

# DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO ÍNDICE DE ARIDEZ PARA AS MICRORREGIÕES DA PARAÍBA

*Filipe Cesar Pereira Lima<sup>1</sup>; Humberto Júnior Neves Barbosa<sup>2</sup>; Nayanna de Lucena Vidal<sup>3</sup>; Mônica Larissa Aires Macêdo<sup>4</sup> & Richarde Marques da Silva<sup>5</sup>*

**RESUMO** – A aridez é um elemento importante para classificação do clima de uma determinada região. O Índice de Aridez é um dos índices mais utilizados para definir as diferentes zonas climáticas áridas. Analisar a variabilidade espacial do índice de aridez é de suma importância para o Nordeste do Brasil, pelo fato dessa região ser historicamente marcada por eventos de seca e pela distribuição irregular das chuvas, que acarreta graves problemas sociais, econômicos e ambientais. Este trabalho tem por objetivo determinar e espacializar o Índice de Aridez para o Estado da Paraíba mediante técnicas de Sistemas de Informação Geográfica. Para a realização deste estudo foram utilizados dados de latitude, longitude, precipitação e evapotranspiração de 98 estações climatológicas da Embrapa, com séries de 1911 a 1990. Os dados foram analisados estatisticamente usando CV, Desvio Padrão e teste não paramétrico de Kendall. Em seguida foram processadas as informações do índice de aridez cartograficamente por ano e em períodos sazonais de chuva. A principal conclusão é que as terras secas na Paraíba ocupam a maior parte do seu território e que a Mesorregião da Borborema é a que mais contribui para os maiores índices de aridez.

**ABSTRACT** – The dryness is an important element for the classification of the climate of a region. The Aridity index is one of the most used to define the different arid climatic areas. In order to determine and analysis the spatial variability of aridity index for Northeastern of Brazil, because historically this region is marked by drought events, which cause social, economic and environmental problems. This study aims to assess and identify geospatially aridity index major areas in the Paraíba State based on Geographic Information Systems techniques. In order this study latitude, longitude, rainfall and Evapotranspiration data of 98 weather stations of Embrapa, with series from 1911 to 1990 were used. The data were analyzed statistically using CV standard deviation and Kendall non-parametric test, and additionally processed the information of the aridity index cartographically by year and mesoregions. The main conclusion is that the dry land in Paraíba occupies most part of territory and that mesoregion Borborema is the largest contributor to the highest levels of Aridity Index.

**Palavras-chave:** SIG, precipitação, evapotranspiração.

---

<sup>1</sup> Bolsista do PROEXT/MEC/Ministério das Cidades. Graduando em Geografia (DGEOC/CCEN/UFPB). E-mail: [filipecesar2010@hotmail.com](mailto:filipecesar2010@hotmail.com)

<sup>2</sup> Bolsista do PROEXT/MEC/Ministério das Cidades. Graduando em Geografia (DGEOC/CCEN/UFPB). E-mail: [humberto.panda@hotmail.com](mailto:humberto.panda@hotmail.com)

<sup>3</sup> Bolsista do PROEXT/MEC/Ministério das Cidades. Graduando em Engenharia Ambiental (DECA/CT/UFPB). E-mail: [nayanna.vidal@hotmail.com](mailto:nayanna.vidal@hotmail.com)

<sup>4</sup> Bolsista DTI do CNPq, Universidade Federal da Paraíba. E-mail: [aires.monica@gmail.com](mailto:aires.monica@gmail.com)

<sup>5</sup> Professor Adjunto, Departamento de Geociências, Centro de Ciências Exatas e da Natureza da UFPB. E-mail: [richarde@geociencias.ufpb.br](mailto:richarde@geociencias.ufpb.br)

## INTRODUÇÃO

A Aridez acarreta graves problemas regionais e econômicos, afetando, sobretudo, a agropecuária e o abastecimento de água para consumo humano (Silva et al., 1998). A água é um bem precioso e um fator limitante para a economia mundial devido à redução da sua disponibilidade, ao decréscimo da sua qualidade e a irregularidade espacial de sua distribuição. Durante as últimas décadas, as questões relacionadas às alterações climáticas têm sido dispostas no centro de muitos estudos científicos que alertam sobre uma possível elevação da temperatura no planeta (Paltineanu *et al.*, 2007). Os modelos climáticos utilizados prevêm um aumento da aridez para algumas áreas com a estimativa de que as secas se manterão frequentes (Caitano *et al.*, 2011). Assim, o conhecimento da aridez se torna necessário para, além de explicar as características da paisagem, possibilite a determinação do ordenamento territorial e/ou de políticas de gestão necessárias para a utilização racional dos recursos hídricos.

Por razões climatológicas que afetam parte da região Nordeste, a Paraíba é uma das federações brasileiras que mais sofre com a distribuição irregular das chuvas, somem-se a esse fator os solos pouco profundos e grandes extensões de afloramentos rochosos na maior parte do seu território. A junção desses fatores traz para a Paraíba constantes períodos de seca que acarretam problemas sociais e econômicos para população.

Existem diversas metodologias para se determinar a aridez de uma região. A definição elaborada pelas Nações Unidas (UNESCO, 1979) baseia-se na proposta de Thornthwaite (1948), ajustada posteriormente por Penman (1953), segundo a qual, o índice de aridez (IA) de uma região consiste na razão entre a quantidade de precipitação e as potenciais perdas de água por evapotranspiração potencial. No que tange a aplicação de índices de aridez para o Nordeste, Pereira Jr. (2007), Santos (2010), Valadão (2010) e Caitano *et al.* (2011) aplicaram índices de aridez usando diferentes bases de dados e equações de aridez para essa região brasileira. Em todos esses estudos, os autores ponderaram sobre a precisão dessa aplicação por se tratar de uma vasta extensão geográfica e pela escassez e a péssima distribuição de estações meteorológicas em algumas porções da região Nordeste do Brasil.

