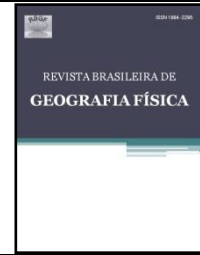




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Modelagem Geoestatística para predição da Temperatura Máxima do Ar utilizando Modelo Digital de Elevação para o município de Piranhas, Alagoas

Ronabson Cardoso Fernandes¹, Henderson Silva Wanderley², André Luiz de Carvalho³

¹ Professor Dr. Substituto pelo Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, DCAC, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário – Lagoa Nova, CEP:59.078-970, Natal, Rio Grande do Norte, ronabson@hotmail.com (autor correspondente); ² Professor Dr. Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Floresta, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CEP 23897-000, Seropédica, Rio de Janeiro, henderson@ufrj.br. ³Dr. Bolsista PNPd, Centro de Ciências Agrárias (CECA/UFAL), Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL, Brasil, del.andre2@hotmail.com.

Artigo recebido em 16/11/2017 e aceito em 14/07/2018

RESUMO

A temperatura do ar é um dos elementos meteorológica mais importante para se caracterizar o clima, embora essa informação seja essencial, para algumas regiões ela ainda é escassa ou inexistente. Deste modo, o objetivo deste estudo foi estimar a temperatura máxima do ar para o município de Piranhas no estado de Alagoas, com auxílio do Modelo Digital de Elevação (MDE). Para o estudo foram utilizados dados médios de temperatura máxima do ar proveniente de oito estações de medição, com a utilização da análise de regressão linear múltipla, a qual teve como variável dependente a temperatura média mensal do ar e variáveis independentes a latitude, longitude e altitude e do método interpolativo espacial de krigagem. Os resultados obtidos demonstraram que a metodologia proposta apresentou resultados satisfatórios para a estimativa da temperatura máxima do ar, com temperaturas que variaram de 25 °C a 35 °C.

Palavras-chave: regressão linear múltipla, krigagem, interpolação, modelagem.

Geostatistical Modeling for Prediction of Maximum Air Temperature using Digital Elevation Model for the city of Piranhas, Alagoas

ABSTRACT

Air temperature is an important meteorological variable, which acts mainly in evapotranspiration process, transferring energy to crops as sensible heat. In the tropics, this variable is typically higher compared to other regions of the globe, since its daily variation is related to the incidence of solar energy and, consequently, to the heating of soil surface. So, the objective of this study was to estimate the maximum air temperature in Rio Largo, Alagoas, Brazil, using The Digital Elevation Model (DEM). For this study were used average values of maximum air temperature from eight stations, for which a multiple linear regression analysis was used, which has as dependent variable the monthly average air temperature and independent variables the latitude, longitude and altitude and the Krigging method spatial interpolation. The results showed that the methodology proposed in this study had satisfactory results for the estimation of the maximum air temperature, with temperatures ranging from 25 to 35 °C.

Keywords: Air temperature; multiple linear regression; krigging, interpolation, modeling.

Introdução

A temperatura é resultante da disponibilidade de energia, proveniente do sol, que chega a superfície, a qual aquece o ar devido ao fluxo de calor sensível, fornecendo energia principalmente para os processos de evaporativos. Deste modo, a temperatura do ar tornasse um dos elementos meteorológica mais importante para se caracterizar o clima de uma região.

Nas regiões tropicais, essa variável é normalmente superior em relação às demais

regiões do globo, devido a maior incidência de energia solar. Nos trópicos, também se destaca além do elevado índice térmico, o pluviométrico e o evaporativo. No entanto, para algumas regiões, como o Nordeste do Brasil, a precipitação apresenta uma distribuição irregular, fazendo com que a energia disponível, em algumas épocas do ano, seja utilizada para aquecer o ar, ressaltando a importância da temperatura máxima para essa região.

Deste modo, o conhecimento da distribuição da temperatura do ar é essencial a classificação climática e agroclimática de uma região. A identificação dessas áreas com temperatura basal ótima é fundamental para a agricultura, pois, essa temperatura é necessária para que o vegetal apresente crescimento e se desenvolva. Essa informação possibilita o planejamento do ciclo vegetativo, bem como, a melhor época e local para o plantio.

Embora essas informações sejam essenciais, para algumas regiões elas ainda são escassas ou inexistentes, principalmente as referentes à temperatura do ar, seja ela máxima ou mínima. Deste modo, surge a necessidade de se estimar essas informações para regiões que não apresenta estações de medição dessa variável. As correlações estatísticas entre a temperatura do ar e as variáveis que descrevem sua variabilidade são fundamentais, para que por meio destes, se estabeleça um método para estimar a temperatura.

