
CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA O ESTADO DO PIAUI – BRASIL

Raimundo Mainar de **MEDEIROS**
Meteorologista, Pós-Doutor Universidade Federal Rural de Pernambuco
E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

Enilson Palmeira **CAVALCANTI**
Universidade Federal de Campina Grande
E-mail: enilson.cavalcanti@ufcg.edu.gov.br

Jaqueline Fernandes de Medeiros **DUARTE**
Analista de Tecnologia da Informação, Universidade Federal de Campina Grande
E-mail: jaqueline.duarte@ufcg.edu.br

Recebido
Dezembro de 2019

Aceito
Maio de 2020

Publicado
Julho 2020

RESUMO: O estudo objetivou realizar a classificação climática para o estado do Piauí, utilizando o modelo de classificação climática de Köppen, com a elaboração do mapa climático. A série pluviométrica utilizada foi de 219 municípios distribuídos no Estado. Utilizou-se do método de interpolação de krigagem pelo *software* Surfer 8 para espacialização dos resultados. Os regimes pluviais e as flutuações das temperaturas médias foram decisivos para os cálculos e sua distribuição espacial. O modelo de classificação de Köppen na área estudada identificou três características climáticas: do tipo climático “Aw” em 111 municípios, o clima do tipo semiárido quente, com chuvas de verão e inverno seco (BSH) registra-se em 56 municípios e o tipo climático “As” predominando em 52 municípios. O modelo de classificação climática de Köppen é eficiente somente para os sistemas de macro escala e, com baixa capacidade de separação de tipos de climas levando-se em consideração a temperatura do ar, a precipitação pluvial e os resultados do balanço hídrico.

Palavras-chave: Tipos e Índices Climáticos; oscilações térmicas; Método da Krigagem.

KÖPPEN CLIMATE CLASSIFICATION FOR THE STATE OF PIAUÍ – BRAZIL

ABSTRACT: The study aimed to carry out the climatic classification for the state of Piauí, using the Köppen climate classification model, with the elaboration of the climate map. The rainfall series used was 219 municipalities distributed in the State. The kriging interpolation method was used by the Surfer 8 software to spatialize the results. The pluvial regimes and the fluctuations of the average temperatures were decisive for the calculations and their spatial distribution. The Köppen classification model in the studied area identified three climatic characteristics: the “Aw” type climate in 111 municipalities, the hot semi-arid climate, with summer and dry winter rains (BSH) is registered in 56 municipalities and the type “As” climate prevailing in 52 municipalities. The Köppen climate classification model is efficient only for macro-scale systems and, with a low capacity to separate types of climates, taking into account air temperature, rainfall and water balance results.

Keywords: Types and Climate Indexes; thermal oscillations; Kriging method.

CLASSIFICATION CLIMATIQUE DE KÖPPEN POUR L'ÉTAT DE PIAUÍ - BRÉSIL

SOMMAIRE: L'étude visait à réaliser la classification climatique de l'état de Piauí, en utilisant le modèle de classification climatique de Köppen, avec l'élaboration de la carte climatique. La série de précipitations utilisée était de 219 municipalités réparties dans l'État. La méthode d'interpolation de krigeage a été utilisée par le logiciel Surfer 8 pour spatialiser les résultats. Les régimes pluviaux et les fluctuations des températures moyennes ont été déterminants pour les calculs et leur répartition spatiale. Le modèle de classification de Köppen dans la zone étudiée a identifié trois caractéristiques climatiques: le type de climat «Aw» dans 111 municipalités, le climat chaud semi-aride, avec des pluies estivales et hivernales sèches (BSH) est enregistré dans 56 municipalités et le type Climat «as» prévalant dans 52 municipalités. Le modèle de classification climatique de Köppen n'est efficace que pour les systèmes à grande échelle et, avec une faible capacité à séparer les types de climats, en tenant compte de la température de l'air, des précipitations et des résultats du bilan hydrique.

Mots-clés: types et indices climatiques; oscillations thermiques; Méthode de krigeage.

INTRODUÇÃO

O método de classificação climática de Köppen é mais utilizada no Brasil, em virtude da abordagem aos diversos cultivos agrícolas e devido à menor exigência para determinação do mês úmido ou seco. Além disso, o método foi adaptado para algumas situações diferenciadas na América do Sul de acordo com os autores Camargo et al. (1961) e Barros et al. (2012). Ainda, em conformidade com Barros et al. (2012), a classificação de Köppen é um dos sistemas mais empregados na ciência Geográfica, climatologia e ecologia. A classificação baseia-se, com origem na fitossociologia e ecologia, em que a vegetação natural de cada

região do universo está vinculada essencialmente a um tipo de clima. As regiões climáticas globais são caracterizadas para corresponder às áreas de predominância de cada tipo de vegetação regional. No entanto, essa classificação em certos casos não distingue regiões com biomas distintos (KÖPPEN, 1928; 1931).

A Classificação de Köppen baseia-se na abundância e distribuição dos índices pluviiais e na variabilidade da temperatura anual e mensal. Os dados de temperatura e precipitação constituem critério inicial para a divisão dos tipos de clima. De acordo com Köppen, nas últimas décadas, ocorreram adaptações de outros autores como Setzer (1966), que simplificou as chaves classificatórias.

Rolim et al. (2007) afirmaram que os princípios da classificação climática são de ampla importância, pois analisa e define os tipos de climas levando em consideração vários fatores climáticos (vento, temperatura, radiação) ao mesmo tempo, facilitando a troca de informações e análises para diferentes objetivos.

Barros et al. (2012) ressaltaram que para o desenvolvimento da classificação climática, fica restringido a indefinições de diferentes gêneros devido à complexidade de agrupar fatores inter-relacionados ao ambiente e/ou índices simplesmente matemáticos. Toda classificação de fenômenos naturais, não consegue se enquadrar entre as sistemáticas dos elementos. Todavia, vários outros elementos acimáticos exercem influência sobre o caráter da vegetação, orografia, solo implicando nas atividades humanas na agricultura e exploração vegetal.