Uma das maneiras de diminuir os problemas da falta de dados é a partir da utilização de técnicas de geoestatística em ambiente SIG. Nesse sentido, os SIG's são ferramentas poderosas que podem ser utilizadas nos processos de tomada de decisões relativas à gestão dos recursos. Nas últimas décadas, técnicas de geoestatística para análise espacial e interpolação tornaram-se componentes essenciais de qualquer sistema geográfico de informação. Essa eficiente ferramenta baseada em interpolação permite estimar valores de pontos desconhecidos a partir de uma ponderação dos pontos de valores conhecidos. Estas técnicas são facilmente aplicadas à produção de mapas digitais que permitem interações e operações aritméticas que simulam espacialmente os

processos físicos e condições reais. Assim, este trabalho tem por objetivo espacializar o Índice de Aridez no Estado da Paraíba mediante técnicas de Sistemas de Informação Geográfica.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização Geográfica e Climatologia do Estado

O Estado da Paraíba localiza-se entre 6° 00' e 8° 15' de latitude S e 34° 30' e 39° 00' de longitude W, sendo dividido em quatro mesorregiões: Litoral, Agreste, Borborema e Sertão (Figura 1). O Estado da Paraíba compreende uma área de 56.439 km<sup>2</sup>, configurando-se como um dos menores estados brasileiros.

Segundo Becker *et al.* (2011) a Paraíba se destaca como o Estado nordestino que apresenta a maior variabilidade espacial da precipitação, onde totais anuais variam de valores em torno de 300 mm em áreas do Cariri paraibano a maiores do que 2.000 mm na faixa litorânea. O Estado da Paraíba se caracteriza pela alta variabilidade pluviométrica tanto espacial quanto temporal o que provoca alta variação no índice de erosividade na Paraíba, possuindo climas semiárido e tropical úmido.

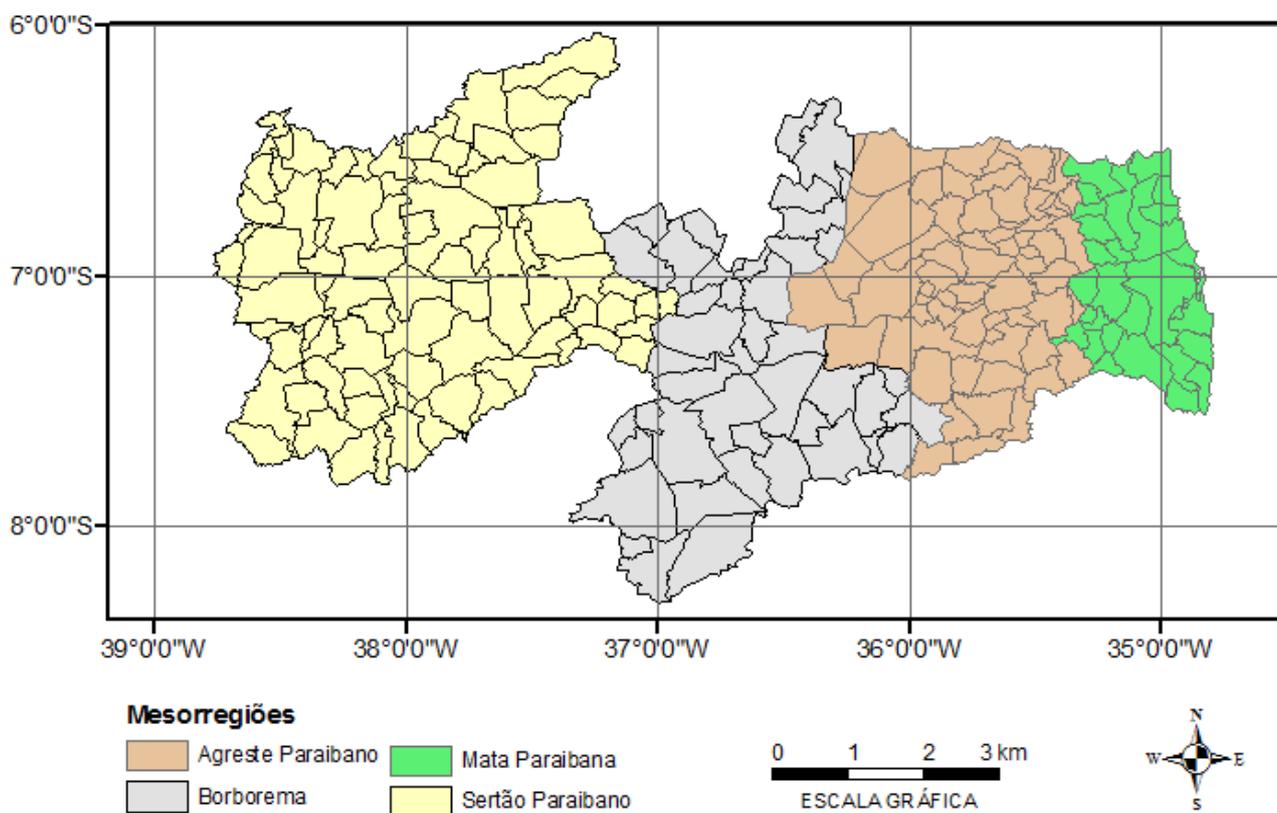


Figura 1 – Limite geográfico das mesorregiões do Estado da Paraíba.

## Procedimentos Metodológicos

O indicador climático utilizado neste estudo foi o índice de aridez proposto por Thorntwaite (1948), dado por:

$$I_a = \frac{P}{E_{TP}} \quad (1)$$

sendo  $I_a$  o índice de Aridez,  $P$  a precipitação anual (mm) e  $E_{TP}$  a evapotranspiração potencial (mm).

O índice de aridez de Thorntwaite é uma referência para classificação dos diversos climas existentes no planeta. A comparação entre o déficit de umidade e a necessidade de água, fornece subsídios suficientes para correlação climática juntamente com a distribuição da vegetação, dos solos e da drenagem.

A evapotranspiração potencial foi calculada pela metodologia de Thorntwaite (1948) obtida, juntamente com a deficiência hídrica a partir das informações espacializadas pelo balanço hídrico, calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), tendo como base as Normais Climatológicas de 1911–1990. Os dados utilizados foram obtidos junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2003), e a distribuição espacial das 98 estações climatológicas utilizadas neste estudo é apresentada na Figura 2.