Para essa finalidade, pode-se levar em consideração a construção de um modelo de elevação digital, em função das características do terreno, para estimar a temperatura. Geralmente para essa abordagem se utilizam informações georreferenciadas, como o relevo e informações sobre o terreno, como tipo, cobertura e característica do solo, altitude do terreno, latitude e longitude.

Deste modo, surgiu a expressão Modelo Digital de Elevação (MDE), o qual é refere à abordagem que concite em utilizar as características do terreno, para se deduzir os demais atributos de uma bacia hidrográfica, processo esse, muito empregado em estudos hidrológicos. Este procedimento vem se apresentando com um método eficaz no processo de interpolação de temperatura, o qual produza mapas de temperatura da superfície com uma alta precisão, como demonstrado por Daniel et al. (2010).

Partindo da hipótese que o modelo de elevação pode ser uma ferramenta crucial para a estima das temperaturas máximas para o município de Piranhas.

Deste modo, o objetivo deste estudo visa estimar a temperatura máxima do ar para o território do município de Piranhas-AL com auxílio do modelo de elevação (MDE).

Material e métodos

O município de Piranhas (09°37'25''S, 37°45'24''O, 88m) localiza-se no oeste do Estado de Alagoas, na região denominada de Sertão do São Francisco. Com população estimada em torno

de 23.045 habitantes (IBGE, 2010), sua principal fonte econômica destaca-se na produção agropecuária. O clima classifica-se como tropical quente e seco, com a quadra chuvosa durante os meses de maio a julho, tendo altura pluviométrica anual em torno de 500 mm anuais. Para o estudo, foram utilizados dados médios de temperatura máxima provenientes de oito estações localizadas próximo ao município de Piranhas (**Figura 1**).

Os dados médios de temperatura máxima do ar foram utilizados para estimar a temperatura média máxima para todos os meses do ano e a média anual da temperatura máxima para o local do estudo. Os dados foram organizados e, posteriormente, submetidos à análise de regressão linear múltipla, a qual teve como variável dependente a temperatura máxima média mensal do ar e variáveis independentes a latitude, longitude e altitude, Eq. (1).

$$T_i = \beta_0 + \beta_1.Lat + \beta_2.Long + \beta_3.Alt + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que,

T_i - temperatura média mensal do ar, (°C)

Log - longitude, (graus)

Lat - latitude, (graus)

Alt - altitude, (m)

ε_i - erro aleatório, suposto independente e com distribuição normal da média e variância constante

β_0 , β_1 , β_2 e β_3 - coeficientes do modelo adotado.

As informações de altitude foram geradas por meio da utilização de um Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizado pela Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), sendo esses dados tratados e disponibilizados pela EMBRAPA (2013) com resolução espacial original de 90 m.

Para elaboração dos mapas de relevo e das outras variáveis em estudo, como a análise estatística dos dados de entrada, foi empregado o software geoesatístico. Por meio deste software, empregou-se o método interpolativo de Krigagem, considerando uma matriz com 1000 linhas por 1000 colunas.

O método de interpolação Krigagem, é um método geoestatístico que leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas. Este método permite estimar informações da variável de interesse, por meio de dados obtidos por amostragem de vários pontos de medição, passando a utilizar-se destas informações para parametrizar a estimação valor da variável em estudo para pontos desconhecido, Eq. (2).

$$G_j = \sum_{i=1}^n W_{ij} Z_i \quad (2)$$

G_j - valor estimado para o ponto j (temperatura máxima do ar) n - número de pontos usados para a interpolação (1000 linhas por 1000 colunas)
 W_{ij} - peso associado ao valor estimador i
 Z_i - valor estimado no ponto ' i ' com valor conhecido.

