido dentro dos limites do semiárido, o que sempre o torna propenso às secas severas.

Walker (1928) foi o precursor da teoria de que o aquecimento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial tem influência sobre as secas do Nordeste do Brasil (NEB). Desde então,

1002

inúmeros estudos foram realizados fornecendo evidências de que os Oceanos Atlântico e Pacífico desempenham um papel significativo nas flutuações climáticas que ocorrem na América do Sul (AS) (Aragão, 1998; Moura et al., 2000; Andreoli e Kayano, 2007; Silva et al., 2011).

Da Silva et al. (2013) demonstrou que todas as oito macrorregiões do Estado do Ceará são influenciadas em suas precipitações pelas alterações em escalas sazonais, interanuais e decadais, comprovando que a sazonalidade, El Niño Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico, ciclo de manchas solares e Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) tem efeito direto sob as precipitações no estado.

Freitas (1996) propôs uma metodologia para análise do fenômeno das secas (IAC), indicando que a abordagem seja estruturada nos seguintes tópicos: (1) definição dos diversos tipos de secas; (2) previsão e monitoramento; (3) gerenciamento dos recursos hídricos; (4) avaliação dos efeitos e (5) planejamento das ações mitigadoras.

O monitoramento desses eventos de precipitação irregular pode ser realizado com a utilização de índices de verificação climática os quais caracterizam os períodos secos e chuvosos, para entender o comportamento climatológico de uma localidade, Estado ou região. Pode-se assim, conhecer a severidade desses fenômenos e consequentemente seus impactos.

O Índice de Anomalia de Chuvas tem sido utilizado com muita eficiência nesse sentido, pois esse além de ser de fácil aplicabilidade, requerendo apenas dados pluviométricos, é também bastante preciso se comparado a outros índices (Freitas, 2005; Da Silva, 2009).

Freitas (2005) cita que uma das vantagens no emprego desse índice é a possibilidade de um acompanhamento quase simultâneo, podendo ser diário, semanal ou mensal, dependendo da disponibilidade dos dados, do nível de severidade e duração dos períodos secos, podendo assim adotar medidas efetivas de forma hábil e eficiente, objetivando minimizar os impactos ocasionados por uma seca.

Desenvolvido por Rooy (1965), o Rainfall Anomaly Index (RAI) ou Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é utilizado para classificar as severidades positivas e negativas nas anomalias de precipitações. É um índice considerado muito simples (Freitas, 2004; Fernandes et al, 2009; Da Silva, 2009), necessitando de dados somente de precipitação. Segundo Rooy (1965) o índice visa

tornar viável a comparação entre desvios de precipitação entre diversas regiões.

Oladipo (1985) em estudo comparativo entre índices de seca, utilizando dados do Estado de Nebraska (EUA), concluiu que diferenças entre o IAC e os mais complexos índices de Palmer e Bhalme-Mooley são praticamente insignificantes.

Freitas (2004; 2005) empregou o IAC para localidades no Estado do Ceará e observou que, com base nesse índice; é possível fazer uma comparação da configuração atual das precipitações em relação aos valores históricos, servindo ainda para avaliar a distribuição espacial do evento, conforme sua intensidade.

Araújo et al. (2009) utilizaram o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) para analisar a climatologia da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (PB), verificando como a variabilidade climática influencia a precipitação local e como se dá a variabilidade espaço-temporal das chuvas na região. Com isso obtiveram algumas conclusões, uma delas é que até a década de 50 os anos eram mais úmidos, com um ponto de inflexão da década de 50 a 60, voltando ao padrão após o término da década de 60.

Da Silva (2009), primeira tese utilizando IAC, realizou o estudo para a Bacia hidrográfica do Rio Mundaú e através do IAC anual detectou um “ponto de inversão” na série de precipitação. No Baixo Mundaú, o período antes de 1974 é mais úmido que o posterior. Já para o Médio e Alto Mundaú, o período depois de 1974 foi mais úmido que o anterior a esse ano. Com o IAC mensal a autora determinou que as quadras chuvosas de anos secos contribuíram com 50% do total anual precipitado, em média, e nos anos úmidos a quadra chuvosa contribuiu com 75% do total anual precipitado.

Marcuzzo e Goularte (2012) empregaram o IAC para apresentar um estudo da variação temporal quantitativa da precipitação pluviométrica do Estado do Tocantins, utilizando dados de 43 estações pluviométricas, com uma série de 30 anos (1977 a 2006), e concluíram que a distribuição pluviométrica no Estado do Tocantins apresenta uma grande variação nos índices interanuais precipitados em cada mês.

Da Silva et al. (2012) utilizaram o IAC como ferramenta de análise para verificar a influência do fenômeno ENOS e da ODP na variabilidade das precipitações na Região Metropolitana de Fortaleza e na Região do Cariri, ambas no Estado do Ceará. Os autores inferiram que a associação entre as fases quentes e frias do

ENOS e da ODP promoveram, respectivamente, diminuição e aumento nas chuvas para a região de Fortaleza, demonstrando uma forte correlação entre os eventos, diferentemente do observado para a região do Cariri cearense.

Sousa e Da Silva (2013), em estudo realizado utilizando-se o IAC para caracterizar a precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe, para o período de 1921 a 2010, detectaram a predominância de anos secos em toda a Bacia hidrográfica. O ano de 1964 pode ser considerado como um “ponto de inversão” no comportamento climático da Bacia hidrográfica. Antes de 1964, o IAC identificou anos secos mais severos, com anomalias negativas mais intensas, e já depois de 1964, pôde-se observar IAC mais intensos e positivos (anos mais úmidos).

Portanto, objetivou-se nesse trabalho apresentar um estudo da variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica do Estado do Ceará, utilizando como ferramenta o IAC, identificando áreas de maior ou menor severidade dos eventos.