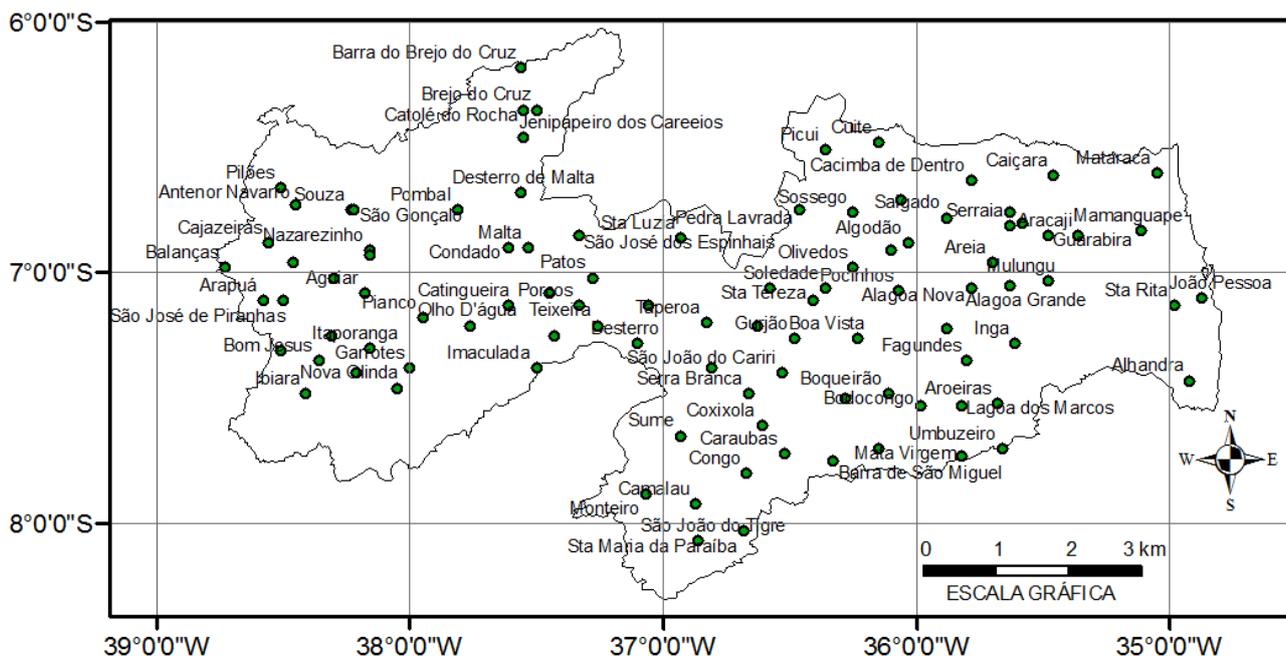


Figura 2 – Distribuição espacial das estações climatológicas utilizadas.

A obtenção de dados consistiu na coleta das seguintes variáveis: (a) altitude, latitude, longitude, temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial. Essa série de dados corresponde

à série temporal de 1911–1990, coletados no portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/index.php>). Em seguida foi construído um banco de dados georreferenciados com todas as variáveis citadas anteriormente, para posterior análise estatística. As representações espaciais do índice de Aridez, déficit hídrico e temperatura do ar foram desenvolvidos a partir de técnicas de SIG e utilizando o método de interpolação *Inverse Distance Weighted* (IDW). Para a classificação do índice de aridez seguiu-se a metodologia proposta pela UNESCO (1979), que se baseia nos critérios estabelecidos por Thornthwaite (1948), conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação do Índice de Aridez segundo UNESCO (1979).

Classificação do Índice de Aridez	Índice
Hiper-árido	< 0,05
Árido	0,05 - 0,21
Semi-árido	0,21 – 0,50
Sub-úmido e seco	0,51 – 0,65
Sub-úmido e úmido	> 0,65

### Análise Estatística

Para analisar a base de dados foram aplicados o teste não paramétrico de Kendall e diversas medidas de variabilidade foram realizadas no estudo, como o desvio padrão. O coeficiente de correlação de Kendall, observa o grau de associatividade entre variáveis, obedecendo uma escala ordinal, que varia entre -1 e 1 (Martins, 2011). Um valor próximo de -1 indica classificações opostas, já um valor próximo de 1 indica a existência de uma classificação bastante acentuada entre as variáveis. O método analítico de Kendall dependerá de uma estatística  $S$  descrita da seguinte forma: (a) a atribuição de um posto para cada valor, tanto de  $X$  quanto de  $Y$ , e (b) obedece as seguintes hipóteses de associação:

$$\begin{cases} H_0 \\ H_1 \end{cases} \quad (1)$$

sendo  $H_0$  a não existência de relação entre as variáveis e  $H_1$  uma alta relação entre duas variáveis. O desvio padrão é dado por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum F_i^2}{n} - \mu^2} \quad (2)$$

sendo  $\sigma$  o desvio padrão.  $F_i$  os valores da variável,  $n$  o total de ocorrências e  $\mu$  a média aritmética.

O coeficiente de variação dos dados CV(%) foi calculado através da equação abaixo (Jensen e Pedersen, 2005):

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100 = \frac{\left[ \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \right]^{\frac{1}{2}}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i} \times 100 \quad (3)$$

Conforme explica Bussab e Morettin (2004), o coeficiente de variação definido como o desvio-padrão em porcentagem da média, é a medida estatística mais utilizada por pesquisadores na avaliação da precisão de dados permitindo a comparação da precisão entre variáveis, sem a necessidade de igualdade de unidades.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 mostra a variabilidade da precipitação para o Estado da Paraíba. Ainda na Figura 3, verifica-se que as mesorregiões do Litoral e do Agreste são aquelas que apresentam os maiores valores pluviométricos, enquanto a Borborema apresenta os menores valores de precipitação no Estado. Consta-se também que, a variabilidade da precipitação é enorme, pois os valores de precipitação variam entre 2.130 e 305 mm, e ocorrem nas microrregiões de João Pessoa e Cabaceiras, respectivamente.

No tocante ao índice de aridez, a Figura 4 mostra sua distribuição espacial, de acordo com o critério sugerido pelas Nações Unidas. A Distribuição espacial do índice de aridez na Paraíba mostra que grande parte da Mesorregião da Borborema e uma pequena porção da Mesorregião do Sertão foram classificadas com índice de aridez inferior a < 0,05, ou seja, clima semiárido, corroborando com os dados por Pereira Júnior (2007). Essas áreas se caracterizam por maior déficit hídrico e mais susceptíveis aos processos de desertificação.