Holanda et al. (2019) efetivaram as classificações climáticas por meio dos modelos: Köppen e Thornthwaite para o município de Bom Jesus do Piauí, gerando informações importantes para o planejamento e racionalização das suas diversas atividades produtivas e de políticas das atividades agrícolas. Na classificação de Köppen, os autores encontraram o clima tipo “Aw” e segundo a classificação de Thornthwaite o clima é do tipo “B2rA’a”.

Setzer (1966) afirma que na repartição de postos pluviométricos com espacialização ajustada pelo método de Köppen tem-se excelente distribuição dos tipos climáticos nas regiões do Estado.

Andrade Júnior et al. (2005) afirmaram que a classificação climática tende a identificar grande área ou região e zonas com características climáticas e biogeográficas relativamente homogêneas provendo indicações sobre as condições ecológicas e suas potencialidades agrícolas e do meio ambiente da área estudada.

Medeiros et al. (2018) aplicaram o modelo da classificação de Köppen para o Estado de Pernambuco utilizando o método da Krigagen. As classificações indicadas mostraram-se

muito sensíveis à orografia municipal, aos índices pluviométricos e às oscilações de temperatura resultando em três tipos climáticos, tipo “As” em 108 municípios, o tipo semiárido quente com precipitação de verão e inverno seco “BSh” foi registrado em 55 municípios e o tipo “Am” predominou em 20 municípios. O sistema da classificação de Köppen é eficiente apenas para a macro escala e com baixa capacidade para separar os tipos climáticos, levando em importância a temperatura do ar, as chuvas e os elementos (ETP, EVR, DEF, EXC).resultante do balanço hídrico (BH).

De acordo com Berveglieri et al. (2011), a geoestatística, de modo geral, desenvolve e aplica modelos em representações de fenômenos naturais cujas propriedades variam conforme a posição espacial dos pontos observados. A krigagem compreende um conjunto de técnicas geoestatísticas de ajuste usadas para aproximar dados pelo princípio que: fixado um ponto no espaço, os pontos no seu entorno são mais relevantes do que os mais afastados. Isto pressupõe a existência de dependência entre os dados, exigindo saber até onde espacialmente esta correlação importa (ISAACS et al. 1989). A técnica consiste em estimar valores médios e também uma medida de precisão dessa estimativa. Seus pesos são calculados com base na distância entre a amostra e o ponto estimado; na continuidade espacial e no arranjo geométrico do conjunto (ISAACS et al., 1989).

Conforme Jakob (2012), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados.

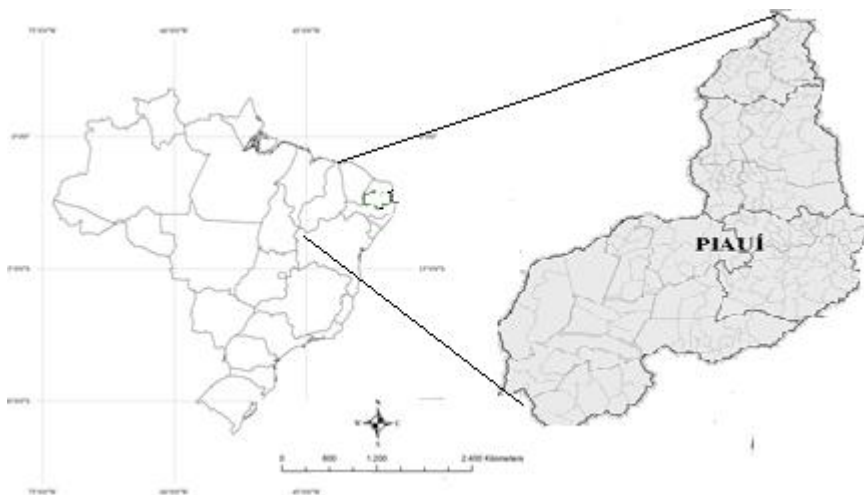
Desse modo, o estudo objetivou realizar a classificação climática para o estado do Piauí, utilizando o modelo de classificação climática de Köppen, com a elaboração do mapa climático.

MATERIAL E MÉTODOS

O Estado do Piauí está localizado na região Nordeste do Brasil (NEB), situado entre o meio norte úmido e o nordeste semiárido, este fato estabelece condições geoambientais particulares. Em acréscimo, têm-se as variações altimétricas diferenciadas como as altas chapadas do sul-sudoeste, cuja altitude está em torno de 600 metros e vai decrescendo à

proporção que se aproxima do norte até chegar ao mínimo no litoral. Ao longo deste trajeto têm-se as chapadas tubulares, com vertentes íngremes, vales interplanálticos e superfícies de erosão. São 2.650 km de rios perenes, 68 lagoas perenes e 54 açudes de médio e grande porte e 50 açudes pequenos, além do lago de Boa Esperança que tem como principal objetivo à geração de energia. Apresenta, também, portentosos aquíferos subterrâneos, reconhecidamente detentor de volumoso manancial de água de sul a norte do Estado (CONDEPI, 2002).

Figura 1 - Localização do estado do Piauí no contexto do Brasil.



Fonte: Medeiros (2018).

