

COORDENADAS GEOGRÁFICAS NA ESTIMATIVA DAS TEMPERATURAS DO AR MÁXIMA, MÍNIMA E MÉDIA DECENDIAIS NO ESTADO DE GOIÁS

FRANK FREIRE CAPUCHINHO¹, GUILHERME HENRIQUE TERRA CRUZ¹, LUCAS DA COSTA SANTOS²,
MAYARA PAIVA SIQUEIRA³; ELTON FIALHO DOS REIS⁴

¹ Graduandos em Engenharia Agrícola, UEG/Anápolis-GO, (62) 98428-8085, frankfreirec@gmail.com; guilerspancaaa@gmail.com

² Engenheiro Agrícola, Pós-doutorando em Engenharia Agrícola, UEG/Anápolis-GO, lucas.cs21@gmail.com

³ Engenheira Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola, UEG/Anápolis-GO, mayarapaivanpciap@hotmail.com

⁴ Engenheiro Agrícola, Prof. Dr. Livre Docente, UEG/Anápolis-GO, fialhoreis@ueg.br

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: A estimativa de dados meteorológicos é imprescindível quando não se dispõe de dados observacionais. No entanto, a confiabilidade no uso destes, está condicionada a existência de concordância entre os dados preditos e os observados. Particularmente para a variável temperatura do ar, uma das mais importantes para o planejamento das atividades agrícolas, este tipo de informação possui caráter estratégico. Diante disso, objetivou-se com este trabalho, estimar a temperatura do ar, valores máximos, mínimos e médios, na escala decendial, a partir de coordenadas geográficas e altitude para o estado de Goiás. Para tanto, foram consideradas séries históricas de dados (1987-2017) oriundas de 27 municípios goianos. Para as estimativas consideradas neste estudo utilizou-se técnicas de análise de regressão múltipla, onde foi verificada a significância dos modelos preditores. Os coeficientes de determinação ajustados resultantes do modelo, encontrado variaram de 0,66 a 0,82 para Tmax, de 0,55 a 0,71 para Tmin e de 0,66 a 0,74 para Tmed. As médias das temperaturas máxima, mínima e média decendial podem ser estimadas satisfatoriamente nos municípios goianos por meio da altitude, latitude e longitude.

PALAVRAS-CHAVE: modelo matemático, temperatura do ar, regressão múltipla

GEOGRAPHIC COORDINATES IN THE ESTIMATION OF MAXIMUM, MINIMUM AND MEAN DECENDIAL AIR TEMPERATURES IN THE STATE OF GOIÁS, BRAZIL

ABSTRACT: The estimation of meteorological data is essential when observational data are not available. However, the reliability in the use of these, is conditioned by the existence of agreement between the predicted and observed data. Particularly for the variable air temperature, one of the most important for the planning of agricultural activities, this type of information has a strategic character. In this work, we aim to estimate air temperature, maximum, minimum and mean values, in the decendial scale, from geographic coordinates and altitude to the state of Goiás, in the midwest of Brazil. For that, historical data series (1987-2017) from 27 municipalities in Goiás were considered. For the estimates considered in this study we used multiple regression analysis techniques, where the significance of the predictive models was verified. Additionally, the suitability of the models was tested using Pearson's correlation coefficient. The determination coefficients resulting from the model found ranged from 0.66 to 0.82 for Tmax, from 0.55 to 0.71 for Tmin and from 0.66 to 0.74 for Tmed. The maximum, minimum and mean temperatures, in the decendial scale, can be estimated satisfactorily in the municipalities of Goiás as from of altitude, latitude and longitude data.

KEYWORDS: mathematical model, air temperature, multiple regression

INTRODUÇÃO: Dados de elementos meteorológicos são importantes em diversos setores econômicos, no entanto, para a agropecuária sua relevância é mandatória, uma vez que da adequada disponibilidade de tais registros dependem o planejamento e tomada de decisões no meio rural.