A Figura 5 apresenta a variabilidade espacial do índice de aridez utilizando o método de interpolação IDW. Como esperado, observa-se que o comportamento do índice de aridez segue de certa forma, o mesmo padrão da precipitação, isto é, a mesorregião da Borborema apresenta os menores valores e a região da Zona da Mata os maiores valores do índice de aridez. O posto localizado no Município de Areia (Mesorregião do Agreste), juntamente com o posto situado em João Pessoa (Mesorregião do litoral) apresentam os valores máximos do índice de aridez no Estado, com 1,45. O posto localizado em Cabaceiras apresenta o menor valor, com 0,25.

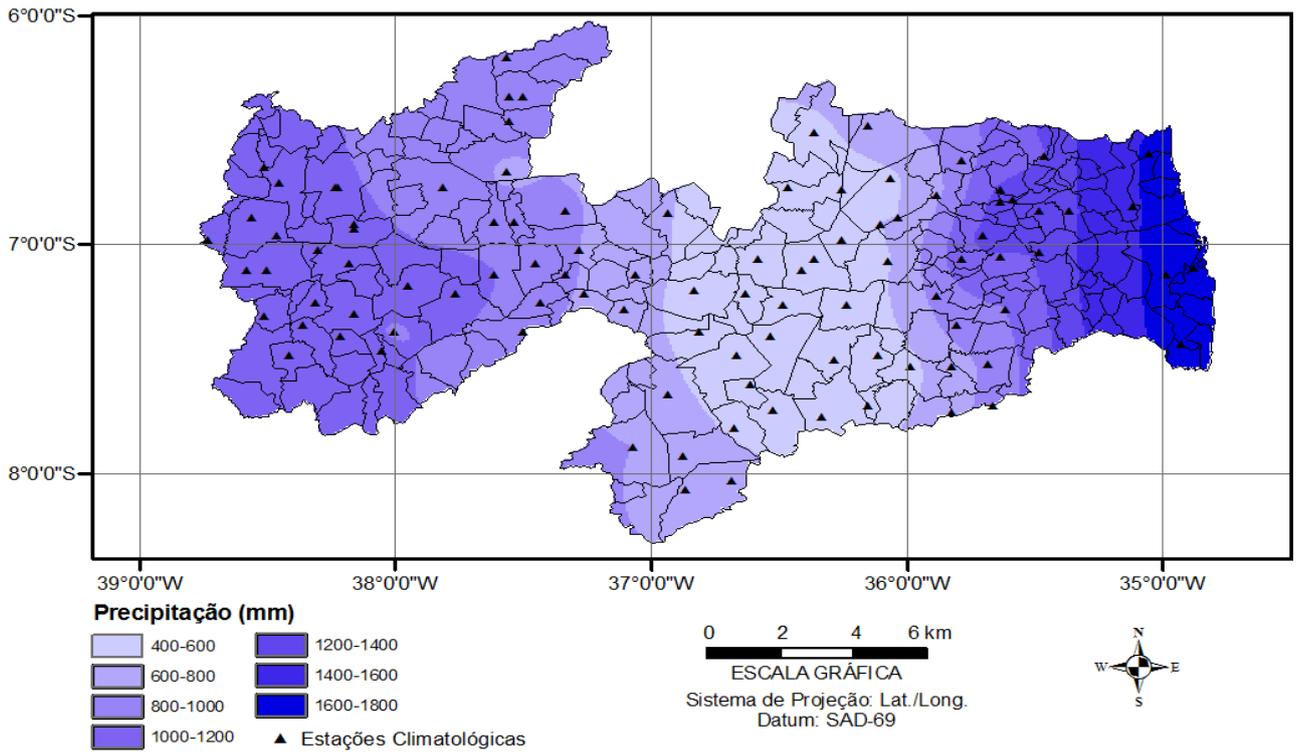


Figura 3 – Distribuição espacial do índice de pluviosidade média (mm/ano) no estado da Paraíba.