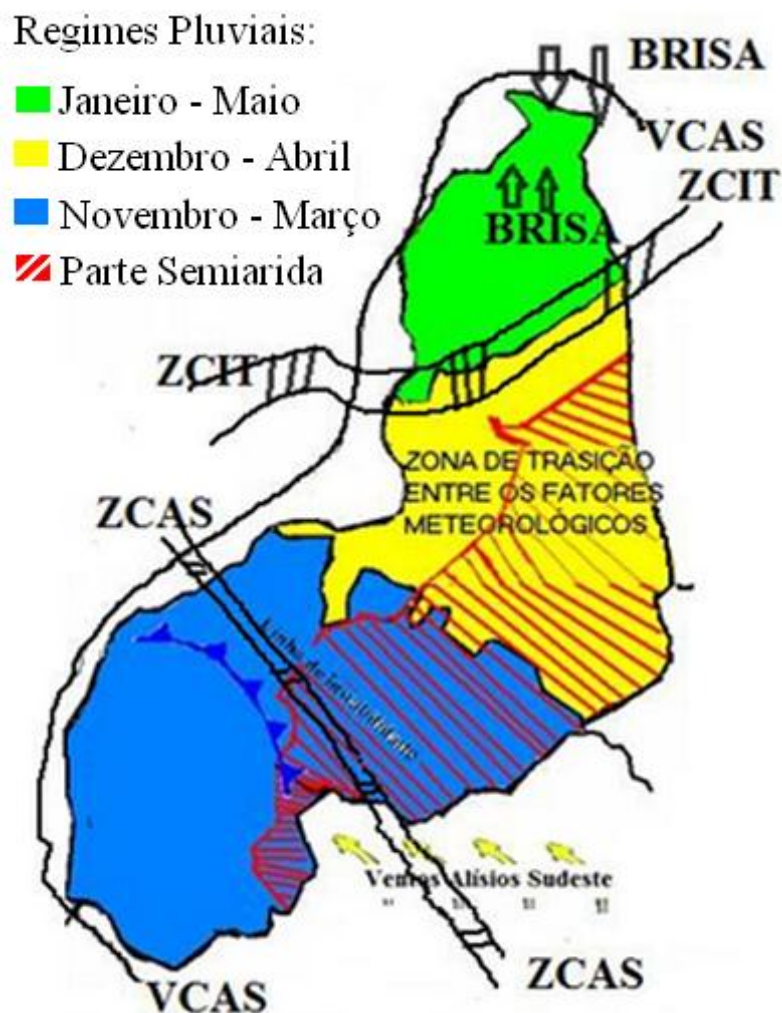
Em escala macrorregional a área em estudo se situa entre o semiárido do sertão nordestino e a floresta tropical chuvosa da Amazônia. Colocando-se, portanto entre dois projetos distintos de ocupação representados, do lado nordestino, pela pecuária extensiva e, do lado amazônico, pelo projeto baseado em pequenos aldeamentos ribeirinhos isolados, em meio à rarefação da economia natural do extrativismo.

Os mecanismos climáticos que produzem as precipitações no estado do Piauí são excessivamente complexos e estão ligados às influências e à conjugação de vários sistemas de circulação atmosférica, agindo separadamente nas diferentes regiões do estado. A esses mecanismos que dependem diretamente da circulação atmosférica geral, se superpõem outros fatores, como a orografia e/ou a proximidade do mar (região norte do Estado). Estudos que confirmam estas complexidades foram realizados por Yamazaki et al. (1997), Nobre et al. (1998; 2004), Alves et al. (1998), Araújo et al. (2008) e Medeiros (2014).

Na região sul o principal sistema causador de chuvas são as penetrações de frentes frias e/ou seus vestígios, formação das linhas de instabilidade auxiliada pelos Vórtices Ciclônicos do Atlântico Sul (VCAS), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Linha

de Instabilidade (LI), a contribuição dos ventos alísios de sudeste que, juntos, aumentam a nebulosidade e provocam chuvas de intensidade moderada a forte. Na a região norte o principal fator provocador de chuvas é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Brisa marítima e terrestre, a contribuição dos ventos alísios de nordeste e os vórtices ciclônicos de altos níveis. Na região central as chuvas são ocasionadas pelas junções dos sistemas atuantes nas regiões sul e norte. (Figura 2), conforme destaca Medeiros (2016).

Figura 2 - Regimes pluviométricos e principais fatores provocadores de chuva no estado do Piauí.



Fonte: Medeiros (2016).

Utilizaram-se valores da temperatura média do ar adquiridos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) e estimados pelo *software Estima_T* (CAVALCANTI et al., 1994; CAVALCANTI et al., 2006). O *Estima_T* é um *software* para fazer estimativas de temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil, que determinam os coeficientes da função quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (CAVALCANTI *et al.*, 2006) dada pela Equação 1:

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\varnothing + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5\varnothing^2 + C_6h^2 + C_7\lambda\varnothing + C_8\lambda h + C_9\varnothing h \quad [\text{Eq.1}]$$

em que: T é a temperatura do ar; C_0, C_1, \dots, C_9 são os coeficientes (constantes); λ é a longitude; \varnothing a latitude e h a altitude.

Foi estimada a série temporal de temperatura, adicionando a esta à anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical (SILVA *et al.*, 2006), conforme está expresso na Equação 2.

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij} \quad [\text{Eq.2}]$$

em que: AAT_{ij} é a Anomalia da Temperatura Atlântico Tropical para o mês i e ano j , sendo $i=1,2,3,\dots,12$ e $j=1950, 1951, 1952, 1953, \dots, 2015$.

Foram elaboradas planilhas eletrônicas com séries históricas mensais e anuais de temperatura e precipitação, com os preenchimentos de falhas seguidamente de suas consistências. O *software Surfer*, versão 8, foi aplicado para as estatísticas utilizando o processo da krigagem, confeccionando os respectivos mapas.

Os dados pluviométricos foram obtidos junto a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e a Empresa de Extensão Rural do Estado da Piauí (EMATERPI, 2019). Os 219 postos pluviométricos trabalhados tinham trinta ou mais anos de observações de acordo com as normas da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1986). Neste artigo não foi possível tornar as séries de precipitação em padrões normalizados de 30 anos devido à diferença de início da operação entre os referidos postos pluviométricos. A Classificação climática foi realizada utilizando a metodologia de Köppen (1928; 1931), de acordo com as descrições abaixo.

Método da classificação climática de Köppen

O clima de uma região resulta das diferentes combinações dos processos atmosféricos com uma diversidade de tipologia.

Regiões climáticas são os efeitos combinados dos fatores que resultam em um conjunto de condições atmosféricas aproximadamente homogêneas. A fim de mapear as regiões climáticas, é necessário identificar e classificar cada tipo, a saber:

A Classificação tem três objetivos: 1 - Organizar grandes quantidades de informações; 2 - Recuperar as informações com rapidez; 3 – Facilitar a comunicação. O objetivo dessa Classificação é definir em termos de temperatura, umidade e distribuições estacionais os limites dos diferentes tipos climáticos que ocorrem na superfície do globo, neste caso, para o

Estado de Piauí. A classificação de Köppen é baseada na quantidade e distribuição de precipitação anual e na temperatura anual e mensal.