O acompanhamento de elementos climáticos, tal como a temperatura do ar é feito em estações meteorológicas convencionais ou automáticas, sempre por meio de medições diárias. No entanto, a baixa densidade da rede de estações meteorológicas no Brasil, particularmente em regiões distantes dos grandes centros urbanos, tem promovido uma escassez no registro de tais dados na maioria das séries climatológicas brasileira (Baba et al. 2014). Para contornar as limitações decorrentes da falta destes registros, diferentes métodos estão sendo estudados a fim de se obter maior exatidão nas estimativas de dados ausentes.

Dentre as metodologias atualmente utilizadas para a estimativa de dados faltantes, o método da regressão múltipla tem apresentado graus de acurácia satisfatórios para a predição da temperatura do ar. A premissa que fundamenta a utilização deste método é a de que existe correlação entre coordenadas geográficas e essa variável, a qual tem sido confirmada em diversos trabalhos realizados no Brasil (FERREIRA; VALLADARES; HOTT, 2006; FRITZSONS; MANTOVANI; AGUIAR, 2008) e, também no exterior (GUAN et al., 2013). Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa, estimar a temperatura do ar, valores máximos, mínimos e médios, para o estado de Goiás, na escala decendial, a partir de coordenadas geográficas e altitude, utilizando para este fim, a técnica da regressão múltipla.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados dados diários de temperatura máxima, mínima e média do ar obtidos na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 27 estações meteorológicas localizadas no Estado de Goiás (Figura 1), referentes ao período de 1987 a 2017. Para o preenchimento das falhas existentes nas séries históricas, foi utilizado o banco de dados desenvolvido por Xavier et al. (2015).

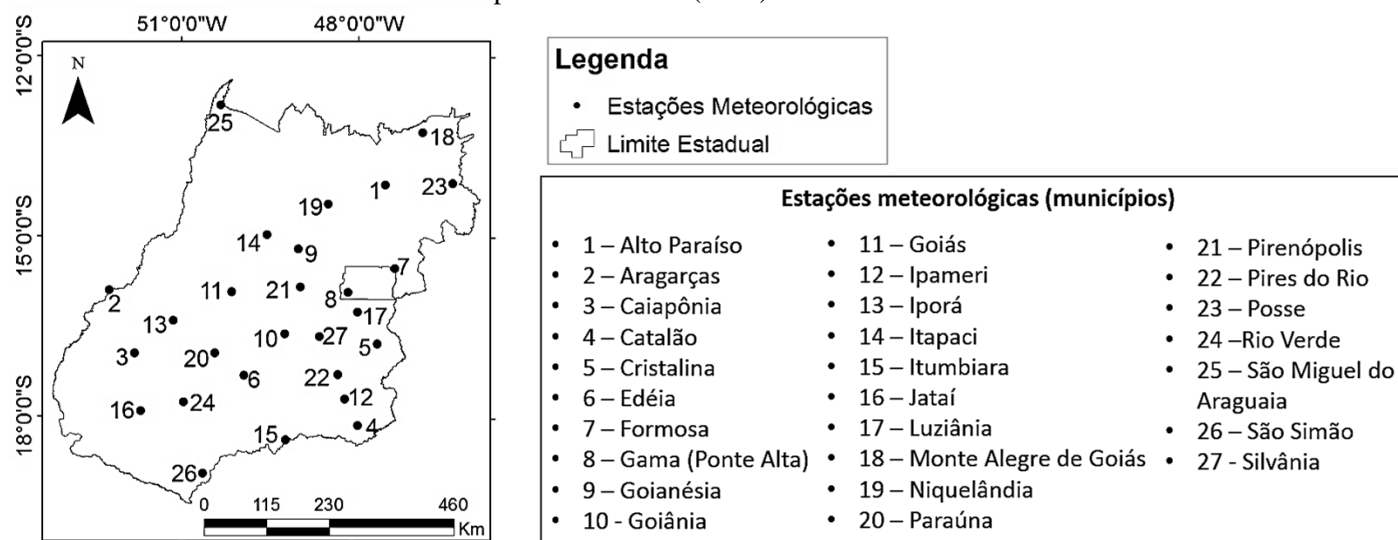


FIGURA 1. Localização geográfica das 27 estações meteorológicas utilizadas para a estimativa da temperatura mínima, máxima e média do ar no estado de Goiás, a partir de análises de regressão múltipla.