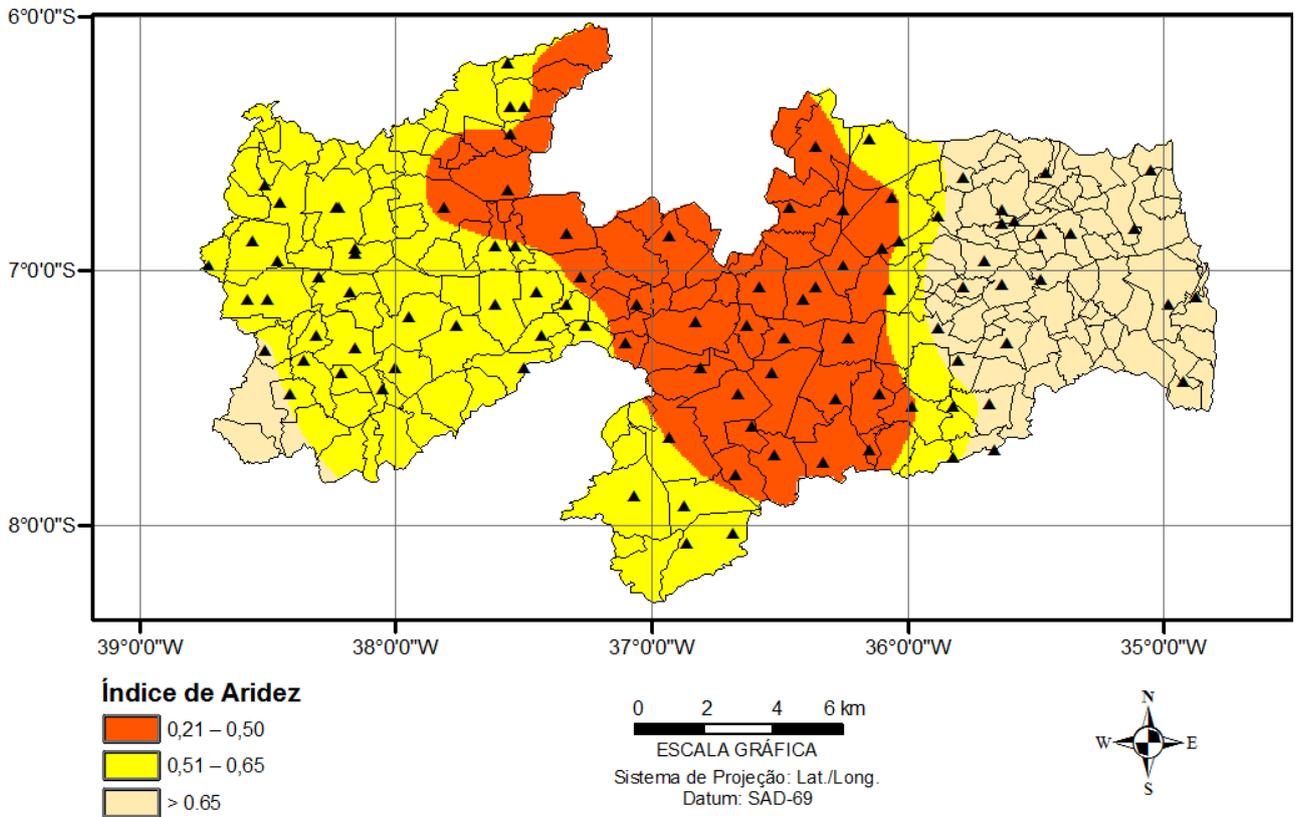


Figura 4 – Distribuição espacial do índice de aridez na Paraíba pelo método de *Krigagem*.

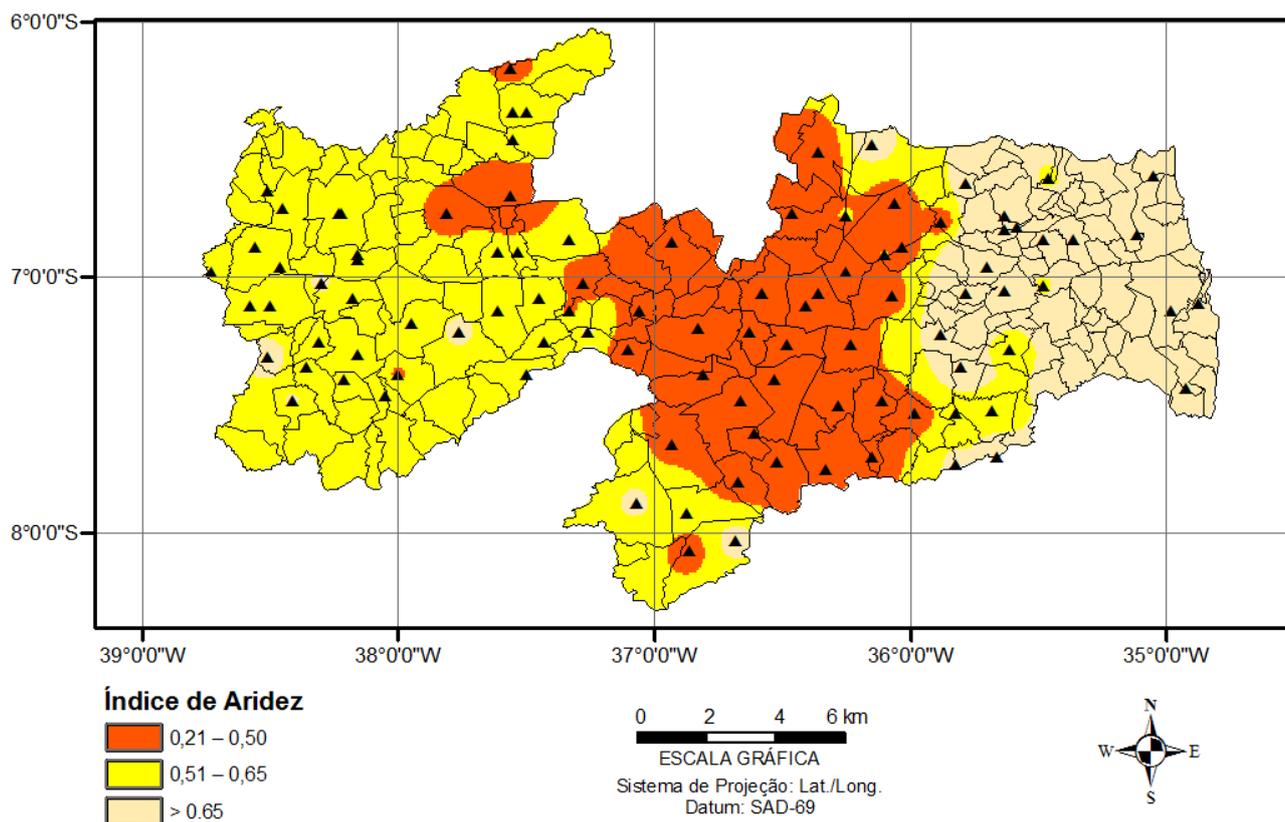


Figura 5 – Distribuição espacial do índice de aridez na Paraíba, de acordo com o método de interpolação IDW.

Comparando os resultados do índice de aridez gerado pelos métodos de interpolação IDW e *Krigagem*, pode-se constatar que o método de *Krigagem* obteve uma espacialização mais representativa regionalmente, enquanto o IDW mostrou-se menos consistente na distribuição dos valores, apresentando “ilhas” com valores isolados.

A Figura 6 apresenta informações sobre a estatística descritiva da distribuição do índice de aridez, segundo as Mesorregiões do Estado da Paraíba. Como esperado, há uma sensível diferença entre o valor médio do índice de aridez obtido na Mesorregião do Litoral, para com as demais Mesorregiões. Entretanto, os valores máximos do índice de aridez são as mesmas para as Mesorregiões do Litoral e do Agreste, o que mostra que a ocorrência do total de chuvas em ambas as regiões são iguais, entretanto, a Mesorregião do Agreste mostra uma grande variabilidade entre os valores mínimos e máximos. Isto pode ser explicado pelo fato de que essa mesorregião possui extensão geográfica que limita-se com as mesorregiões do Litoral (leste) e da Borborema (oeste), além de possuir estações climatológicas com grande altitudes, as maiores encontradas na Paraíba.