Existem cinco categorias maiores de clima que foram enumerados com as designações de letras maiúsculas: A, B, C, D, E.

Para o estudo específico de região tropical, serão abordadas as categorias A, B, C. Os tipos A e C são considerados úmidos e o tipo B seco.

A divisão entre clima úmido e seco é feito através das seguintes fórmulas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Divisão entre clima úmido e seco e a respectiva fórmula.

Descrição	Fórmula
a) Se a precipitação for uniforme em todos os meses, ou seja, se há uma boa distribuição de precipitação em todo o ano, sem concentração no inverno ou verão.	$r = 20t + 140$
b) Se a concentração da precipitação for no verão, ou seja, se 70% ou mais da precipitação anual ocorrer nos meses de abril a setembro no Hemisfério Norte (HN) e outubro a março no Hemisfério Sul.	$r = 20t + 250$
c) Se a concentração da precipitação ocorrer no inverno, ou seja, 70% ou mais da precipitação anual for nos meses de outubro a março no HN e abril a setembro no Hemisfério Sul.	$r = 20t$

Fonte: Köppen (1928).

Em que r – valor teórico da precipitação anual (mm) e t – Temperatura média anual (°C).

De posse desses valores, é possível definir se o clima é úmido ou seco.

P - Precipitação média anual (mm), (70%);

$P > r \rightarrow$ clima úmido (A ou C);

$P < r \rightarrow$ clima seco (B)

De acordo com a comparação acima, tem-se uma definição se o clima é seco ou úmido.

A partir daí, o passo seguinte é definir qual o tipo de clima. De acordo com as classificações:

A - Tropical úmido (Megatérmico) - temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C;

B - Deserto ou estepe - sem limite de temperatura;

C – Temperado (Mesotérmico). Temperatura média do mês mais frio entre -3 °C e 18 °C.

Nesses tipos de clima, existem subtipos encontrados na região tropical (região montanhosa). As letras maiúsculas referem-se à temperatura e as minúsculas à precipitação, com exceção do tipo B, em que as minúsculas referem-se à temperatura.

Na Tabela 2 têm-se as variabilidades dos tipos de clima “A” - subcategoria

Tabela 2 - Tipos de clima do tipo “A” - subcategoria

Tipo	Descrição	Fórmula
Am	Úmido. Clima de Bosque. Mês mais seco com a precipitação média inferior a 60 mm e a precipitação total anual superior a 10 vezes este valor	$p \geq 60\text{mm}$
Aw	Úmido com inverno seco. Clima de Savana. Mês mais seco com a precipitação média inferior a 60 mm e a precipitação total anual inferior a 10 vezes este valor.	$p < 10P$

Fonte: Koppen (1928).

Em que p - precipitação média do mês mais seco (mm). Valor teórico; P - precipitação total anual (mm).

Na Tabela 3 Têm-se as oscilações dos tipos de clima do tipo “B” – subcategoria

Tabela 3 - Tipos de clima do tipo “B” - subcategoria

Tipo	Descrição	Fórmula
Bs	Seco ou semiárido. É a transição do clima mais úmido para os desérticos	$P < t + 7$
Bw	Deserto ou árido	$t + 7 > P > 2t + 14$

Utilizou-se dos critérios abaixo, para definir as subcategorias (Tabela 4).

Tabela 4 - Utilizou-se dos critérios abaixo, para definir as subcategorias:

Ordem	Descrição	formula
1	Se a precipitação for uniformemente distribuída durante o ano,	$P < t + 7$ tipo Bw $t + 7 > P > 2t + 14$ tipo Bs
2	Se 70% ou mais da precipitação ocorrem no Verão	$P < t + 14$ tipo Bw $t + 14 > P > 2t + 28$ tipo Bs
3	Se 70% ou mais da precipitação ocorrem no Inverno	$P < t$ tipo Bw $t > P > 2t$ tipo Bs

Fonte: Koppen (1928).

Em que t - temperatura média anual em °C; P - precipitação total anual média (Cm). Cada uma dessas subcategorias é subordinada conforme a temperatura, nos seguintes tipos: k - frio - temperatura média anual inferior a 18 °C; h - quente - temperatura média anual superior a 18 °C.

Clima do tipo C - Subcategorias

Cw - Seco de inverno (Tropical de altitude). Chuvas são de Verão. Essa subcategoria representa um tipo climático que pode ocorrer nas regiões montanhosas.

A precipitação máxima de verão $\geq 10p$ (precipitação do mês mais seco).

Cs - Seco de verão. Chuvas são de Inverno.

Precipitação máxima de inverno $\geq 3p$ (precipitação do mês mais seco) com $p < 30$ mm.

Obs: Se $p > 30$ mm, teremos o caso particular de Cfs, o qual não é seco de verão, mas apenas diz-se que a época mais seca ocorre no verão.

Cf - Constantemente Úmido.

Se a chuva é de verão Prp máxima de Verão $< 10p$ (precipitação do mês mais seco)

Se a chuva é de inverno Prp máxima de Inverno $< 3p$ (precipitação do mês mais seco)

Divisões desta subcategoria (C):

Temperatura do mês mais quente $> 22^{\circ}\text{C}$ a – Sub Tropical

Temperatura do mês mais quente $< 22^{\circ}\text{C}$ b – Temperado propriamente dito

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 têm-se os nomes dos municípios, as coordenadas geográficas (longitude, latitude e altitude) a classificação climática de Köppen para os 219 municípios do estado do Piauí. Os tipos climáticos classificados foram dos tipos “As” classificado como quente e úmido Tropical chuvoso. O Tipo “Aw” clima tropical com estação seca de Inverno e o tipo “Bsh” clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude).

Tabela 5 - Nomes dos municípios e suas coordenadas geográficas (Longitude; Latitude e Altitude), classificação climática pelo modelo de Köppen.