Material e métodos

Área de estudo

O estado do Ceará localiza-se no norte da região Nordeste do Brasil, especificamente entre as coordenadas 2,5° S e 10° S de latitude e 34° W e 42° W de longitude; com extensão territorial de 148.826 Km², que corresponde a 9,58% do Nordeste brasileiro e 1,75% do território nacional (IPECE, 2013).

As regiões mais áridas de paisagens secas se distribuem dentro da depressão a oeste e a sudeste do Estado. Na região do litoral, distribuem-se as paisagens subúmidas condicionadas pela maior influência dos alísios, onde surge vegetação mais densa, com forte presença de carnaubais, os quais caracterizam trechos de mata dos cocais. O clima também se torna subúmido, com caatinga mais densa e maior pluviosidade, nas adjacências das chapadas e serras (Rodríguez e Silva, 2002).

O Estado é dividido em 8 Macrorregiões administrativas (Figura 1): Baturité, Região Metropolitana de Fortaleza, Litoral Oeste, Sertão dos Inhamuns, Cariri-Centro Sul, Litoral Leste-Jaguaribe, Sobral-Ibiapaba e Sertão Central (IPECE, 2013).



Figura 1. Estado do Ceará e suas macrorregiões. Fonte: IPECE (2013)

Dados

Foram utilizados dados de precipitação diária, obtidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e dados complementares, obtidos através da ANA (Agência Nacional de Águas),

usados para preenchimento dos dados faltosos do INMET. O período estudado foi de 1973 a 2010, totalizando 38 anos. O IAC foi empregado para os 12 postos abaixo relacionados (Tabela 1).

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos postos pluviométricos utilizados.

Estação	Latitude (graus)	Longitude (graus)	Altitude (m)
Acaraú	-2,88	-40,13	16,5
Barbalha	-7,31	-39,29	409,03
Campos Sales	-7	-40,38	583,5
Crateús	-5,16	-40,66	296,82
Fortaleza	-3,75	-38,54	26,45
Guaramiranga	-4,28	-39	870,67
Iguatú	-6,36	-39,29	217,67
Jaguaruana	-4,78	-37,76	11,71
Morada Nova	-5,11	-38,36	43,62
Quixeramobim	-5,16	-39,28	79,50
Sobral	-3,73	-40,33	109,62
Tauá	-6	-40,41	398,77

A partir desses dados calculou-se o IAC anual e o mesmo foi “plotado” em mapas de distribuição espacial no Software Surfer versão 11.0, utilizando o método de Kriging.

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Para analisar a frequência e intensidade dos anos secos e chuvosos na área estudada empregou-se o IAC, menos complexo do que outros índices, necessitando somente de dados pluviométricos, enquanto outros utilizam ainda variáveis como evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial etc (Da Silva, 2009).

Segundo Da Silva (2009) o IAC foi desenvolvido e utilizado primeiramente por Rooy (1965) e adaptado para o Nordeste do Brasil por Freitas (2005):

$$IAC = 3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right], \text{ para anomalias positivas} \quad (1)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right], \text{ para anomalias negativas} \quad (2)$$

Em que:

N = precipitação anual atual, ou seja, do ano que será gerado o IAC (mm);

\bar{N} = precipitação média anual da série histórica (mm);

\bar{M} = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

\bar{X} = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm); e anomalias positivas são

valores acima da média e negativas abaixo da média.

Nesta etapa, tomando por base a tabela 1, o IAC foi considerado de acordo com categorias criadas. Deve ser lembrado o fato de não existir categorias no IAC criado por Rooy (1965) e adaptado por Freitas (2005), mas foram usadas neste estudo no intuito do leitor melhor interpretar os valores de IAC mediante sua intensidade, desta forma, visualiza-se melhor os possíveis efeitos em cada região e ano estudado. Ressalta-se também que as categorias usadas aqui foram divididas mediante os valores de IAC da área de estudo, de seus valores máximos e mínimos obtidos e que para outras áreas, suas categorias devem ser adaptadas.

Tabela 1: Categorias de IAC encontrados para o estado do Ceará

Intervalo de IAC	Característica da pluviometria
De -5,5 a -2,5	Seco moderado à intenso
De -2,4 a 0	Seco
De 0 a 2,4	Úmido
De 2,5 a 5,5	Úmido moderado à intenso
De 5,6 a 7,8	Extremamente úmido

Eventos associados de ENOS e ODP

Foram gerados mapas para visualização espacial, através do software Surfer 11.0 e método

Kriging, no intuito de verificar a distribuição espacial do IAC no Estado do Ceará durante a ocorrência simultânea de ENOS e ODP.

Os anos de eventos de ENOS e ODP foram escolhidos através da metodologia e critérios utilizados por Andreoli e Kayano (2005), Da Silva et al. (2011), Da Silva et al. (2012) e Brabo Alves (2012):

- El Niño e ODP quente: anos de 1976 e 1982;
- El Niño e ODP fria: anos de 1983 e 1992;
- La Niña e ODP quente: anos de 1985 e 1988;
- La Niña e ODP fria: anos de 1973 e 1975.

Eventos do Dipolo do Atlântico

Também foram gerados mapas para visualização espacial durante a ocorrência de eventos de Dipolo do Atlântico.

Os anos de eventos de Dipolo do Atlântico foram escolhidos conforme Souza et al. (1998):

- Fase Positiva (anomalias de TSM positivas na Bacia Norte e negativas na Bacia Sul do Oceano Atlântico): anos de 1978 e 1980.

- Fase Negativa (anomalias de TSM negativas na Bacia Norte e positivas na Bacia Sul do Oceano Atlântico): anos de 1974 e 1985

Resultados e discussão

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Os anos secos e os anos chuvosos, durante o período de 1973 a 2010, para o estado do Ceará, puderam ser visualizados através do IAC, tornando possível identificar períodos onde esses eventos foram mais intensos e/ou duradouros (Figura 2). Os valores positivos representam anos chuvosos ou úmidos e os valores negativos, os anos secos. É possível visualizar, que para todo o período, houveram 18 anos com IACs positivos e 20 anos com IACs negativos, ou seja, mais anos secos do que chuvosos.