Para determinação dos parâmetros das equações de regressão múltipla, foi utilizado o software livre R, a partir da associação entre os dados de temperatura máxima, mínima e média do ar em intervalos decendiais (média do período), com as coordenadas geográficas e altitude das 27 localidades avaliadas neste estudo. O modelo foi desenvolvido por meio de uma combinação linear da altitude, latitude e longitude, como é expresso na equação 1.

$$y = \beta_0 + \beta_1 \text{Alt} + \beta_2 \text{Lat} + \beta_3 \text{Long} \quad (1)$$

Em que y é a temperatura do ar máxima, mínima ou média estimada para intervalos decendiais; β_0 é o coeficiente linear; β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes angulares das variáveis espaciais; Alt é a altitude em metros e Lat e Long são a latitude e longitude, respectivamente, ambos em graus decimais com valores positivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na Tabela 1 são apresentados os coeficientes das equações de regressão múltipla (β_0 , β_1 , β_2 e β_3), bem como os coeficientes de determinação ajustados (R^2_{aj}) dos modelos. Este último explica a confiabilidade do modelo matemático na predição das temperaturas máximas, mínimas e médias do ar, na escala decendial, para 27 localidades do estado de Goiás.

TABELA 1. Estimativa dos parâmetros (β_0 , β_1 , β_2 e β_3) da regressão linear múltipla e do coeficiente de determinação (R^2) ajustado, das temperaturas máxima, média e mínima decendiais do ar (Tmax, Tmed e Tmin) em função da altitude (m), latitude ($^\circ$ S) e longitude ($^\circ$ O) no Estado de Goiás, compreendido no período de 1987 a 2017.