em que

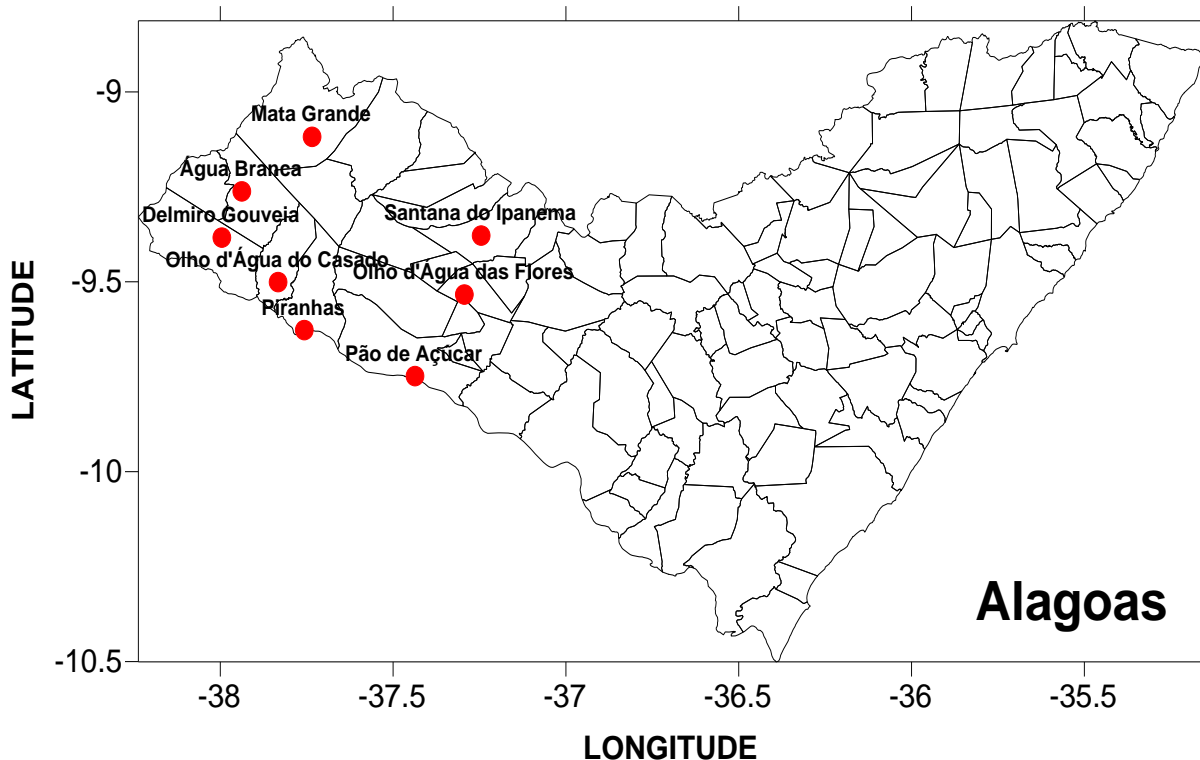


Figura 1 – Distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas no estado de Alagoas.

Esse método que permite que os dados obtidos por amostragem de certos pontos possam ser usados para parametrizar a estimação de pontos onde o valor da variável seja desconhecido, onde o valor interpolado para qualquer nó pelo semivariograma (3), segundo Vieira (2000) e Silva et al. (2011).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \{z(x_i) - z(x_i + h)\}^2 \quad (3)$$

Onde, $\gamma(h)$ corresponde ao semivariância estimada para uma distância h , considerando-se $N(h)$, os números de pares amostrais da precipitação (z) separados por uma distância h , x_i e $x_i + h$ pontos dessas amostragens na distância (h) e valores de precipitação medidos nesses locais, $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$.

Os resultados obtidos pelo variograma foram auto-ajustados pelo método linear (4).

$$\gamma(h) = c_0 + \frac{c_1}{a} \quad (4)$$

Sendo, considerando o efeito pepita (c_0), a variância estrutural (c_1) e o alcance (a).

Os resultados obtidos foram avaliados por meio do coeficiente de determinação (r^2). Este coeficiente indica a proporção da variação total na variável dependente y que é explicada pela variação da variável independente x (Eq. 5). A medida r^2 reflete até que ponto os valores de y estão relacionados com os de x . Os valores para (r^2) variam de 0 a 1. Se $r^2 = 0$, então $\beta_i = 0$ e o valor médio de y é a melhor projeção para qualquer valor de x , se (r^2) é próximo de 1, significa que a variação explicada responde por uma grande percentagem da variação total. Posteriormente, foi feita a interpolação espacial para a altitude e temperatura por meio do método de krigging.

$$r^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - y_c)^2}{\sum(y_c - \bar{y})^2} \quad (5)$$

em que

y_i - valores observados

y_c - valores estimados pela a reta

\bar{y} - valores médios.

A relação estatística e as figuras foram realizadas com auxílio de um software livre como o Programa R(R, 2015), versão 3.1.3, e alguns pacotes como *maptools* (Bivand e Lewin-Koh, 2016) *raster* (Hijmans, 2015), *rasterVis* (Lamigueiro e Hijmans 2016).