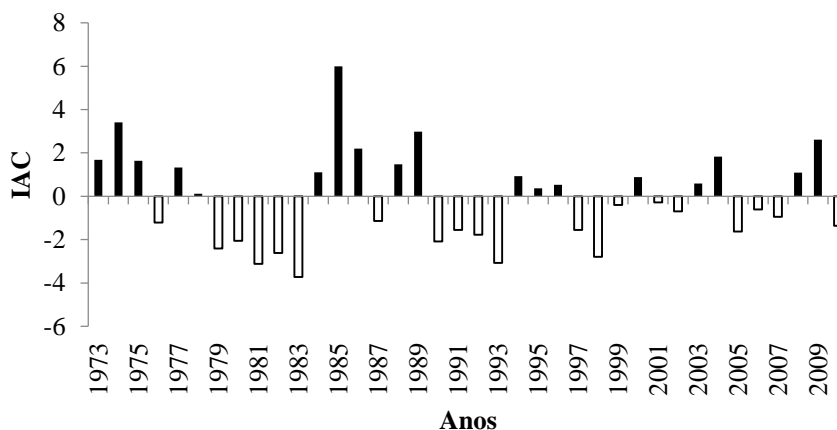


Figura 2. Média do Índice de Anomalia de Chuva para o estado do Ceará de 1973 a 2010.

Analisando a primeira metade do período de 38 anos (Figura 2), pode-se identificar que até o ano de 1991 ocorreram mais anos chuvosos do que após essa data. Antes de 1991 foram 10 anos com IAC positivo e 9 anos com IAC negativo, após esse ano, houveram 8 anos com IAC positivo e 11 anos com IAC negativo; tornando o período após 1991 evidentemente mais seco que o período anterior, caracterizando-se como um “ponto de inflexão” de uma possível modificação no padrão de precipitação local

Tal “ponto de inflexão” também esteve presente nos resultados encontrados por Araújo et al. (2007), Araújo et al. (2009) e Da Silva (2009) em seus trabalhos com IAC.

No decorrer do período verificam-se observar algumas características singulares, pois

até 1978 existe uma alternância entre anos chuvosos e anos secos, entretanto após esse ano ocorre uma modificação onde anos mais secos são mais evidentes, período que dura até 1983. Após esse período ocorre o inverso, anos seguidos de precipitação positiva, com altos valores de IAC.

Os períodos que permaneceram por mais tempo com índices negativos (secas) foram de 1979 a 1983 e de 1980 a 1993 (Figura 2). Tendo o ano de 1983 como o mais seco de todo o período com IAC de -3,73, seguindo pelos anos de 1981 e 1993 com IACs de -3,12, -3,07, respectivamente. O ano de maior valor positivo foi 1985, com IAC médio de 5,99.

Julgou-se importante também conhecer o comportamento histórico das chuvas no Estado durante o ano. Diante disso, elaborou-se o gráfico

(Figura 3), que demonstra a precipitação média no Estado, com o período chuvoso tendo início no mês de janeiro se estendendo até o mês de maio. O mês de março apresentou o valor máximo de

precipitação, em torno de 213 mm. O quadrimestre de agosto a outubro se mostrou como o período mais seco do ano, tendo como precipitação mínima 7,2 mm, em média, no mês de setembro.

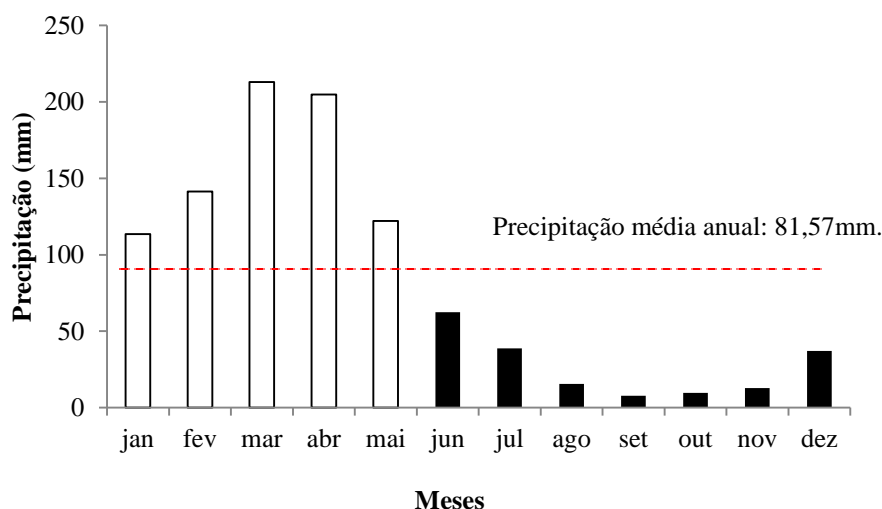


Figura 3. Médias climatológicas de 1973 a 2010 das precipitações para o Estado do Ceará.

Na Figura 4, na qual tem-se a distribuição espacial do Índice de Anomalia de Chuvas pelo território cearense, é possível notar que, em todo o Estado, o IAC médio para o período histórico foi

negativo. Observa-se também a variabilidade deste índice entre as diversas regiões do Estado, que chega a ser de aproximadamente -0,01 a -0,26, entre Fortaleza e Campo Sales.