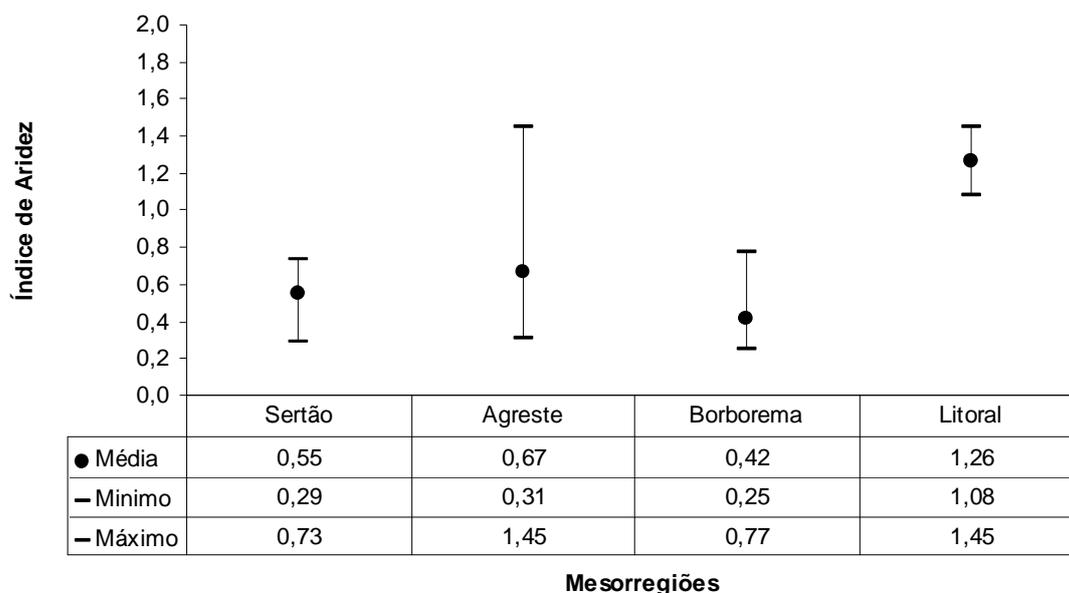


Figura 6 – Análise estatística da distribuição de IA nas Mesorregiões do Estado da Paraíba

A Figura 7 mostra os valores de IA segundo as microrregiões do Estado da Paraíba. Percebe-se que os valores mais baixos de IA foram obtidos nas microrregiões do Seridó Oriental, Cariri Oriental e Seridó Ocidental, ambos localizados na Mesorregião da Borborema, com valores anuais de IA abaixo de 0,5. Já as microrregiões que apresentam os maiores valores de IA são o Litoral Sul, Litoral Norte e João Pessoa, que apresentam os maiores valores de precipitação, variando de 1.400 a quase 1.700 mm.

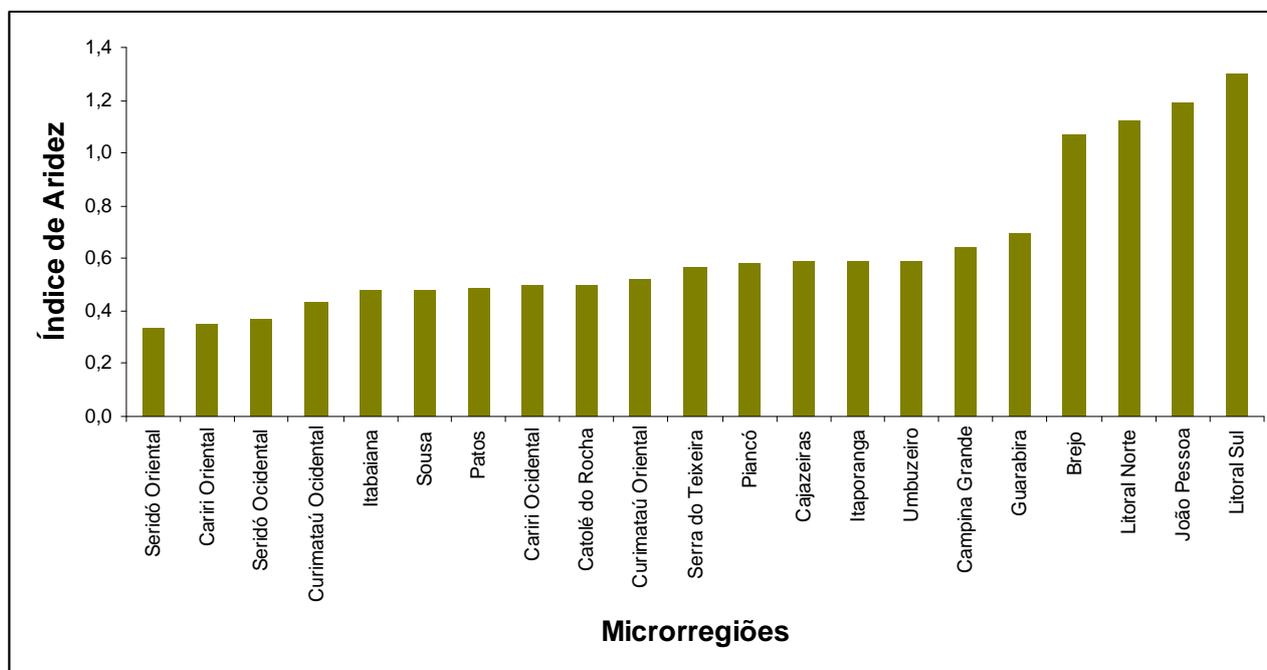


Figura 7 – Valores médios de IA segundo as Microrregiões do Estado da Paraíba.

Deve-se ressaltar que nem todas as microrregiões paraibanas foram contempladas nessa pesquisa, e ainda que, algumas possuíam mais representatividade de postos que outras. Não obstante, a análise a nível microrregional é importante, e nos permitiu concluir que há uma variabilidade grande para os valores de IA e que, a Mesorregião da Borborema é porção da Paraíba que é mais susceptível a problemas relacionados à seca e a escassez hídrica. É importante ressaltar que a Paraíba apresenta dois regimes básicos de precipitação: período chuvoso de fevereiro a maio no setor centro-oeste, e de abril a julho para o setor leste.

A Figura 8 mostra a variabilidade mensal do IA para o Estado da Paraíba. As máximas são encontradas no período de março a julho e as mínimas no período de julho a dezembro destacando, respectivamente, o mês de julho com 3,22 e agosto a novembro com 0,01. De modo geral, o período chuvoso apresenta alta variabilidade no IA, e o período seco se caracteriza por menor variabilidade.