Resultados e discussão

Os valores estimados para a temperatura máxima do ar, por meio da regressão múltipla são apresentados na **Tabela 1**. Para os meses de novembro a março, a temperatura estimada apresentou-se próxima aos 35 °C, sendo a máxima obtida para o mês de novembro, em virtude o sol culminar no zênite no fim do mês de outubro, e do atraso existente para o aquecimento do ar em função da resposta do aquecimento do solo. As menores temperaturas foram estimadas para os meses junho, julho e agosto, que inferiores a 30 °C, meses esses que estão inseridos no período de inverno (período chuvoso) para o hemisfério sul.

Os valores apresentados para o coeficiente de determinante (r^2) oscilaram de 0,89% para o mês de dezembro e 0,95 para março e abril (Tabela 1), sendo estes o melhor ajuste obtido. Para os demais meses e para o ajuste anual, o coeficiente de determinação (r^2) variou entre os valores já apresentados. Quando comparado com os coeficientes obtidos por Hörsch (2003), para estimar a temperatura, os valores encontrados neste estudo foram superiores para todos os meses.

O coeficiente β_1 apresentou seus máximos valores no mês de novembro 2,786 e o menor em julho com 0,986. Esse resultado é devido ao posicionamento do sol no hemisfério sul, o qual ocorre de setembro a março. Vale ressaltar que durante o período de setembro a fevereiro, o coeficiente foi superior a dois para esses meses.

Os resultados mostraram que para os meses de primavera-verão, os coeficientes foram maiores devido a maior intensidade da radiação solar que chega a superfície. Para os meses de outono-inverno, no hemisfério sul, os coeficientes apresentaram os menores valores, decorrente ao déficit de energia, por o sol se encontra sobre o hemisfério norte.

Os valores calculados para os coeficientes β_2 e β_3 apresentaram valores negativos. O coeficiente β_2 oscilou de -0,876 a -1,663 respectivamente para os meses de maio e outubro,

já o coeficiente β_3 , de -0,005 a -0,008, sendo os maiores valores obtidos nos meses de inverno. Os coeficientes negativos estão correlacionados com a diminuição da temperatura do ar com o aumento da altitude.

Os maiores gradientes de temperatura máxima foram observados entre os meses de setembro a fevereiro, e os menores de março a agosto, com uma variação entre a adiabática seca de -0,98 °C/100 m, e para a úmida de média 0,60 °C/100m. O maior gradiente térmico foi observado no mês de setembro com uma redução de -0,9 °C/100 m, com o menor em janeiro de -0,6 °C/100 m. O gradiente vertical de temperatura do ar situou-se de 0,53 °C/100 m em janeiro a 0,88 °C/100 m para os meses de junho a agosto.

A **Figura 2** mostra o relevo do município de Piranhas, apresenta acentuado contraste em sua elevação, com altitude inferior a 12 metros, as margens do rio São Francisco, a altitude superior a 500 metros, resultada em grande influencia na temperatura do ar. Na região central e ao norte, destaca-se a Serra do Retiro, Serra da Panela e a Serra do Criolo, havendo o predomínio dos níveis entre 150 a 300 metros. As altitudes máximas, com elevações de em torno de 545 metros são observadas na serra da Formosinha e no morro do Boqueirão.

A interpolação da temperatura máxima obtida pelo MDE demonstrou resultado análogo ao obtido por meio da regressão linear, com o mesmo padrão sazonal da variação da temperatura. Na **Figura 3**, observa-se a estimativa espacial das temperaturas máximas para o primeiro semestre para o município em estudo.

A variabilidade espacial e temporal da temperatura máxima obtida está coerente com a sazonalidade existente no Hemisfério Sul, com temperatura máxima para os meses de verão, onde para a localidade em estudo, essa temperatura apresentou valores superiores a 34 °C. A temperatura apresenta uma redução nos meses do outono, onde de maio e junho a temperatura foi inferior a 28 °C.

Observa-se também que a variação da temperatura máxima em função do relevo da região, em janeiro, apresentou uma amplitude térmica de 2,6 °C, entre a mínima e a máxima altitude da região. As maiores amplitudes térmicas da temperatura máxima foram observadas principalmente para os meses de inverno, sendo para junho foi próxima ao 4°C (**Figura 3**).

A região centro-norte de Piranhas foi registrada as menores temperaturas máximas estimadas. Segundo Fernandes e Carvalho (2013) a região norte de Piranhas tende a chover mais do que a região sul, principalmente nos meses de junho e

julho. Segundo os mesmo autores, isso é devido a influência da altitude, por se concentrar numa região mais elevada, e conseqüentemente, têm-se maiores alturas pluviométricas.

Segundo o estudo de Silva et al.(2016) para a Região Metropolitana de Recife utilizando MDE verificaram que mais de 85% de precipitação anual foi associada ao relevo.

Tabela 1: Temperatura média máxima do ar estimada e os coeficientes de regressão linear múltipla e de determinação.