Municípios	Long	Lat	Alt	Class	Municípios	Long	Lat	Alt	Class
Acauã	-41,04	-8,12	471,6	BSh	Esperantina	-42,24	-3,90	84,4	Aw
Agricolândia	-42,67	-5,80	297,6	Aw	Fartura Piauí	-42,79	-9,45	447,7	BSh
Água Branca	-42,66	-5,88	233,1	Aw	Flores Piauí	-42,93	-7,82	326,7	Aw
Alagoinha Piauí	-40,83	-7,00	444,9	BSh	Floriano	-43,02	-6,77	211,5	Aw
Alegrete Piauí	-40,86	-7,25	486,8	BSh	Francinópolis	-42,28	-6,39	297,6	Aw
Alto Longá	-42,21	-5,25	163,7	Aw	Francisco yres	-42,68	-6,62	181,3	Aw
Altos	-42,46	-5,04	172,4	Aw	Fran Macedo	-40,78	-7,32	458,4	BSh
Alvorada Gurgueia	-43,76	-8,38	375,7	Aw	Fran Santos	-41,18	-7,00	399,6	BSh
Amarante	-42,86	-6,24	164,1	Aw	Fronteiras	-40,62	-7,09	517,5	BSh
Angical do Piauí	-42,74	-6,09	217,5	Aw	Geminiano	-41,35	-7,15	306,6	BSh
Anísio de Abreu	-43,06	-9,20	490,8	Aw	Gilbués	-44,35	-9,83	467,1	Aw
Antônio Almeida	-44,18	-7,23	339,9	Aw	Guadalupe	-43,58	-6,78	200,4	Aw
Aroazes	-41,80	-6,12	247,0	Aw	Guaribas	-43,41	-9,23	560,9	Aw
Arraial	-42,51	-6,64	189,9	Aw	Hugo Napoleão	-42,53	-6,01	224,9	Aw
Assunção Piauí	-41,02	-5,51	611,5	As	Ilha Grande	-41,49	-2,51	4,3	As
Avelino Lopes	-43,95	-10,14	495,1	Aw	Inhuma	-41,74	-6,68	466,2	As
Baixa G. Ribeiro	-44,20	-8,17	476,5	Aw	Ipiranga Piauí	-41,79	-6,85	444,6	As
Barra D'Alcântar	-42,10	-6,51	344,5	Aw	Isaías Coelho	-41,59	-7,68	296,8	Aw
Barras	-42,31	-4,24	103,0	As	Itainópolis	-41,53	-7,39	278,1	BSh
Barreiras Piauí	-45,48	-9,93	468,5	Aw	Itaueira	-43,03	-7,61	314,9	Aw
Barro Duro	-42,50	-5,82	197,5	Aw	Jacobina Piauí	-41,19	-7,91	335,9	BSh
Batalha	-42,08	-4,02	92,9	As	Jaicós	-41,14	-7,36	337,3	BSh
Bela Vista Piauí	-41,87	-7,98	322,0	BSh	Jardim Mulato	-42,37	-6,50	248,3	Aw
Belém do Piauí	-42,49	-8,12	366,7	BSh	Jatobá Piauí	-41,82	-4,77	177,2	As
Benedictinos	-42,36	-5,46	117,7	Aw	Jerumenha	-43,51	-7,09	215,3	Aw
Bertolândia	-43,94	-7,64	313,8	Aw	João Costa	-42,48	-8,05	403,9	BSh
Betânia do Piauí	-40,78	-8,13	476,7	BSh	Joaquim Pires	-42,20	-3,51	50,7	As
Boa Hora	-42,08	-4,40	115,3	As	Joca Marques	-42,42	-3,47	58,4	As
Bocaina	-41,33	-6,91	320,9	BSh	José de Freitas	-42,58	-4,76	122,1	Aw
Bom Jesus	-44,36	-9,07	504,5	Aw	Juazeiro Piauí	-41,42	-5,10	228,6	As
Bom P. Piauí	-41,65	-3,17	61,8	As	Júlio Borges	-44,23	-10,32	545,8	Aw
Bonfim do Piauí	-42,86	-9,17	438,0	BSh	Jurema	-43,12	-9,22	549,6	Aw
Boqueirão Piauí	-42,04	-4,29	123,6	As	Lagoinha Piauí	-42,62	-5,82	255,7	Aw
Brasileira	-41,40	-4,11	137,6	As	Lagoa Alegre	-42,62	-4,05	117,9	Aw
Brejo do Piauí	-42,49	-8,12	391,7	Aw	L. Barro Piauí	-41,65	-8,41	444,6	BSh
Buriti dos Lopes	-41,88	-3,17	52,2	As	L. S. Francisc	-41,60	-4,38	354,4	As
Buriti dos Monte	-41,08	-5,30	391,8	As	Lagoa Piauí	-42,63	-5,40	139,5	Aw