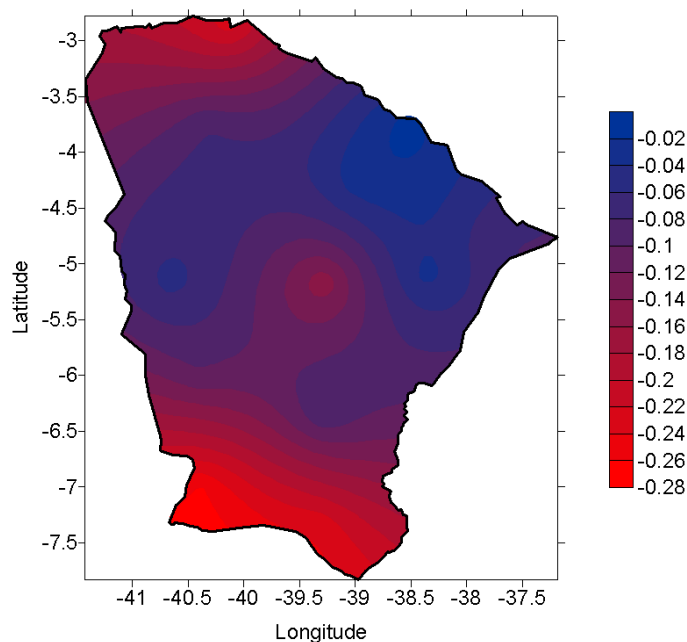


Figura 4. Distribuição espacial da média do IAC no Ceará.

Pode-se observar que na porção correspondente as macrorregiões da RMF, Baturité, Litoral Leste/Jaguaribe, e parte do Sertão dos Inhamuns (estação de Crateús) o índice foi

maior do que nas regiões Litoral Oeste, Sobral/Ibiapaba, Cariri Centro Sul, Sertão Central e parte do Sertão dos Inhamuns (estação de Tauá) (Figura 4)

Distribuição espacial no IAC no Ceará mediante fenômenos climáticos

Buscando visualizar de forma espacial o IAC nas macrorregiões do Estado do Ceará, foram elaborados os seguintes mapas de distribuição espacial do IAC, mediante fenômenos climáticos distintos. Nas Figuras 5 e 6 observam-se as distribuições espaciais do IAC em anos que ocorreram a junção entre El Niño e ODP quente; ambos, quando em ocorrência concomitante, influenciam diretamente o comportamento pluviométrico no NEB com o aumento das secas

(Ferreira e Mello, 2005; Andreoli e Kayano, 2005; Da Silva et al., 2011, dentre outros). Desta forma, é possível visualizar que em 1976 (Figura 5) a região central foi a mais afetada, enquanto que no ano de 1982 os menores índices de chuva vieram da região sul do Ceará. Em 1982 (Figura 6) o IAC esteve negativo em todo o território cearense, o que pode ter gerado danos significativos, principalmente para a agropecuária no Estado. Tais resultados encontram-se em acordo com Gershunov e Barnett (1998) e Da Silva et al. (2012).

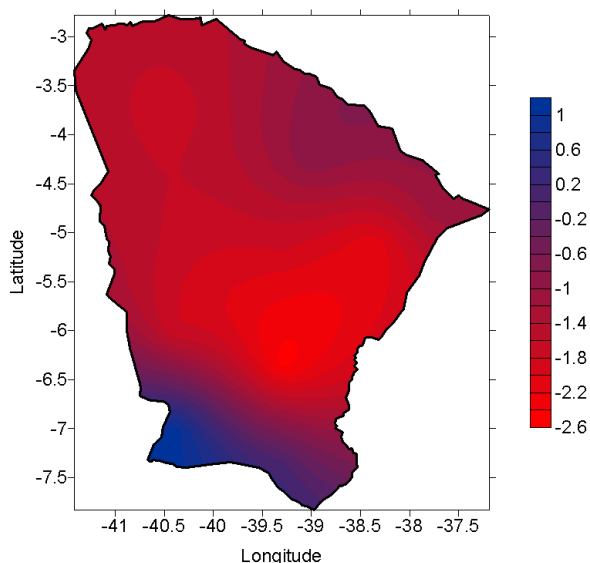


Figura 5. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1976, sob influência de El Niño e ODP quente.

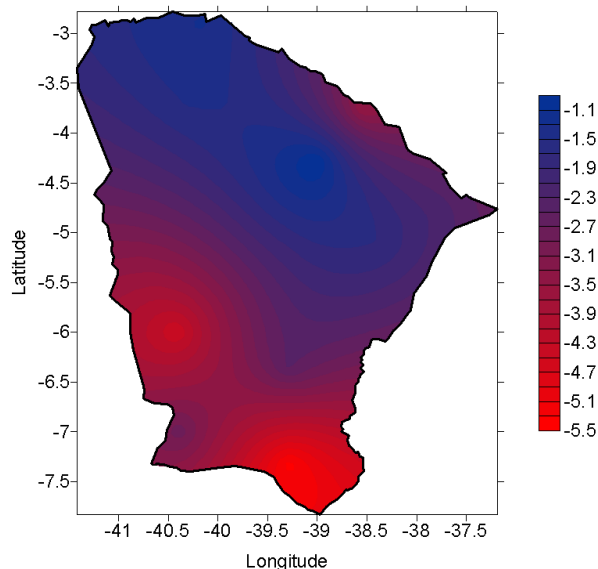


Figura 6. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1982, sob influência de El Niño e ODP quente.

Nas Figuras 7 e 8 tem-se a distribuição espacial do IAC em anos de ocorrência mútua dos eventos El Niño e ODP fria. Gershunov e Barnett (1998), Andreoli e Kayano (2005) e Da Silva et al. (2009) afirmam que estes fenômenos quando em fases opostas, como nesse caso, provocam anomalias mais fracas e mal definidas do que quando eles encontram-se na mesma fase. Nesses anos a influência do El Niño se sobressaiu em

relação à ODP fria, porém de forma mais sutil em comparação ao ano de 1982, por exemplo. É possível notar também que as Bacias do Sertão Central e do Rio Jaguaribe apresentam os menores IACs nesses anos, o que pode ter provocado uma diminuição significativa na vazão do Rio Jaguaribe nesses anos, impactando a população que depende deste para o seu sustento.