Mês	T	Coeficientes				
	°C	β_0	β_1	β_2	β_3	r^2
Jan	35,0	18,388	2,306	-1,029	-0,005	0,92
Fev	35,1	13,133	2,202	-1,145	-0,005	0,92
Mar	35,1	3,600	1,880	-1,314	-0,006	0,95
Abr	33,4	9,493	1,959	-1,135	-0,007	0,95
Mai	30,5	11,315	1,433	-0,876	-0,007	0,91
Jun	25,0	4,892	1,312	-0,982	-0,008	0,93
Jul	28,6	4,105	0,986	-0,902	-0,008	0,93
Ago	29,4	-1,607	1,429	-1,187	-0,008	0,94
Set	31,5	-5,165	2,254	-1,546	-0,007	0,90
Out	33,8	-5,000	2,489	-1,663	-0,006	0,93
Nov	35,2	3,680	2,786	-1,547	-0,006	0,93
Dez	34,9	13,910	2,051	-1,081	-0,005	0,89
Anual	32,29	3,871	1,751	-1,211	-0,006	0,93

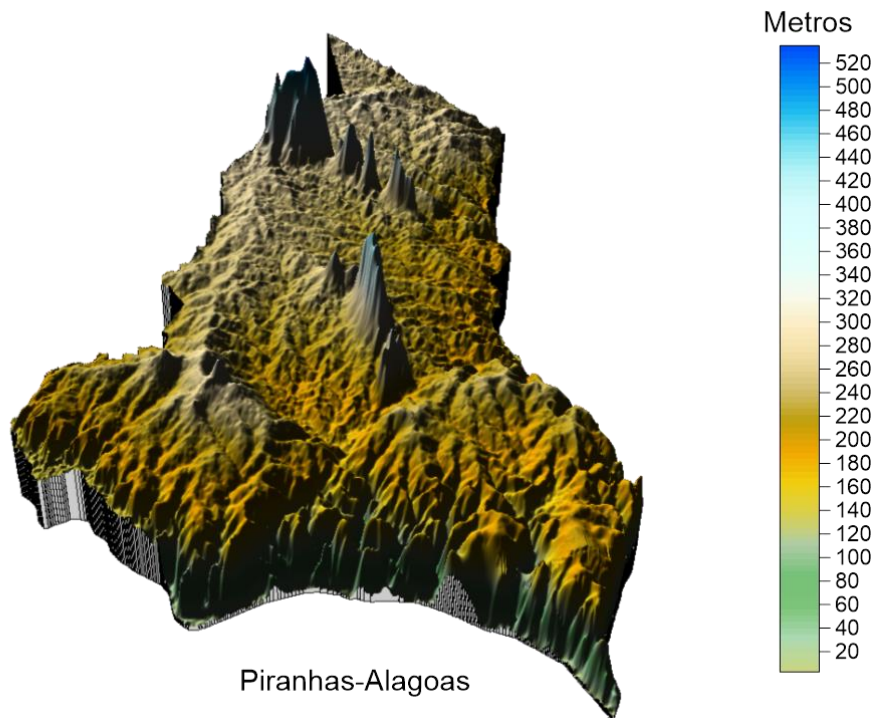


Figura 2 – Altimetria, em metros, do município de Piranhas/Alagoas

A espacialização de temperatura demonstrou que as isotermas das temperaturas máximas encontram-se em volta das serranas. No período de janeiro a março, observou um decréscimo na temperatura, fazendo com que as isotermas se tornam mais zonal no mês de março. O mês de março, nesta região, é caracterizado com o mês de transição do período seco do chuvoso.

Com o início das chuvas, ocorre também a preparação da terra para o plantio agrícola. No entanto, a temperatura máxima observada na região, mostrasse acima da temperatura ótima máxima de algumas culturas, a qual pode causar estresse térmico. Outro fator de destaque para essa região é a alta taxa na evapotranspiração, podendo chegar a 2.046,5 mm/ano, com índice de aridez de 3,97 para o município de Piranhas (Gois et al., 2005). Ressaltando-se que Piranhas está inserido numa região propícia a desertificação natural (Gois et al., 2005).

Essa situação pode ser ainda agravada quando se leva em consideração o aumento da temperatura para cenários futuros de mudanças climáticas, os quais preveem para o ano de 2050 um aumento na evapotranspiração, com valores entre 1.500 e 1.800 mm/ano (Santos et al., 2010). Estas condições adversas pode comprometer em totalidade a produção agrícola da região.