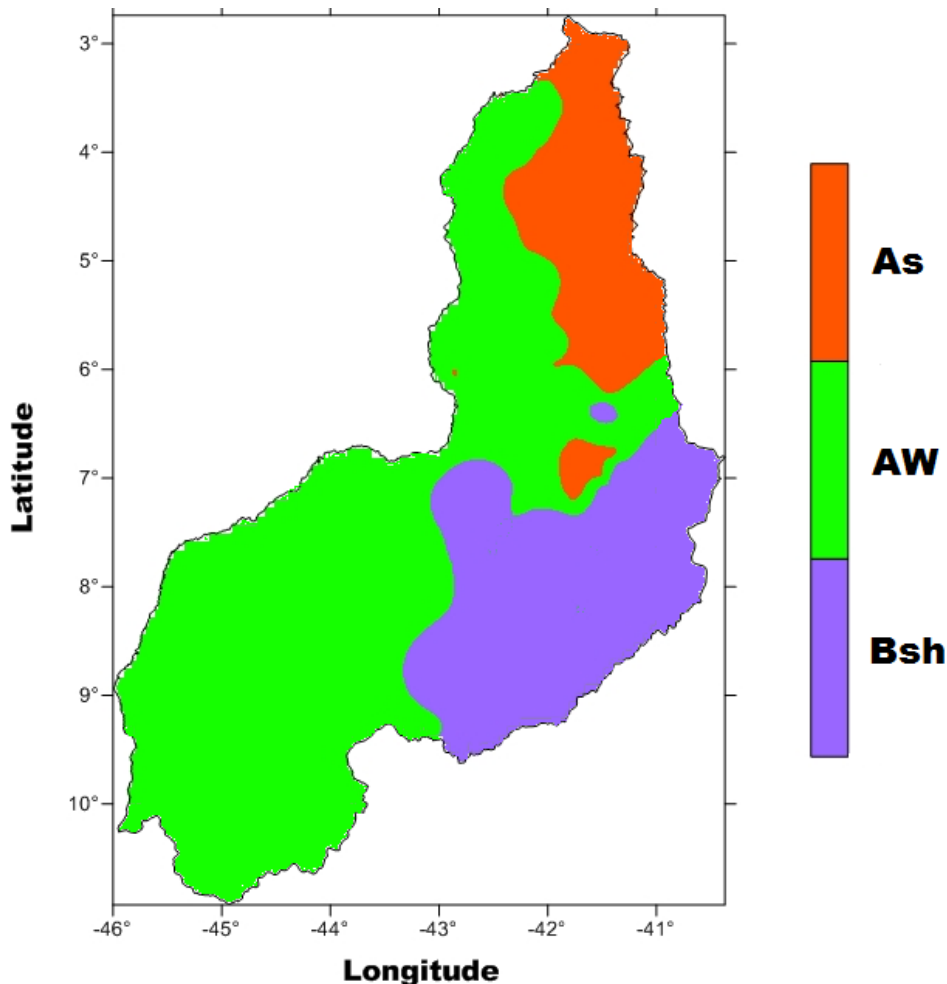
Cabeceiras Piauí	-42,33	-4,42	110,7	As	Lagoa Sítio	-41,58	-6,05	464,7	As
Cajazeiras Piauí	-42,38	-7,50	173,6	Aw	Landri Sales	-43,93	-7,26	328,5	Aw
Cajueiro da Praia	-41,03	-2,75	12,7	As	Luís Correia	-41,67	-2,88	39,8	As
Caldeirão G. Piauí	-40,59	-7,27	652,9	BSh	Luzilândia	-42,36	-3,46	58,4	Aw
Campinas Piauí	-41,84	-7,66	268,7	BSh	Madeiro	-42,05	-3,47	56,7	Aw
Campo A. Fidalgo	-41,83	-8,37	380,8	BSh	Manoel Emídio	-43,86	-7,97	404,9	Aw
Campo G. Piauí	-41,33	-7,12	388,1	BSh	Marcolândia	-40,72	-7,39	658,6	BSh
Campo L. Piauí	-42,62	-3,80	84,3	Aw	Marcos Parente	-43,90	-7,16	287,6	Aw
Campo Maior	-42,18	-4,82	147,3	As	Massapê Piauí	-41,12	-7,45	302,7	BSh
Canavieira	-43,73	-7,70	260,4	Aw	Matias Olímpio	-42,55	-3,71	74,1	Aw
Canto do Buriti	-42,95	-8,11	453,6	Aw	Miguel Alves	-42,90	-4,17	82,0	Aw
Capitão Campos	-41,94	-4,45	176,6	As	Miguel Leão	-42,75	-5,68	266,5	Aw
Capitão G Oliveira	-41,82	-8,48	354,7	BSh	Milton Brandão	-41,42	-4,68	317,1	As
Caracol	-43,33	-9,29	602,1	Aw	Mons Gil	-42,62	-5,57	195,2	Aw
Curral Novo Piauí	-41,47	-6,35	510,2	BSh	Mons Hipólito	-41,07	-6,98	466,6	BSh
Demerval Lobão	-42,68	-5,36	112,6	Aw	Monte A Piauí	-45,29	-9,75	444,0	Aw
Dirceu Arcoverde	-42,44	-9,34	443,8	BSh	Morro C Tempo	-43,54	-9,43	520,8	Aw
D. Expedito Lopes	-41,69	-6,98	454,6	As	Morro C Piauí	-42,30	-3,73	79,5	Aw
Domingos Mourão	-41,28	-4,25	236,7	As	Murici Portela	-42,08	-3,32	46,3	As
Elesbão Veloso	-42,15	-6,20	232,7	Aw	N S Nazaré	-42,10	-4,37	117,1	As
Eliseu Martins	-43,72	-8,21	324,8	Aw	N S Remédio	-42,63	-3,98	87,4	Aw
Novo Oriente Piauí	-41,94	-6,46	324,6	Aw	São Julião	-40,84	-7,08	402,2	BSh
Novo Santo Antônio	-41,93	-5,93	170,7	As	S Luis Piauí	-42,54	-9,20	386,5	BSh
Oeiras	-42,14	-7,02	238,5	Aw	São L. Piauí	-41,82	-6,82	403,9	As
Olho D'Água Piauí	-40,90	-7,35	245,3	Aw	Passagem Francisco	-42,22	-4,66	260,2	Aw
Padre Marcos	-40,91	-7,35	395,6	BSh	Patos Piauí	-42,22	-4,59	259,1	BSh
Paes Landim	-42,25	-7,74	259,4	BSh	Paulistana	-42,22	-4,52	258,0	BSh
Pajeú do Piauí	-42,32	-7,85	328,4	Aw	Pavussu	-42,22	-4,45	256,9	Aw
Palmeira do Piauí	-44,24	-8,73	470,1	Aw	Padre Marcos	-42,24	-4,11	251,4	BSh
Palmeirais	-43,08	-5,97	170,3	Aw	Paes Landim	-42,24	-4,04	250,2	BSh
Paquetá	-41,70	-7,10	299,1	As	Pajeú Piauí	-42,24	-3,97	249,1	Aw
Parnaguá	-44,64	-10,23	453,4	Aw	Palmeira Piauí	-42,25	-3,90	248,0	Aw
Parnaíba	-41,78	-2,91	19,6	As	Palmeirais	-42,25	-3,83	246,9	Aw
Passagem F	-42,43	-5,85	186,8	Aw	Paquetá	-42,25	-3,76	245,8	As
Patos do Piauí	-41,24	-7,56	311,4	BSh	Parnaguá	-42,26	-3,69	244,7	Aw
Paulistana	-41,15	-8,14	386,7	BSh	Parnaíba	-42,26	-3,62	243,6	As
Pavussu	-43,22	-7,95	409,0	Aw	São M B Grande	-42,18	-5,85	186,0	Aw
Pedro II	-41,46	-4,42	427,7	As	S M Fidalgo	-42,37	-7,58	244,3	BSh
Pedro Laurentino	-42,28	-8,08	299,0	BSh	São M Tapuico	-41,33	-5,50	370,6	As
Nova Santa Rita	-42,05	-8,08	325,7	BSh	São Pedro Piauí	-42,73	-5,93	257,9	Aw