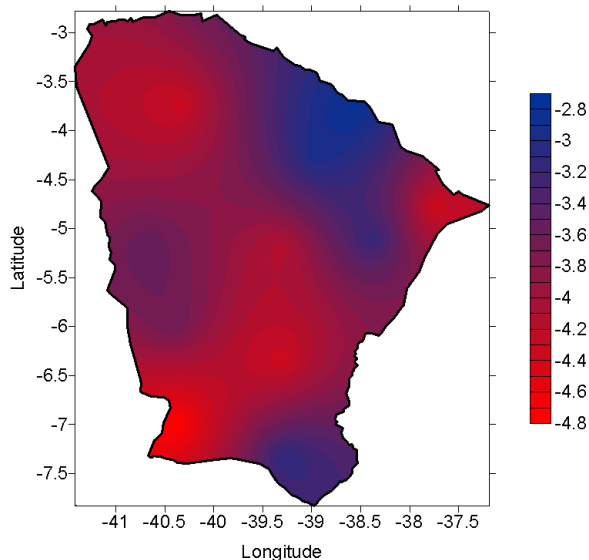


Figura 7. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1983, sob influência de El Niño e ODP fria.

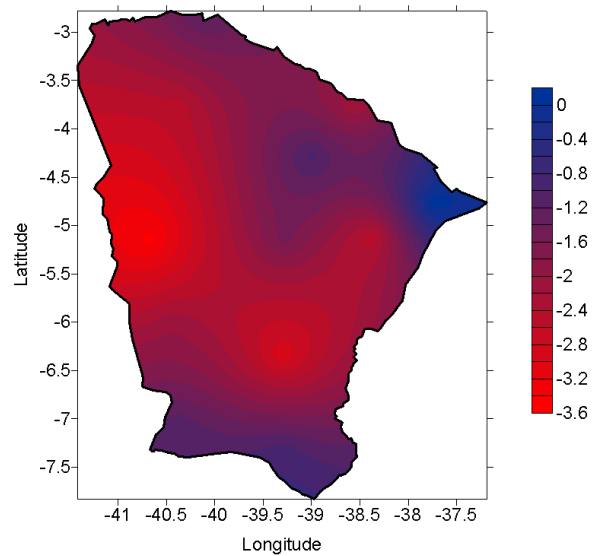


Figura 8. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1992, sob influência de El Niño e ODP fria.

As distribuições espaciais do IAC visualizadas nas Figuras 9 e 10 correspondem aos anos de 1985 e 1988, os quais ocorreram as junções entre os fenômenos La Niña e ODP quente, o que faz com que as anomalias positivas não sejam tão significativas (Gershunov e Barnett, 1998). Entretanto, nota-se que, assim como para os anos 1983 e 1992 (Figuras 7 e 8), o efeito do ENOS se

sobressaiu em relação à ODP. Desta forma, os anos apresentaram em sua imensa maioria, IAC positivo para todo o estado do Ceará, tal fato pode ser justificado pela sua localização do Estado, que é mais próximo às áreas de ocorrência do El Niño e La Niña do que da Bacia do Oceano Pacífico Norte, relacionada à ODP.

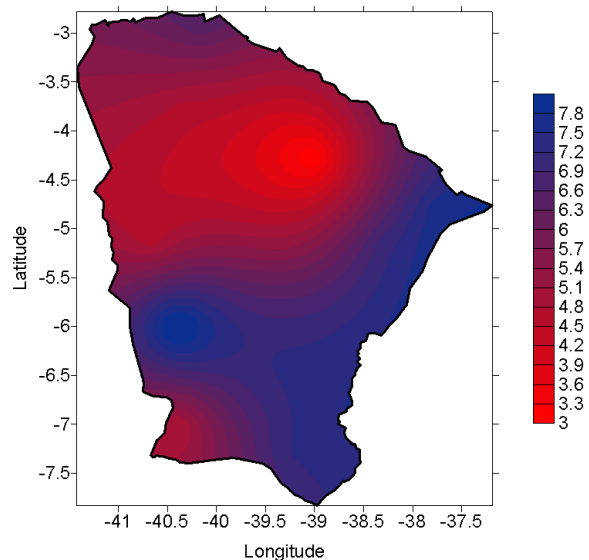


Figura 9. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1985, sob influência de La Niña e ODP quente.

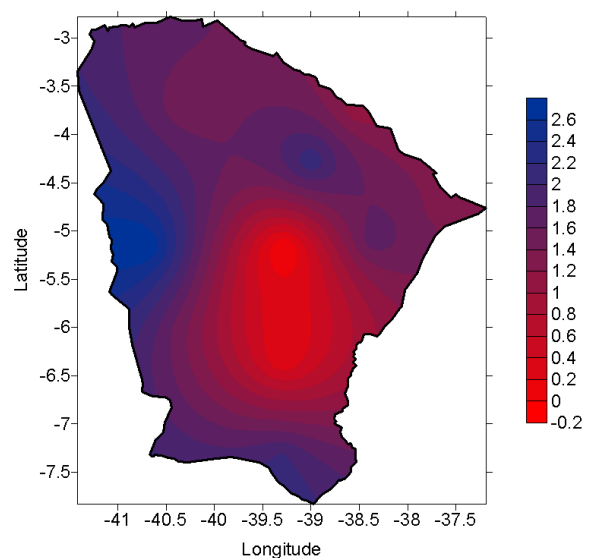


Figura 10. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1988, sob influência de La Niña e ODP quente.

Em 1985 (Figura 9) ocorreu o maior índice de chuva do Ceará, mesmo estando sob efeito de ODP quente; tal fato pode ser justificado porque esse ano além de contar com o evento de La Niña

ainda, segundo Souza et al. (1998) ocorria a influência positiva do Oceano Atlântico.