Mês	Dec	Tmax					Tmed					Tmin				
		β_0	β_1	β_2	β_3	R ² aj (%)	β_0	β_1	β_2	β_3	R ² aj (%)	β_0	β_1	β_2	β_3	R ² aj (%)
Janeiro	1	23,123	-0,003*	-0,095 ^{NS}	-0,137 ^{NS}	67,06	19,041	-0,003*	-0,044 ^{NS}	-0,138 ^{NS}	68,62	15,426	-0,003*	0,003 ^{NS}	-0,129 ^{NS}	68,05
	2	21,275	-0,003*	-0,126 ^{NS}	-0,169 ^{NS}	70,04	17,800	-0,003*	-0,072 ^{NS}	-0,157 ^{NS}	71,82	14,082	-0,002*	0,004 ^{NS}	-0,156 ^{NS}	68,10
	3	25,990	-0,003*	-0,096 ^{NS}	-0,087 ^{NS}	66,28	21,325	-0,003*	-0,054 ^{NS}	-0,094 ^{NS}	68,69	15,244	-0,003*	-0,006 ^{NS}	-0,131 ^{NS}	68,35
Fevereiro	1	23,099	-0,003*	-0,121 ^{NS}	-0,142 ^{NS}	69,73	19,782	-0,003*	-0,039 ^{NS}	-0,131 ^{NS}	67,03	16,301	-0,002*	0,028 ^{NS}	-0,118 ^{NS}	64,91
	2	20,868	-0,003*	-0,165*	-0,170 ^{NS}	72,75	17,617	-0,003*	-0,070 ^{NS}	-0,161 ^{NS}	70,10	15,104	-0,002*	0,019 ^{NS}	-0,137 ^{NS}	65,35
	3	24,863	-0,003*	-0,093 ^{NS}	-0,121 ^{NS}	66,88	20,549	-0,003*	-0,028 ^{NS}	-0,121 ^{NS}	66,11	16,336	-0,003*	0,036 ^{NS}	-0,119 ^{NS}	62,57
Março	1	20,634	-0,003*	-0,070 ^{NS}	-0,209*	71,31	18,666	-0,003*	0,010 ^{NS}	-0,168 ^{NS}	68,57	16,644	-0,002*	0,087 ^{NS}	-0,129 ^{NS}	61,38
	2	19,095	-0,003*	-0,044 ^{NS}	-0,245*	73,35	18,720	-0,003*	0,012 ^{NS}	-0,168 ^{NS}	69,60	18,170	-0,003*	0,081 ^{NS}	-0,098 ^{NS}	63,81
	3	19,733	-0,003*	-0,039 ^{NS}	-0,237*	72,76	18,809	-0,003*	0,033 ^{NS}	-0,173 ^{NS}	70,47	18,066	-0,003*	0,101 ^{NS}	-0,104 ^{NS}	66,19
Abril	1	18,236	-0,003*	0,041 ^{NS}	-0,300*	73,16	19,137	-0,003*	0,115*	-0,195 ^{NS}	68,71	19,649	-0,003*	0,195 ^{NS}	-0,099 ^{NS}	62,74
	2	18,268	-0,003*	0,111 ^{NS}	-0,319*	74,32	19,689	-0,003*	0,191*	-0,203 ^{NS}	70,35	20,868	-0,003*	0,284 ^{NS}	-0,095 ^{NS}	64,98
	3	19,719	-0,003*	0,185 ^{NS}	-0,317*	74,06	21,654	-0,003*	0,297*	-0,192 ^{NS}	71,24	24,057	-0,003*	0,400 ^{NS}	-0,055 ^{NS}	66,40
Maio	1	21,515	-0,003*	0,333*	-0,318*	74,69	25,750	-0,003*	0,453*	-0,144 ^{NS}	72,76	30,172	-0,003*	0,565 ^{NS}	0,036 ^{NS}	71,73
	2	21,308	-0,003*	0,419*	-0,345*	77,21	25,013	-0,003*	0,483*	-0,162 ^{NS}	74,42	29,010	-0,003*	0,544*	0,028 ^{NS}	71,09
	3	24,280	-0,003*	0,506*	-0,309*	77,29	27,149	-0,003*	0,537*	-0,127 ^{NS}	73,91	30,869	-0,003*	0,580*	0,067 ^{NS}	69,40
Junho	1	21,836	-0,003*	0,500*	-0,353*	78,14	28,183	-0,003*	0,538*	-0,098 ^{NS}	74,30	34,930	-0,003*	0,566*	0,167 ^{NS}	69,41
	2	17,645	-0,003*	0,445*	-0,422*	79,07	25,448	-0,003*	0,489*	-0,132 ^{NS}	73,70	33,275	-0,003*	0,536*	0,157 ^{NS}	64,05