Picos	-41,47	-7,08	322,0	BSh	São R Nonato	-42,68	-9,02	462,0	BSh
Pimenteiras	-41,45	-6,24	520,7	As	Sebastião Barro	-44,08	-10,82	478,1	Aw
Pio IX	-40,62	-6,83	578,0	BSh	Sebastião Leal	-44,05	-7,55	422,0	Aw
Piracuruca	-41,72	-3,93	118,4	As	Sigefredo Pac	-41,73	-5,90	228,6	As
Piripiri	-41,78	-4,27	185,0	As	Simões	-40,81	-7,60	542,8	BSh
Porto	-42,72	-3,89	56,4	Aw	Simp Mendes	-41,91	-7,86	285,7	BSh
Porto A Piauí	-44,02	-6,97	260,1	Aw	Socorro Piauí	-42,50	-7,80	284,6	BSh
Prata do Piauí	-42,22	-5,66	134,1	Aw	Sussuapara	-41,38	-7,03	293,3	BSh
Novo O Piauí	-42,17	-5,69	276,9	Aw	Tamboril Piauí	-42,09	-8,04	426,1	Aw
Novo S Antônio	-42,18	-5,62	275,8	As	Tanque Piauí	-42,26	-6,06	301,8	Aw
Oeiras	-42,18	-5,55	274,7	Aw	Teresina	-42,81	-5,09	113,3	Aw
Olho D'Água Piauí	-42,19	-5,28	270,2	Aw	União	-42,87	-4,59	85,7	Aw
Padre Marcos	-42,19	-5,21	269,1	BSh	Uruçuí	-44,56	-7,23	411,7	Aw
Paes Landim	-42,20	-5,14	268,0	BSh	Valença Piauí	-41,75	-6,40	314,6	Aw
Pajeú do Piauí	-42,20	-5,07	266,9	Aw	Várzea Branca	-42,95	-9,15	469,1	BSh
Palmeira do Piauí	-42,20	-5,00	265,8	Aw	Várzea Grande	-42,27	-6,54	342,5	Aw
Palmeirais	-42,21	-4,93	264,7	Aw	Vera Mendes	-41,46	-7,06	311,5	Aw
Paquetá	-42,21	-4,86	263,6	As	Vila N. Piauí	-40,93	-7,13	413,9	BSh
Parnaguá	-42,21	-4,79	262,5	Aw	Wall Ferraz	-40,09	-7,21	239,7	As
Parnaíba	-42,21	-4,72	261,4	As					

Fonte: Medeiros (2018)

A Figura 2 apresenta as variabilidades da classificação climática para o estado de Piauí com o modelo de Köppen (1928, 1931). A relevância do trabalho foi encontrar três categorias de climas, dos tipos “AW” localizado no Oeste, sul e parte da região central do Estado. O tipo de clima “Bsh” com predominância em quase toda área semiárida piauiense e área isolada na região central. O tipo de clima “As” predominante a Este e Nordeste do estado e em faixa isolada na região central.

Figura 2 - Classificação climática de segundo o modelo Köppen para o Estado do Piauí



Fonte: Medeiros (2018).

Resultados análogos foram encontrados por Alvares et al. (2014) na classificação climática para o Brasil em que destaca a costa do Nordeste do Brasil, com clima “Bsh”, na zona de transição e o clima tipo “As” Costeiro do Ceará, estendendo-se até a costa do Estado Pernambuco.

A classificação climática segundo Köppen para a área em estudo está em conformidade com as classificações climáticas realizadas por Camargo (1961) e Alvares et al. (2014), estudo semelhantes foram realizados por Medeiros et al. (2018) o que corroboram com os resultados apresentados

Na Tabela 6 têm-se as oscilações estatísticas da temperatura média do ar no estado do Piauí. Os parâmetros estudados referem-se às variabilidades da temperatura média mínima, média máxima e média da média, seguidamente de sua mediana, desvio padrão e coeficiente de variância representativa dos 219 municípios que compõem a formação do Estado.

Tabela 6 - Oscilações estatísticas para a temperatura média do ar no estado do Piauí.

°C						
Meses	Temp.máxima	Temp. mínima	Temp. média	Mediana	Desvio padrão	Coef. Variância
Jan	27,3	23,4	25,8	27,1	0,87	0,034
Fev	26,4	23,1	25,3	26,4	0,70	0,027
Mar	26,4	23,5	25,7	26,4	0,55	0,022
Abr	26,5	23,2	25,7	26,5	0,63	0,025
Mai	26,8	22,4	25,7	26,8	0,81	0,031
Jun	27,0	21,5	25,6	27,0	1,05	0,041
Jul	27,6	21,3	25,8	27,6	1,17	0,046
Ago	28,4	21,4	26,8	28,4	1,27	0,047
Set	29,5	22,9	28,1	29,1	1,09	0,039
Out	29,4	24,5	28,3	29,3	0,86	0,030
Nov	29,2	23,9	27,6	29,1	1,21	0,044
Dez	28,5	23,7	26,6	28,2	1,07	0,040
Anual	29,3	23,1	26,5	27,7	0,92	0,035

Legenda: Temp. = Temperatura; Coef. = Coeficiente de variância. Fonte: Medeiros (2018).

A temperatura média da máxima registrada foi de 29,3°C, suas flutuações ocorrem entre 26,4°C nos meses de janeiro e fevereiro a 29,5°C. As oscilações das temperaturas média da mínima ocorreram em junho com 21,3°C a 24,5°C no mês de outubro. As oscilações médias das médias fluíram entre 25,3°C no mês de fevereiro a 28,3°C em outubro. Os valores dos desvios padrões nos meses de julho a agosto e de novembro e dezembro apresenta-se em elevação. Os coeficientes de variâncias são de baixas significâncias. Salienta-se que os valores mais prováveis de acontecimento estão centrados nos valores da mediana.