Os resultados apresentados por Santos et al. (2010) para o Estado de Alagoas, o qual inclui a região desse estudo, indica que a temperatura do ar apresentou tendências crescentes estatisticamente significativas a níveis de 1 e 5% de probabilidade no período de 1961 a 2007. Esse aumento na temperatura ainda pode ser agravado devido ao aquecimento global, com um aumento de 2 a 4 °C na temperatura para o Nordeste do Brasil, como previsto por Silva (2004).

Essas condições futuras podem favorecer o agravamento do estresse térmico para as pessoas, animais e plantas, principalmente para os meses que se observam as maiores temperatura. A temperatura do corpo ou da folha é resultado da interação dos mecanismos de transferência de calor sensível e latente entre o indivíduo e o meio, os quais podem ser intensificados no futuro aumentando o desconforto.

O estresse térmico pode alterar parâmetros corporais e vegetais como: temperatura do corpo e da folha, taxa de transpiração da pele e evapotranspiração das culturas, e outros fatores que são afetados diretamente pela temperatura do ambiente. O desconforto térmico pode comprometer o desempenho de atividades realizadas pela população sertaneja, diminuir a produção de leite que de bovinos e caprinos, e

comprometer a qualidade e a produtividade agrícola.

Agregado a alta temperatura, outro fator que é preponderante ao conforto térmico, se refere à quantidade de vapor de água no ar, definido pela umidade relativa, que pode amplificar o efeito da

alta temperatura. Este fato é verificado por alguns meses apresentarem umidade relativa abaixo da recomendada pela ASHRAE (2001). Consoante, a precipitação na região em estudo apresentou mudança em sua distribuição temporal, sendo identificado tendência (Wanderley et al, 2013).