	3	16,249	-0,003*	0,449*	-0,451*	79,76	24,635	-0,003*	0,479*	-0,144 ^{NS}	73,23	33,032	-0,003*	0,514*	0,161 ^{NS}	61,21
Julho	1	14,435	-0,003*	0,386*	-0,473*	80,53	23,939	-0,003*	0,417*	-0,140 ^{NS}	71,01	33,139	-0,003*	0,438*	0,190 ^{NS}	55,62
	2	15,472	-0,003*	0,448*	-0,475*	80,03	25,315	-0,003*	0,504*	-0,141 ^{NS}	72,50	35,853	-0,003*	0,550*	0,209 ^{NS}	64,60
	3	14,638	-0,003*	0,434*	-0,495*	80,85	25,193	-0,003*	0,485*	-0,144 ^{NS}	73,72	35,599	-0,003*	0,539*	0,204 ^{NS}	61,94
Agosto	1	11,927	-0,004*	0,351*	-0,547*	81,11	22,667	-0,003*	0,402*	-0,187 ^{NS}	71,76	33,633	-0,003*	0,454*	0,177 ^{NS}	55,80
	2	10,430	-0,004*	0,379*	-0,597*	82,09	22,861	-0,003*	0,446*	-0,210 ^{NS}	72,34	34,865	-0,003*	0,515*	0,168 ^{NS}	60,04
	3	13,690	-0,004*	0,387*	-0,548*	81,19	22,654	-0,003*	0,442*	-0,230 ^{NS}	73,27	32,096	-0,003*	0,511*	0,092 ^{NS}	60,45
Setembro	1	18,812	-0,004*	0,377*	-0,447*	79,50	23,927	-0,003*	0,425*	-0,212 ^{NS}	73,52	29,362	-0,003*	0,475*	0,031 ^{NS}	62,89
	2	22,005	-0,003*	0,348*	-0,380*	77,67	26,910	-0,003*	0,372*	-0,147 ^{NS}	71,90	32,063	-0,003*	0,393*	0,092 ^{NS}	63,19
	3	23,256	-0,003*	0,329*	-0,338*	76,81	26,553	-0,003*	0,373*	-0,152 ^{NS}	73,13	29,435	-0,003*	0,430*	0,023 ^{NS}	68,22
Outubro	1	20,921	-0,003*	0,223*	-0,350*	76,90	24,168	-0,003*	0,267*	-0,169 ^{NS}	70,02	27,001	-0,003*	0,321*	0,001 ^{NS}	63,26
	2	22,275	-0,003*	0,067 ^{NS}	-0,272*	74,13	24,323	-0,003*	0,141*	-0,128 ^{NS}	65,77	25,058	-0,003*	0,229 ^{NS}	-0,015 ^{NS}	61,03
	3	22,966	-0,003*	0,009 ^{NS}	-0,221 ^{NS}	71,09	22,835	-0,003*	0,096*	-0,132 ^{NS}	65,15	22,608	-0,003*	0,189 ^{NS}	-0,048 ^{NS}	58,57
Novembro	1	21,265	-0,004*	-0,032 ^{NS}	-0,228 ^{NS}	73,24	20,910	-0,003*	0,044 ^{NS}	-0,148 ^{NS}	70,63	20,804	-0,003*	0,131 ^{NS}	-0,066 ^{NS}	66,86
	2	18,939	-0,003*	-0,076 ^{NS}	-0,252*	73,79	20,085	-0,003*	0,024 ^{NS}	-0,153 ^{NS}	69,48	20,265	-0,003*	0,129 ^{NS}	-0,074 ^{NS}	65,39
	3	16,540	-0,003*	-0,162 ^{NS}	-0,263*	78,34	16,438	-0,003*	-0,041 ^{NS}	-0,201 ^{NS}	73,98	17,981	-0,003*	0,070 ^{NS}	-0,103*	66,47
Dezembro	1	21,643	-0,003*	-0,133 ^{NS}	-0,165 ^{NS}	70,92	19,765	-0,003*	-0,048 ^{NS}	-0,131 ^{NS}	70,45	17,445	-0,003*	0,042 ^{NS}	-0,106 ^{NS}	67,92
	2	21,479	-0,003*	-0,130 ^{NS}	-0,161 ^{NS}	71,42	19,036	-0,003*	-0,054 ^{NS}	-0,138 ^{NS}	72,57	16,069	-0,003*	0,020 ^{NS}	-0,126 ^{NS}	70,68
	3	18,692	-0,003*	-0,138 ^{NS}	-0,219*	74,34	17,289	-0,003*	-0,060 ^{NS}	-0,173 ^{NS}	72,98	15,446	-0,003*	0,018 ^{NS}	-0,134 ^{NS}	68,92