Nas Figuras 11 e 12 observam-se a distribuição espacial do IAC em anos de La Niña e

ODP fria. De acordo com Andreoli e Kayano (2005) e Da Silva et al. (2011) tal junção provoca intensificação na precipitação da América do Sul,

porém, o que se observa é que tanto em 1973 quanto em 1975 houveram IACs negativos.

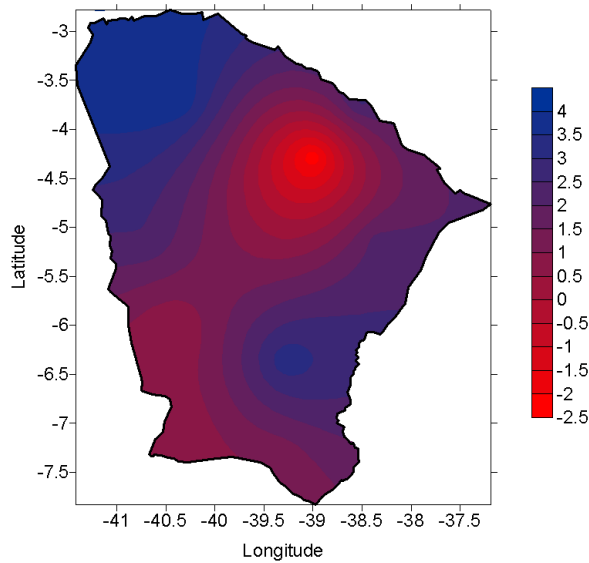


Figura 11. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1973, sob influência de La Niña e ODP fria.

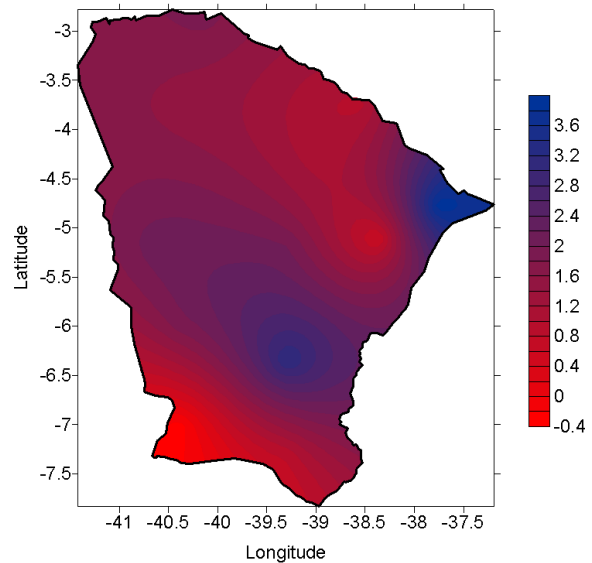


Figura 12. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1975, sob influência de La Niña e ODP fria.

Da Silva et al. (2012), também observou anomalias negativas no ano 1975 para a região do Cariri. Já ano de 1973 (Figura 11), além da influência de La Niña e ODP fria, ainda foi um ano de Dipolo Negativo do Oceano Atlântico (Souza et al., 1998), outro evento que favorece as chuvas no NEB, mesmo assim apresentou IAC negativo na RMF e de Baturité. Isso pode ter ocorrido porque esses anos ainda estavam sob efeito de secas anteriores severas, não havendo, portanto, água suficiente para evaporar.

As Figuras 13 e 14 correspondem aos anos de 1978 e 1980, respectivamente, ambos sob influência de Anomalias na Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Atlântico em sua fase positiva. Segundo Souza et al. (1998), Ferreira e Mello (2005), Andreoli e Kayano (2007) e Moura et al. (2009), esse comportamento do Oceano Atlântico provoca um menor índice de precipitação no NEB provocando secas. Dessa forma, é possível verificar que em quase todas as regiões o IAC foi negativo ou muito próximo à zero.

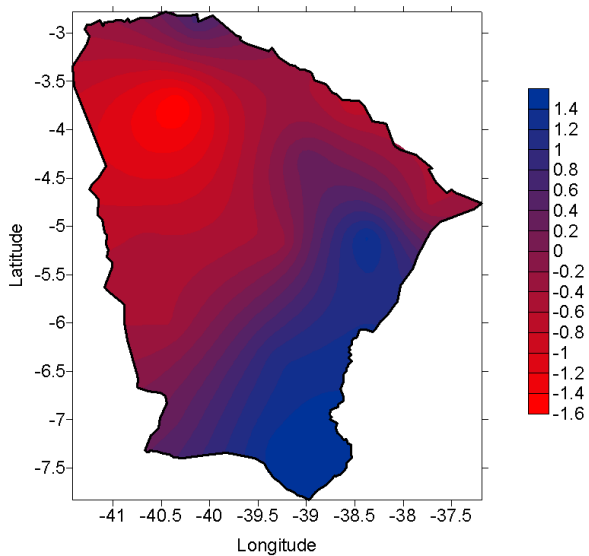


Figura 13. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1978, sob influência de ATSM do Oceano Atlântico Positiva.

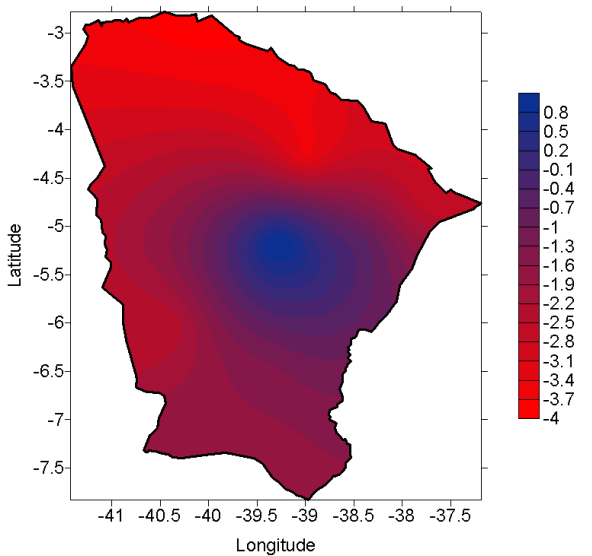


Figura 14. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1980, sob influência de ATSM do Oceano Atlântico Positiva.