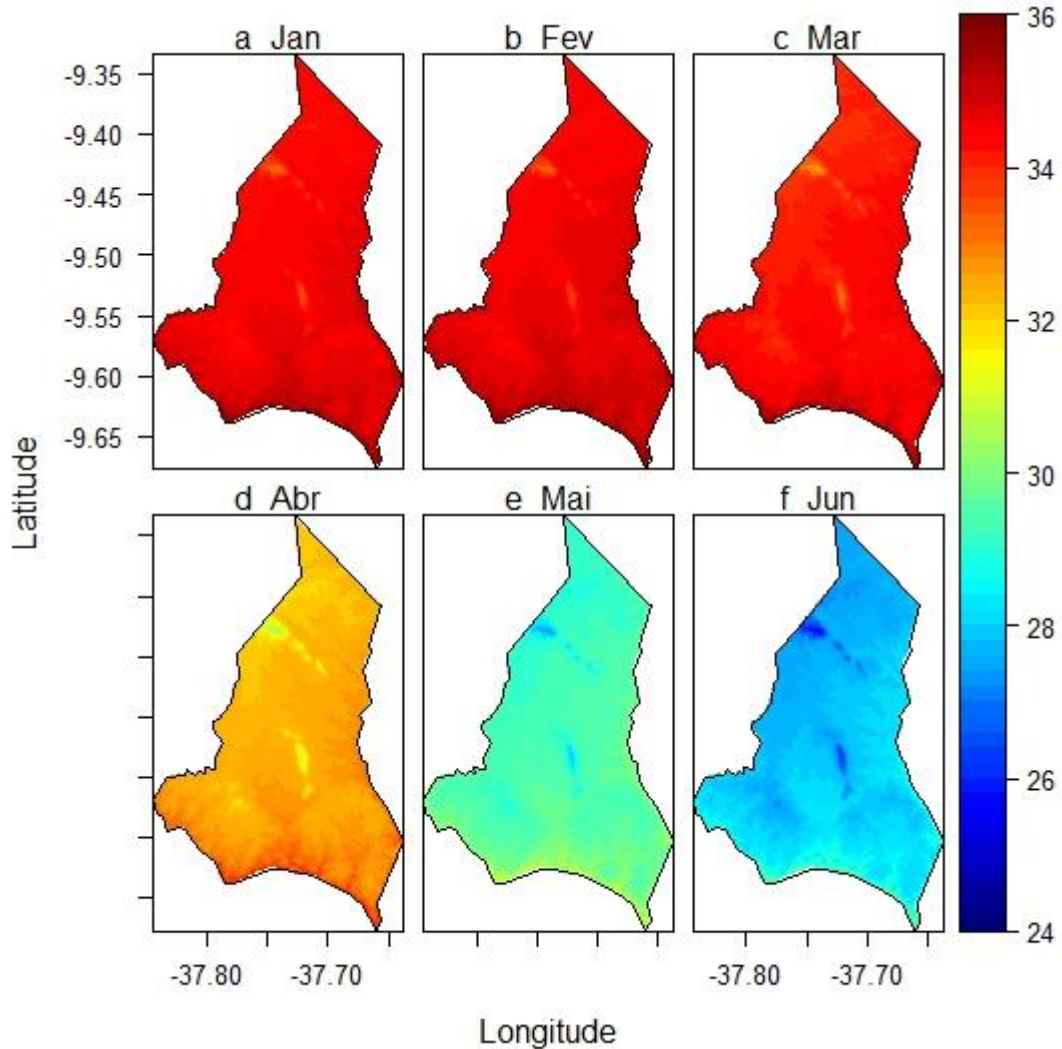


Figura 3 – Estimativa das temperaturas máximas (°C) para os meses de (a) janeiro, (b) fevereiro, (c) março, (d) abril, (e) maio e (f) junho para Piranhas –AL.

A redução na temperatura máxima ocorre até o mês de julho, passando a aumentar posteriormente, **Figura 4**. Pela a interpolação realizada via MDE, o mês de julho foi o mês que apresentou as menores temperaturas máximas, 24,6°C. Neste mês também foi observado a maior amplitude térmica entre as máximas e as mínimas elevações, com 4,2°C de amplitude. Resultado esse decorrente ao menor aquecimento do ar nas regiões mais altas. Segundo Fernandes e Carvalho (2013), climatologicamente, julho é o mês com o maior valor de precipitação acumulada com 112,2 mm, contribuindo assim para redução da temperatura máxima do ar nesse período.

A temperatura do ar aumenta gradativamente até o mês de novembro, onde foram observadas as maiores temperaturas máximas, acima de 35°C. O aumento na temperatura máxima, entre os meses de menor temperatura, julho, e o de máxima, novembro foi superior a uma taxa de 2,3°C/mês.

Os resultados obtidos mostraram que, espacialmente, a variação da temperatura máxima do ar pode ser modelada levando em consideração da latitude, longitude e altitude, o qual apresentaram estimativas satisfatórias. Estes resultados demonstram que a metodologia adotada neste estudo pode ser aplicada para localidades que

não apresentam dados de temperatura do ar, a qual pode ser estimada por meio das coordenadas geográficas.