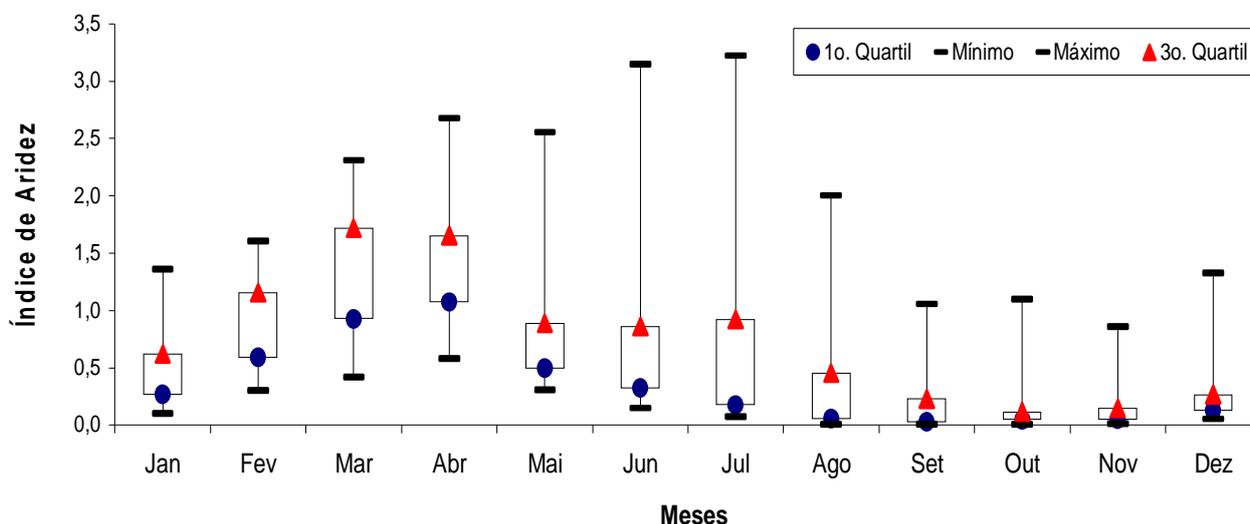


Figura 8 – Variabilidade mensal do índice de aridez para o Estado da Paraíba.

A Figura 9 apresenta a relação direta entre o IA e a precipitação. Observa-se que a maior parte dos pontos está localizada na faixa semiárida, que compreende em sua maioria a região da Borborema. A temperatura e a precipitação são sem dúvida uma das principais causas que ocasiona a desertificação. Os maiores valores do índice de aridez encontram-se nas estações de João Pessoa (1,45) e Areia (1,45) que possuem clima úmido e alta pluviosidade enquanto os menores índices encontram-se em Cabaceiras (0,25) e Desterro de Malta (0,29) que possuem clima árido e baixa pluviosidade.

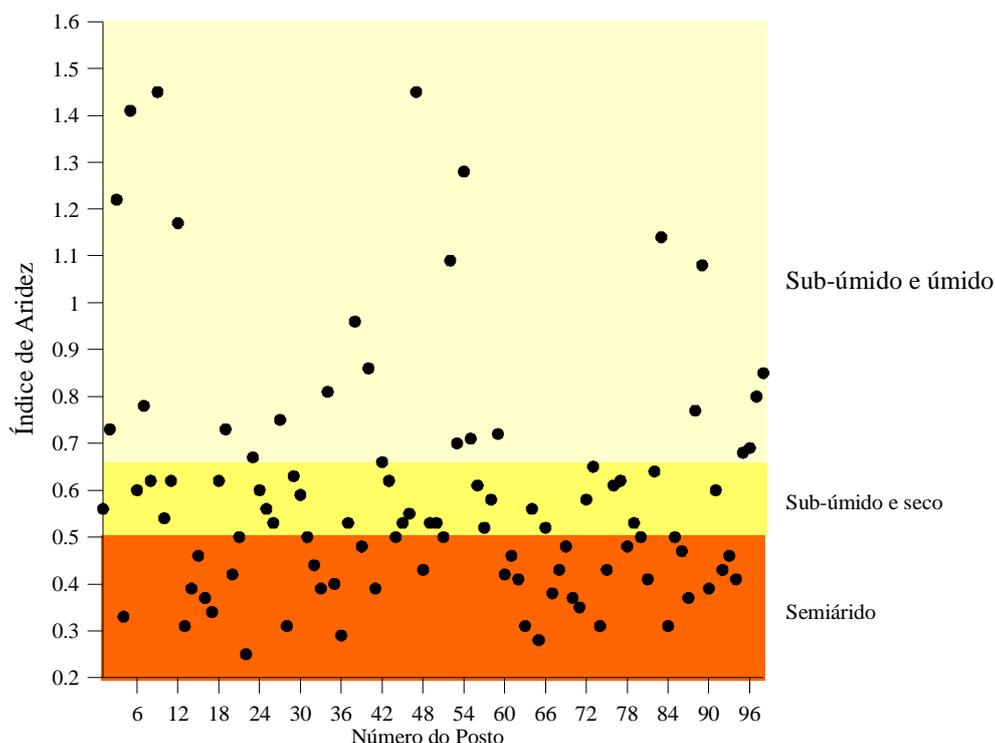


Figura 9 – Distribuição e classificação das estações climatológicas do Estado da Paraíba, segundo classificação da UNESCO (1979).

Segundo a quantidade de localidades em função da média anual do índice de aridez conforme a metodologia nas Nações Unidas nota-se que 26 postos foram classificados como Sub-úmido e úmido, 29 Sub-úmido e úmido seco e 43 Semiárido. As Tabelas 2 e 3 apresentam as análises estatísticas dos dados climáticos para as 98 estações climatológicas localizadas no Estado da Paraíba.

Tabela 2 – Estatísticas dos dados climáticos utilizados no estudo

Variáveis	Média	Desvio Padrão	CV %
Precipitação	781,9	327,1	41,8
Índice de Aridez	0,6	0,3	43,4
Temperatura	24,6	1,5	6,2
Evapotranspiração	113,8	18,1	15,8

Tabela 3 – Valores do teste não-paramétrico de Kendall para os dados de precipitação e IA para o Estado da Paraíba

Estatísticas	Precipitação	Índice de Aridez
R <sup>2</sup>	–	0,748**
Teste bilateral	–	0,002
R <sup>2</sup>	0,748**	–
Teste bilateral	0,002	–

\*\* A correlação é significativa ao nível de 0.01 de probabilidade

Neste trabalho foram utilizados dados de elevação, precipitação, índice de aridez, temperatura, evaporação e classificação do IA (CCD) de 98 estações climatológicas. Todos os dados são tidos como contínuos e sem falhas onde verificou-se coeficientes de variação entre 6% e 46,3%. Os valores dos coeficientes de variação (CV's) são considerados como baixos para a precipitação que variou em torno de 16% e entre 39,7 e 46,3% para índice de aridez, evaporação e classificação do IA (CCD), mesmo para o Estado da Paraíba, que se caracteriza pela grande variabilidade espacial e temporal das normais climatológicas.