As Figuras 15 e 16 apresentam a distribuição espacial do IAC em anos de ATSM do Oceano Atlântico na fase negativa, o que representa chuvas acima da média em todo o NEB (Souza et al., 1998; Ferreira e Mello, 2005; Andreoli e Kayano, 2007; Moura et al., 2009), dessa forma pode-se observar que em ambos os anos (1974 e 1985) o IAC foi em sua maioria positivo para todo o Estado. O ano de 1985, além do evento de ATSM do Oceano Atlântico negativa

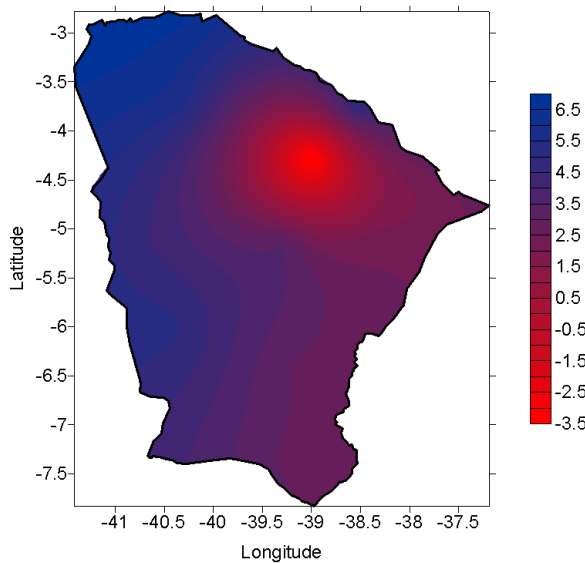


Figura 15. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1974, sob influência de ATSM do Atlântico Negativa.

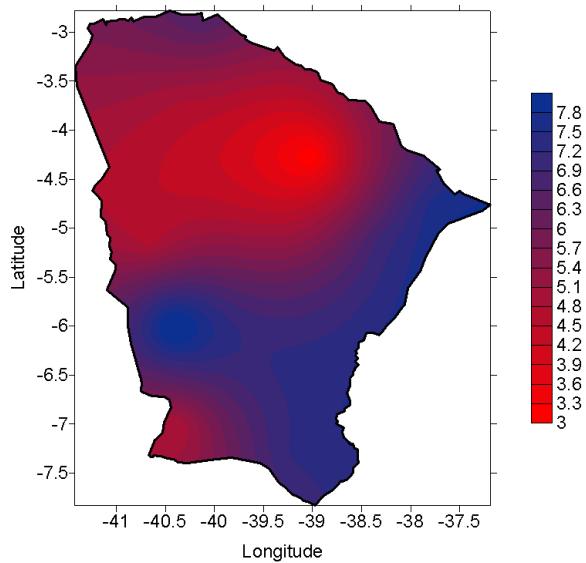


Figura 16. Distribuição espacial do IAC no Ceará em 1985, sob influência de ATSM do Atlântico Negativa.

Conclusões

Para o período compreendido entre 1973 e 2010, observou-se, com a utilização do Índice de Anomalia de Chuva, mais anos de seca do que anos úmidos no Ceará. Quanto à evolução temporal anual do IAC, visualizou-se um “ponto de inflexão” com modificações no padrão de precipitação, onde até o ano de 1991 ocorreram mais anos úmidos do que após esse período, que teve maior número de secas. Entretanto, os períodos de secas mais severas e duradouras, encontraram-se entre os anos de 1979 a 1993 e de 1980 a 1993.

Ambos os períodos, principalmente 1979 a 1983, representam impactos austeros para a população Cearense, provocando mortes e flagelo.

As áreas em que as secas foram mais severas estão localizadas na região do Sertão Central, Cariri-Centro Sul, Litoral Oeste e Sertão dos Inhamuns. Os IACs mais negativos foram encontrados nos municípios de Campos Sales e Barbalha. Já as áreas mais úmidas, com os IACs

mais positivos, correspondem à RMF e macrorregião de Baturité. O município de Fortaleza apresentou o maior IAC médio para o período, seguido por Guaramiranga.

Nos anos em que houve interação entre El Niño e ODP quente, favorecendo a incidência de seca, quase todo o Estado apresentou IAC negativo. Já nos anos de La Niña e ODP fria, o IAC foi positivo por aproximadamente toda a extensão do Ceará, evidenciando o potencial de interação do ENOS e ODP sobre a pluviosidade no NEB, quando ambos os fenômenos encontram-se na mesma fase.

Da mesma forma, em anos de ATSM positiva no Oceano Atlântico, o IAC do Ceará foi negativo por quase toda a sua extensão. Em anos de ATSM negativa no Oceano Atlântico o IAC foi em sua maioria positivo para todo o Estado. Foi possível visualizar uma associação positiva também entre ENOS e Dipolo do Atlântico, em suas fases de La Niña e Dipolo Negativo,

respectivamente, favorecendo consideravelmente o aumento nas chuvas do Estado no ano de 1985.

Constata-se nesse estudo, que o IAC é uma importante ferramenta para o acompanhamento comportamental da precipitação no Estado do Ceará. Além disso, salienta-se a necessidade de mais estudos sobre as particularidades climáticas das distintas regiões do Ceará, visando auxiliar na implementação de medidas de convivência que atendam a especificidades de cada local, e que sejam condizentes com a sua realidade climática e social.