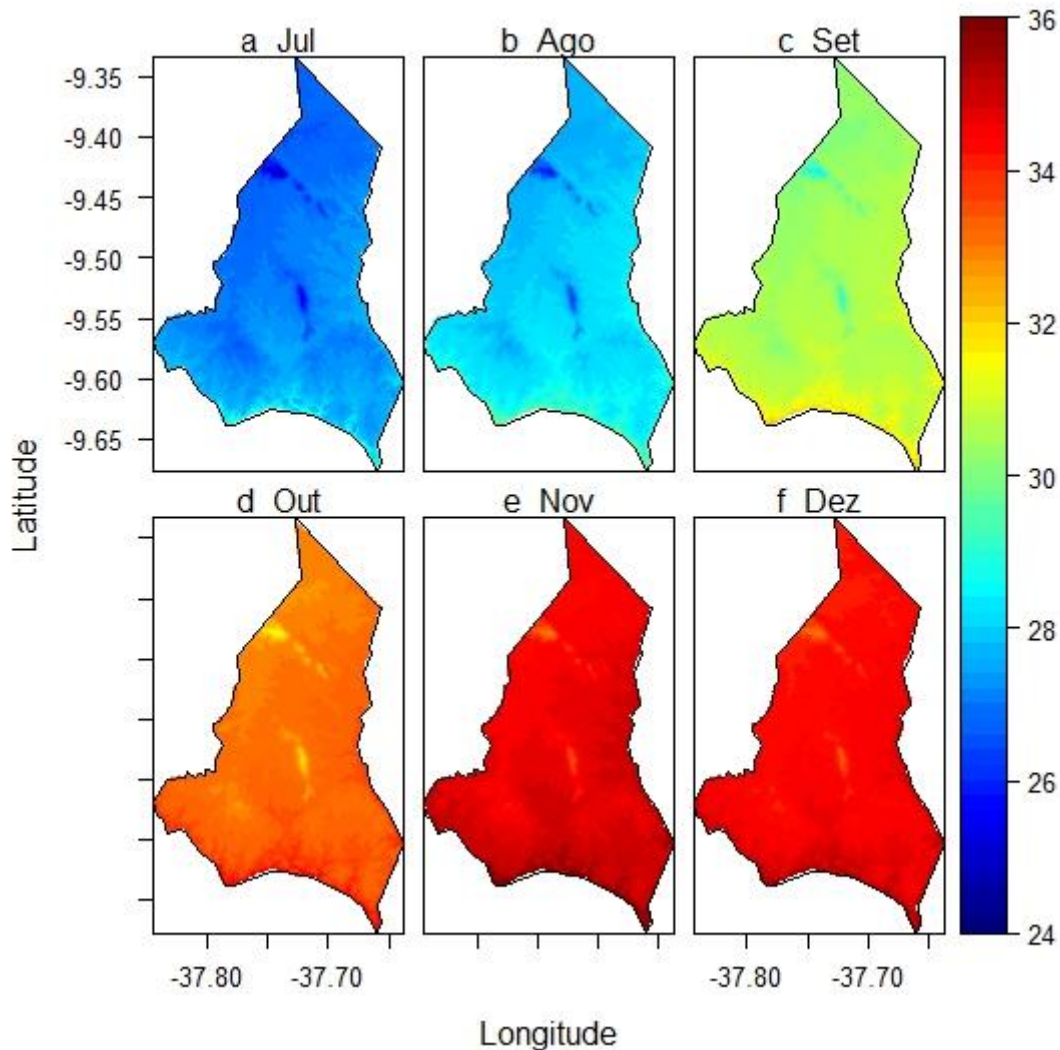


Figura 4 – Estimativa das temperaturas máximas (°C) para os meses de (a) julho, (b) agosto, (c) setembro, (d) outubro, (e) novembro e (f) dezembro, para Piranhas –AL.

Conclusões

Os resultados obtidos demonstraram que a metodologia proposta neste estudo pode ser aplicada para localidades que não apresentam dados de temperatura do ar, apresentando resultados satisfatórios para a estimativa da temperatura máxima do ar por meio da latitude, longitude e altitude.

Além disso, esse método mostrou ganhos ao conseguir estimar a temperatura máxima para regiões em que não apresentam dados observacionais. A temperatura estimada está coerente com a variação sazonal. A máxima temperatura máxima foi obtida no mês de novembro, acima de 35°C e, as menores temperaturas foram obtidas durante os meses de

junho e julho, coincidindo com o período chuvoso da região. Portanto, a metodologia adotada poderá ser aplicada para outras regiões com ausência de dados observacionais.

Referências

ASHRAE, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy: Proposed Revision to American National Standard, 2001. First Public Review Draft. ASHRAE, 66p.

- Bivand, R., Lewin-Koh, N., 2016. maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects. R package version 0.8-39.
- Daniel, J., Lennart, N., Thierry, B., Arve, E., 2010. Plants as bioindicator for temperature interpolation purposes: Analyzing spatial correlation between botany based index of thermophily and integrated temperature characteristics. *Ecological Indicators* 10, 990–998.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>> Acesso em: 10 de agosto de 2013.
- Fernandes, R.C., Carvalho, A.L., 2013. Espacialização da precipitação pluvial no município de Piranhas, Alagoas. *Ciência e Natura* 2, 295-303.
- Gois, G., Souza, J.L., Silva, P.R.T., Oliveira Júnior, J.F., 2005. Caracterização da desertificação no estado de Alagoas utilizando variáveis climáticas. *Revista Brasileira de Meteorologia* 3, 301-314.
- Hijmans, R.J., 2015. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.5-2.
- Hörsch, B., 2003. Modelling the spatial distribution of montane and subalpine forests in the central Alps using digital elevation models. *Ecological Modelling* 168, 267–282.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=270710&search=alagoas|piranhas> Acesso em: 29/05/2010.
- Lamigueiro, O.P., Hijmans, R., 2016. meteoForecast. R package version 0.40.
- Santos, D. N., 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* 5, 492–500.
- Silva, V. de P. R., 2004. On climate variability in Northeast of Brazil. *Journal of Arid Environments* 4, 575-596.
- Silva, K. R., Cecílio, R. A., Xavier, A. C., Pezzopane, J.R. M., Garcia, G.O. , 2011. Interpolação Espacial da Precipitação no Estado do Espírito Santos. *Revista Floresta e Ambiente* 4,417-427.
- Silva, E.C., Cabral, Cabral, J.J.S.P., Fernandes, R.C., Gusmão, L.O., Azevedo, J.R.G., 2016. Spatial variability of precipitation correlated with relief in Recife metropolitan region and surrounding areas. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* 6, 225-234.
- Vieira, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo, 2000. In: Novais, R.F., Alvarez V., V.H., Schaefer, G.R., eds. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 1, 1-54.
- Wanderley, H. S., Sedyama, G. C., Justino, F. B., Alencar, L. P., Delgado, R. C., 2013. Variabilidade da precipitação no Sertão do São Francisco, estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 7,790–795.