Tanto a precipitação quanto o índice de aridez são influenciados pela localização do município em sua respectiva mesorregião. Para se analisar a correlação entre essas variáveis, um teste não paramétrico foi realizado. De acordo com Martins (2011), o teste de Kendall indica uma medida do grau de associação, ou correlação entre dois conjuntos de postos ordinais. Os resultados obtidos mostram um coeficiente de correlação igual a 0,748, indicando 74,8% de semelhança entre precipitação e índice de aridez. Como o teste realizado foi bilateral, com significância de 0,002, sendo portanto inferior ao nível de 5% adotado para o teste a hipótese nula foi rejeitada, concluindo-se que existe correlação entre precipitação e índice de aridez.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo determinou e analisou a variabilidade espacial do índice de aridez para as microrregiões do Estado da Paraíba. É de suma importância o estudo do índice de aridez, não só pela condição de ser um elemento climático, mas principalmente por ser nosso objeto de estudo, o estado da Paraíba, uma região historicamente afetada por problemas relacionados à seca que afetam a região Nordeste como um todo. Evidenciar as áreas mais vulneráveis ou susceptíveis a problemas de ordem ambiental, e conseqüentemente sociais, faz-se necessário para o planejamento de políticas públicas que possibilitem ao menos uma amenização dos prováveis impactos. Contudo, algumas observações precisam ser feitas. Segundo Oliveira *et al* (2010) a região semiárida do Nordeste do Brasil apresenta sérios problemas de escassez de recursos hídricos, menos por sua baixa pluviometria do que pela concentração do período chuvoso em 3 a 5 meses do ano, além de flutuações acentuadas em relação às médias anuais, o que provoca o flagelo das secas.

## BIBLIOGRAFIA

BARROS, K.O. (2010). *“Índice de Aridez Como indicador da susceptibilidade à desertificação na mesorregião norte de minas”*. Viçosa, Minas Gerais/ Departamento de Geografia. Monografia de Graduação.

BECKER, T.C.; MELO, M.M.M.S.; COSTA, M.N.M.; RIBEIRO, R.E.P. (2011). *“Caracterização climática das regiões pluviometricamente homogêneas do Estado da Paraíba”*. Revista Brasileira de Geografia Física, p. 286-299.

- BUSSAB, W.O. P.; MORETTIN, A. (2004). “*Estatística Básica*”. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2004.
- CAITANO, R.F.; LOPES, F.B.; TEIXEIRA, A.S. (2011). “*Estimativa da aridez no Estado do Ceará usando Sistemas de Informação Geográfica*”. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, PR, Brasil, 2011.
- CAITANO, R.F.; LOPES, F.B.; TEIXEIRA, A.S. (2011). “*Estimativa da aridez no Estado do Ceará usando Sistemas de Informação Geográfica*. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, PR, Brasil, 2011.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2003). “*Banco de dados climáticos do Brasil*”. Disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/index.php>. Acessado em Março de 2012.
- JENSEN, N.E.; PEDERSEN, L. (2005). “*Spatial variability of rainfall: Variations within a single radar pixel*”. Atmospheric Research, v. 77, n. 1, p. 269-277.
- OLIVEIRA, S.P.B.; BATISTA, J.J. (2010). “*Influência do Índice de aridez e da litologia nos processos de salinização das águas do aquífero fissural na região semi-árida do Nordeste*”. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Luís, Maranhão, 2010.
- PALTINEANU, C.; MIHAILESCU, I.F.; SECELEANU, I.; DRAGOTA, C.; VASENCIUC, F. (2007) “*Using aridity indices to describe some climate and soil features in Eastern Europe: a Romanian case study*”. Theoretical and Applied Climatology, v. 90, n. 3, 263-274.
- PENMAN, H.L. 1953. The physical basis of irrigation control. Rep. 13th Intl. Hort.
- PEREIRA JÚNIOR, J.S. (2007). “*Nova delimitação do semi-árido brasileiro*”. Brasília: Câmara dos Deputados. 2007.
- RAMALHO, C.I. (2008). “*Estrutura da vegetação e distribuição espacial do Licuri (Syagrus coronata (Mart. Becc.) em dois municípios do centro norte da Bahia, Brasil*”. 2008. 131f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2008.
- SALES, M.C.L. “*Evolução dos estudos de desertificação no nordeste brasileiro*”. GEOUSP – Espaço e Tempo, n. 11, p.115–126, 2002.
- SANTOS, N.D.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S.; SILVA, R.A. (2010). “*Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 5, p. 492–500.
- SILVA, V.P.R. (2004). “*On climate variability in Northeast of Brazil*”. Journal of Arid Environments, v. 58, n. 1, p. 574-596.
- SILVA, V.P.R.; CORREIA, A.A.; COELHO, M.S. (1998). “*Análise de tendência das series de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 2, n. 1, p.111-114.
- SOUZA, B.I.; SUERTEGARAY, D.M.A.; LIMA, E.R.V. (2010). “*Políticas públicas, uso do solo e desertificação nos Cariris Velhos (PB/Brasil)*”. Scripta Nova, v. 14, n. 311.
- THORNTWAITE, C.W.; MATHER, J.R. (1955). “*The water balance. Publications in climatology*”. Laboratory of Climatology, New Gersey, 104p.

THORNTWAITE, W.C. (1948). “*An approach toward a rational classification of climate*”. Geographical Review, v. 38, n. 1, p. 55-94.

UNESCO (1979). “*Aridity definition*” (UN documents). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, New York. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/unesco/resources/publications>. Acessado em: 25/05/2012.

VALADÃO, E.A.C. et al. (2010). “*Uma Análise Comparativa de Alguns Índices de Aridez Aplicados às Capitais do Nordeste do Brasil*”. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belém-PA, 2010.