Referências

- Andreoli, R. V.; Kayano, M. T. 2005. ENSO-Related Anomalies in South America and Associated Circulation Features During Warm and Cold Pacific Decadal Oscillation Regimes. *International Journal Climatology* 25, 2017-2030.
- Andreoli, R.V.; Kayano, M.T. 2007. A importância relativa do Atlântico Tropical sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do nordeste do Brasil, *Revista Brasileira de Meteorologia* 22,63-74.
- Aragão, J. O. R. 1998. O impacto do ENSO e do dipolo do Atlântico no nordeste do Brasil. *Bulletin Institut Français Études Andines*, 27, p.839-844. Disponível : <[http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/27\(3\)/839.pdf](http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/27(3)/839.pdf)>. Acesso: 11 dez. 2014.
- Araújo, L. E.; Da Silva, D. F.; Moraes Neto, J. M.; Sousa, F. A. S. de. 2007. Análise da Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação na Bacia do rio Paraíba usando IAC *Revista Brasileira de Meteorologia* 23, 162-169.
- Araújo, L. E.; Neto, J. M. M.; Sousa, F. A. S. 2009. Análise climática da bacia do Rio Paraíba – Índice de Anomalia de Chuva (IAC). *Engenharia Ambiental - Unipinhal*, 6, 508-523.
- Brabo Alves, J. M. 2012. Recentes variações climáticas no Nordeste do Brasil com ênfase a precipitação: relações com ENOS, Dipolo de temperatura da superfície do Mar no Atlântico Tropical e a Oscilação decadal do Pacífico. *Revista de Geografia* 29, 147-166.
- 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 (Doutorado), Campina Grande UFCG.
- Da Silva, D. F.; Kayano, M. T.; Sousa, F. A. S.; Araújo, L. E. 2009. Análise da Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação na Bacia hidrográfica do rio Mundaú usando IAC. *UNOPAR Científica. Ciências Exatas e Tecnológicas* 7, 12-29.
- Da Silva, D. F.; Costa, I. M.; Mateus, A. E.; Sousa, A. B. 2013. Previsão Climática e de Ciclos Climáticos para o Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, 959-977.
- Da Silva, D. F.; Galvêncio, J. D.; Nóbrega, R. S. 2011. Influência da variabilidade climática e da associação de fenômenos climáticos sobre sub-bacias do rio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* 1, 01-16.
- Da Silva, D. F.; Sousa, A. B.; Maia, L. M.; Rufino, L. L. 2012. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. *Revista de Geografia* 29, 30-34.
- Fernandes, D. S.; Heinemann, A. B.; Paz, R. L.; Amorim, A. O.; Cardoso, A. S. 2009. Índices para a Quantificação da Seca. Santo Antônio de Goiás, 1 ed. Embrapa Arroz e Feijão, Goiás.
- Ferreira, A. G.; Mello N. G. S. 2005. 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* 1, 14-22.
- Freitas, M. A. S. 2004. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Paraíba no Nordeste do Brasil. In: *Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses*, Cacier, Puerto Iguazú, 1-11.
- Freitas, M. A. S. 1996. Aspectos a Serem Considerados Quando de uma Análise Regional Integrada de Secas, *Revista Tecnologia - UNIFOR* 17, 9-17.
- Freitas, M. A. S. 2005. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. *Revista Tecnologia Fortaleza, Suplementar*, 84-95.
- Gershunov A; Barnett, T. P. 1998. Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. *Bulletin of the American Meteorological Society* 79, 2715–2725.
- IPECE, 2013. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Anuário Estatístico do Ceará. Disponível : <<http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2013/territorio/posicao.htm>>. Acesso: 27 jan..
- IPECE, 2013. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Ceará em números.

Disponível:

<http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2013/completa/Ceara_em_Numeros_2013.pdf>. Acesso: 10 jan..

- Marcuzzo, F. F. N.; Goularte, E. R. P. 2012. Índice de Anomalia de Chuvas do Estado do Tocantins. *Geoambiente on-line* 19, 55-71.
- Moura, G. B. A.; Aragão, J. O. R.; Lacerda, F. F.; Passavante, J. Z. O. 2000. Relação entre a precipitação no setor leste do Nordeste do Brasil e a temperatura da superfície nos oceanos Atlântico (área do Dipolo) e Pacífico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 4, 247-251.
- Moura, G. B. A.; Aragão, J. O. R.; Melo, J. S. P.; Silva, A. P. N.; Giongo, P. R.; Lacerda, F. F. 2009. Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos. *Revista Brasileira de Eng. Agrícola e Ambiental* 13, 462 – 469.
- Oladipo, E. O. 1985. A comparative performance analysis of three meteorological drought indices. *Journal of Climatology* 5,655–664.
- Rodriguez, J. M. M.; Silva, E. V. A. 2002. Classificação das paisagens a partir de uma cisão geossistêmica. *Mercator - Revista de Geografia da UFC* 1, 96 – 112.
- Rooy, M. P. V. 1965. A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos* 14, 43-48.
- Silva, A. P. N. S.; Moura, G. B. A.; Giongo, P. R. G.; Medeiros, S. R. R. 2011. Correlação entre as Temperaturas da Superfície do Mar e a quantidade da precipitação na estação chuvosa no Nordeste do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meteorologia* 26, 149-156.
- Sousa, A. B.; Da Silva, D. F. 2013. Causas Climáticas da variabilidade pluviométrica e tendências climáticas na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe. *Caminhos de Geografia* 14,101-107.
- Souza, E. B.; Brabo Alves, J. M.; Nobre, P. 1998. Anomalias de precipitação nos setores Norte e Leste do Nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão de Dipolo observados na Bacia do Atlântico Tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia* 13, 45-55.
- Walker, G.T. 1928. Ceará (Brazil) famines and the general air movement. *Beitrag zur Physik der freien Atmosphere* 14, 88-93.