Trabalhos como o de Bussab et al. (2002) e Triola (2009) enfatizam a necessidade e a importância da análise descritiva das variáveis analisadas antes de qualquer análise inferencial, pois, fatos como a presença de valores atípicos, o tipo de comportamento da variável analisada e até mesmo os erros de digitação em bancos de dados, podem distorcer os resultados da análise inferencial, provocando conclusões incorretas ou não precisas fato que corrobora com o artigo em estudo.

CONCLUSÕES

O modelo de classificação climática de Köppen é eficiente somente para o macro escala e, com baixa capacidade de separação de tipos de climas levando-se em consideração a temperatura do ar, a precipitação pluvial e elementos resultantes do balanço hídrico.

Os regimes pluviométricos e as variações das temperaturas foram determinantes para os cálculos e sua distribuição espacial.

O modelo da krigagem pelo software Surfer 8 adequou-se satisfatoriamente na geoespacialização dos dados da área estudada.

As classificações climáticas resultantes demonstraram sensível a orografia local, aos índices pluviais e térmicos médios.

Na região sul, parte da região central e na área oeste do estado (divisa com o Maranhão), composta por 111 municípios o tipo de clima predominante é o “Aw” caracterizado por apresentar o mês mais frio com mais de 18°C e o mês mais seco com menos de 60 mm, com chuvas atrasando para o outono.

No setor Nordeste e Norte-Nordeste e parte da região litorânea piauiense o tipo de clima foi o “As” (Tropical Chuvoso, com verão seco) predominando em cinquenta e dois municípios.

Nos setores sudeste e parte do setor sul sudeste onde está contida a região semiárida e em uma pequena área foram registrados o tipo de clima “Bsh” (clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude) registra-se em cinquenta e seis municípios.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.; STAPE, J.; SENTELHAS, P.; GONÇALVES, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22, 711–728. 2014.

ALVES, J.. Produção agrícola de subsistência no Estado do Ceará com ênfase aos anos de ocorrências de El Niño e La Niña, **Revista Brasileira de Meteorologia**, V.6, n.2, p.249-256. 1998

ANDRADE JUNIOR, A.; BASTOS, E.; BARROS, A.; SILVA, C.O.; GOMES, A. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica** 36, 143-151. 2005.

ARAÚJO, L.; SOUSA, F.; RIBEIRO, M.; SANTOS, A.; MEDEIROS, P. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, V.23, n.2, p.162-169. 2008.

BARROS, A.; ARAÚJO FILHO, J.; SILVA, A.; SANTIAGO. Gabriela Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.211. Recife: **Embrapa Solos**, p.32. 2012.

BERVEGLIERI, A.; MENEGUETTE J.; PITERI, M. A. Aplicação do interpolador krigagem em modelos digitais de terrenos comparando-se os casos de isotropia e anisotropia. In:

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. **SBSR, Curitiba: Anais...INPE**, p.7222-7229. 2011.

BUSSAB, W.; MORETTIN, P. **Estatística básica**. 4. ed. São Paulo: Atual, 320 p. 1987.

CAMARGO, A. Contribuição para a estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Piracicaba: ESALQ, (Tese de Doutorado)**. 1961.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. **VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia**. Belo Horizonte, outubro de 1994. 154-157. 1994.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil**, v. 10, n. 1, p. 140-147. 2006.

COMDEPI. **COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO PIAUÍ**. Estudo de viabilidade para aproveitamento hidroagrícola do vale do rio Uruçuí Preto. Teresina. 2002.

EMATER-PI, 2019. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Piauí.
HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. **Revista Pantaneira**, V. 16., Pag. 57 - 68, UFMS, Aquidauana-M. 2019.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais climatológicas (1990-2017). Brasília: Departamento Nacional de Meteorologia. 2019.

ISAAKS, E.; SRIVASTAVA, M. An introduction to applied geostatistics. New York: **Oxford University Press**, 561p. 1989.

JAKOB, A. A. krigagem como método de análise de dados demográficos. In: **Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, 13. Ouro Preto. 2002.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: **Walter de Gruyter**, P.388. 1931.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. **Justus Perthes**. p.270. 1928.

MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; VIANA, M.A.; SILVA, V.P. Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco - Brazil. **Revista de Geografia (Recife)**. v.35, p.219 – 234. 2018.

MEDEIROS, R.M. Análise de aspectos climático, socioeconômico e ambiental e seus efeitos na bacia hidrográfica do Rio Uruçuí Preto e entorno. **Tese de doutorado**. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. p.171. 2016.

MEDEIROS, R.M. Estudo agrometeorológico para o Estado do Piauí. p.114. Divulgação avulsa. 2016

NOBRE, C.; MOLION, L. The climatology of drought and drought prediction. In: PARRY, T.R.; CARTER, R.; KONJIN, N.T. The impact of variations on agriculture, Volume 2: Assessments in Semi-arid Regions. **Dordrech: Kluwer**, p.305-323. 1988.

NOBRE, P.; MELO, Â. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Revista Climanális**, ano 2, n.1, 2004.

ROLIM, G.; CAMARGO, M; LANIA, D.; MORAES, J. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia** v.66, p.711-720. 2007.

SETZER, J. Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. São Paulo, Brasil, p. 61. 1966.

SILVA, V.Y. ; SOUSA, F.A.S; CAVALCANTI, E. P.; SILVA, B.B. Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, Canada, v. 68, n. 68, p. 781-792. 2006.

SUDENE Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Piauí**. Recife, (Série Pluviometria, 2). 1990.

TRIOLA, M. **Introdução à estatística**. Tradução: Alfredo Alves de Faria. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 410p. 1999.

YAMAZAKI, Y.; RAO, V. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 55, p.205-207. 1977.

WMO. Organização Meteorológica Mundial. Calculation of monthly and annual 30 - year standard normals. Geneva (WMO). **Technical document**, v.341; WCDP, n.10. 1989.