

MODELO DE ESTIMAÇÃO DA TEMPERATURA MÍNIMA DO AR PARA A REGIÃO DE VARGINHA - MG

Allan Carlos de Andrade ¹
Milena Pires de Sousa ²
Raissa Ribeiro Costa ³
Marcelo Garcia Rossi ⁴

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

O conhecimento das variáveis meteorológicas é essencial para o desenvolvimento de diversas atividades agrícolas. Entre essas variáveis, a temperatura do ar se destaca como uma das mais importantes, pois ela interfere diretamente no desenvolvimento fisiológico das plantas (PEREIRA et al, 2002).

As temperaturas máximas e mínimas que ocorrem em determinada região são influenciadas por diversas variáveis meteorológicas, como a disponibilidade de energia solar, nebulosidade, umidade do ar e direção e velocidade do vento, além de fatores geográficos, como altitude, latitude e cobertura do terreno (GALVANI et al, 2000).

Na agricultura, a temperatura mínima do ar tem potencial para gerar grandes prejuízos, a partir da ocorrência de fenômenos como as geadas. De acordo com Camargo et al (1993), temperaturas menores que 2°C são suficientes para causar danos às culturas, variando de acordo com a espécie, podendo estimá-los a partir da temperatura do ar junto às plantas (PINTO et al, 1976).

O monitoramento da temperatura do ar é feito nas estações meteorológicas, sendo registradas as médias, máximas e mínimas horárias e diárias. Porém, quando a rede de estações meteorológicas é insuficiente em determinada região, a temperatura do ar pode ser estimada a partir de modelos matemáticos em função de outras variáveis, como altitude, latitude e dias do ano (ANTONINI et al, 2010).

¹ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo - USP, allan.andrade@usp.br;

² Mestranda do Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo - USP, milenasouza@usp.br;

³ Graduada em Geografia pela Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, costarr.geo@gmail.com;

⁴ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo - USP, marcelorossi@yahoo.com;

Com o objetivo de estimar a diminuição das temperaturas em diferentes alturas, FIGUEIROLA et al (1997) elaboraram um modelo a partir de dados de temperatura do ar mínima em abrigo meteorológico e em diferentes alturas próximas ao solo, obtendo resultados que mostram um coeficiente de determinação de 0,79 para valores observados e estimados.

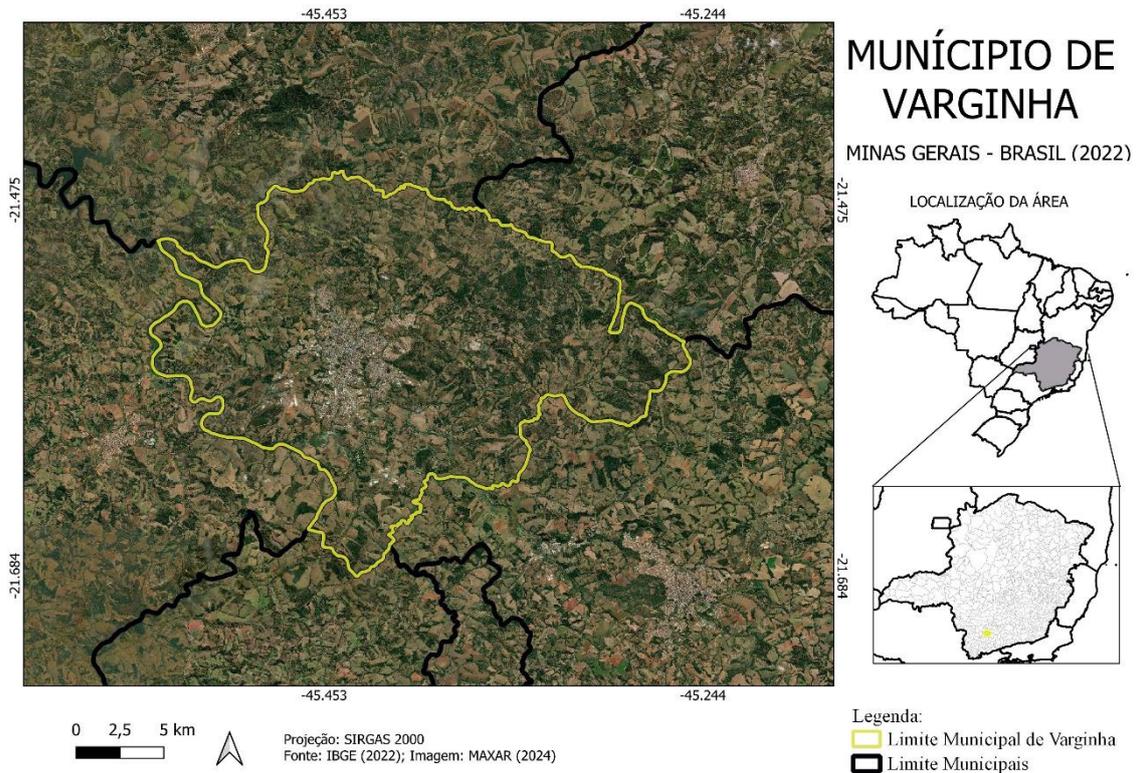
ANTONINI et al (2010) elaboraram um modelo que estima a temperatura do ar média diária para o estado de Goiás, a partir de uma combinação linear entre valores de latitude, altitude, longitude e o tempo na escala diária, representado pela série trigonométrica de Fourier. Os resultados mostraram um coeficiente de correlação resultante do ajuste do modelo da ordem de 0,91 e o índice de concordância de Willmott igual a 1.