^{NS}: não significativo (P>0,05); *: significativo (P<0,05); Dec: decêndios do ano; β_0 , β_1 , β_2 e β_3 : coeficientes da equação; R²aj: coeficiente de determinação ajustado.

Os coeficientes angulares obtidos para a altitude, mostram que em média, o acréscimo de 100m dessa variável, reduz a Tmax, Tmed e Tmin em cerca de 0,3°C em todos os decêndios do ano. Já o acréscimo de 1° na latitude, em média, reduz cerca de 0,14°C da Tmax, 0,21°C da Tmed e 0,28°C na Tmin, enquanto que o incremento de 1° na longitude, os coeficientes evidenciaram que em média, ocorre o aumento de 0,3°C na Tmax, 0,16°C na Tmed e 0,01°C na Tmin.

Houve correlação significativa ($P < 0,05$) entre a altitude e as temperaturas (Tmax, Tmed e Tmin) em todos os decêndios do ano, evidenciando que essa variável possibilita explicar a variação da temperatura do ar no tempo. Em relação a latitude, esta se mostrou significativa em 47% dos decêndios da Tmax, 58% dos decêndios da Tmed e em 42% dos decêndios da Tmin, enquanto que a significância da longitude para estimar a Tmax ocorreu em 72% dos decêndios e, no 3° decêndio de novembro da Tmin.

Os valores de R^2_{aj} obtidos para Tmax oscilaram entre 0,66 (3° decêndio de janeiro) e 0,82 (2° decêndio de agosto), entre 0,66 (3° decêndio de fevereiro) e 0,74 (1° decêndio de junho) da Tmed, e entre 0,55 (1° decêndio de julho) e 0,71 (1° decêndio de maio) da Tmin. Como exemplo, isso significa que no 1° decêndio de maio, 71% da variação na Tmin é explicada pelas variáveis que constam no modelo (altitude, latitude e longitude), enquanto que o restante (29%) é explicado por outros fatores que não constam nos modelos, tais como: presença de vegetação, topografia do local, montanhas, entrada de massas de ar, etc (CARGNELUTTI FILHO; MALUF; MATZENAUER, 2008).

Resultados semelhantes foram obtidos por Bardin et al. (2010), que estimaram as temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das Frutas-SP, e obtiveram que a altitude foi significativa em todos os meses do ano para a temperatura mínima, enquanto que, para a temperatura máxima, essa variável se mostrou não significativa nos meses de maio, junho e julho, com coeficientes de determinação dos modelos variando entre 0,92 e 0,98 para temperatura máxima e de 0,85 e 0,97 para a temperatura mínima.

Ao estimarem a temperatura do ar para o Estado do Espírito Santo, Pezzopane et al. (2004) verificaram que a latitude não foi significativa nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março para as temperaturas máximas e médias, enquanto que para a temperatura mínima, a latitude foi significativa em todos os meses do ano; estes mesmos autores obtiveram coeficientes de determinação para a temperatura mínima variando entre 0,86 e 0,94; para a temperatura média entre 0,89 e 0,92 e, para a temperatura máxima, entre 0,94 a 0,98. Cargnelutti Filho et al. (2008) estimando as temperaturas máximas e médias decendiais do ar para o Estado do Rio Grande de Sul, verificaram que nos meses de junho e julho, a longitude não foi significativa para estimar a temperatura máxima e média do ar, com R^2 variando entre 0,71 e 0,89 para a temperatura máxima e de 0,76 a 0,93 para a temperatura média.

CONCLUSÕES: As médias das temperaturas máxima, mínima e média decendial podem ser estimadas satisfatoriamente nos municípios goianos por meio da altitude, latitude e longitude, com os valores de coeficiente de determinação ajustados variando entre 0,55 (Tmin) a 0,82 (Tmax).

REFERÊNCIAS:

- BARDIN, L.; JÚNIOR, M. J. P.; MORAES, J. F. L. DE. Estimativa das temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das Frutas, SP. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 618–624, 2010.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R. Coordenadas geográficas na estimativa das temperaturas máxima e média decendiais do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2448–2456, 2008.
- FERREIRA, W. P. M.; VALLADARES, G. S.; HOTT, M. C. Estimativa da temperatura média mensal do ar para os Estados de Minas Gerais e do Pará, utilizando-se modelos digitais de elevação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 4, p. 293–303, 2006.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. DE. Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no Estado do Paraná. **Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 10, n. 1, p. 49–64, 2008.
- GUAN, H. et al. Mapping mean monthly temperatures over a Coastal Hilly area incorporating terrain aspect effects. **Journal of Hydrometeorology**, v. 14, n. 1, p. 233–250, 2013.
- PEZZOPANE, J. E. M.; SANTOS, E. A.; ELEUTÉRIO, M. M. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 151–158, 2004.