GALVANI et al (2000), desenvolveram um modelo que prevê, a curto prazo, a temperatura mínima do ar para o dia seguinte, em função da nebulosidade e temperatura do ar registrada às 21h do dia anterior. Obtiveram resultados que mostraram um coeficiente de determinação de 0,78 para as temperaturas mínimas estimadas em função da nebulosidade e da temperatura do ar às 21h do dia anterior. Em função apenas da temperatura registrada às 21h do dia anterior, o ajuste do modelo obteve um coeficiente de correlação de 0,77.

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é propor um modelo baseado em regressão linear simples para prever, a curto prazo, a temperatura mínima do dia seguinte com base na metodologia de Galvani et al (2000), considerando as temperaturas registradas às 21h do dia anterior, para a região de Varginha, no sul de Minas Gerais, permitindo antecipar possíveis episódios de frio intenso, como geadas, especialmente em áreas agrícolas, ajudando a mitigar danos e a tomar decisões estratégicas.

A região de Varginha (Figura 1) está localizada ao sul do estado de Minas Gerais (-21.56° LAT, -45.42° LON), a 980 m de altitude média. Alvares et al (2013), define que o clima da região é subtropical úmido de altitude (Cwb), possuindo invernos secos e frios e verões quentes e úmidos e precipitação média anual entre 1000 e 1300 mm. A temperatura média do mês mais quente é inferior à 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, com temperatura média anual entre 18 e 20°C.

Figura 1: Localização do município de Varginha – MG.



Organização: autores, 2024.

METODOLOGIA

Para a elaboração do modelo, foram usados dados de temperatura do ar às 21h local e de temperatura mínima do ar diária, no período de 01/01/2007 e 01/07/2024, obtidos junto à estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em Varginha, no sul de Minas Gerais (LAT: -21,566; LON: -45,404; ALT: 949,78 m). O modelo foi gerado usando o método de análise de regressão linear simples, a partir do *software* Excel. Foram considerados os meses de maio a outubro, metade mais fria do ano, tendo em vista que o conhecimento da temperatura mínima é mais relevante para os meses de inverno.

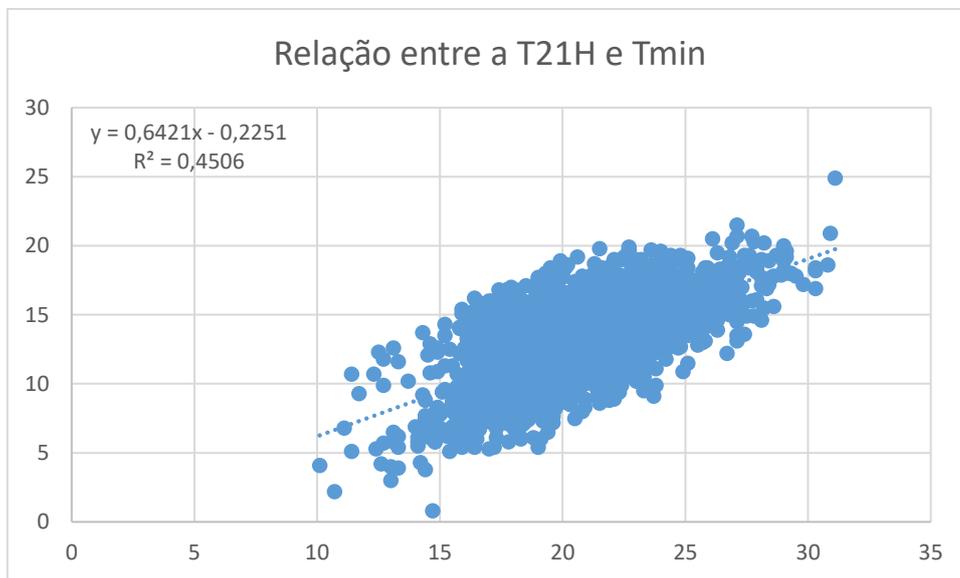
Após a elaboração do modelo, ele foi testado, estimando a temperatura mínima do ar do dia seguinte em função da temperatura do ar registrada às 21h do dia anterior, com o mesmo conjunto de dados e período de tempo usados para a obtenção do modelo. Posteriormente, foi feita a análise comparativa entre as temperaturas mínimas diárias

registradas e observadas, a partir das médias, erro médio absoluto (MAE), coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de correlação de Pearson (R).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre a temperatura mínima diária (T_{min}) e a temperatura registrada às 21h do dia anterior (T_{21H}) está representada na Figura 2.

Figura 2: Relação entre a temperatura do ar registrada às 21h e a temperatura mínima diária do dia seguinte.



Fonte: autores, 2024.

Com a relação estabelecida, foi gerada a equação da reta.

$$T_{min} = 0,6421(T_{21H}) - 0,2251$$

$$R^2 = 0,46 \text{ e } R = 0,66$$

O modelo acima mostra que a temperatura do ar às 21h é responsável por 64% da influência na ocorrência da temperatura mínima do dia seguinte, o coeficiente de determinação (R^2) demonstra que 46% da temperatura mínima do ar é explicada pela temperatura às 21h, enquanto o coeficiente de correlação de Pearson (R) aponta uma correlação positiva de 0,66 (moderada a forte), ou seja, quando a temperatura do ar às 21h aumentou, a temperatura mínima no dia seguinte seguiu o mesmo padrão.

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise comparativa entre as temperaturas mínimas estimadas e observadas.

Tabela 1: Comparação entre a temperatura estimada e a observada.

Índices	Valores
Média da temperatura observada (°C)	12,9
Média da temperatura estimada (°C)	12,9
MAE (°C)	1,9
R ²	0,45
R	0,66

Fonte: autores, 2024.

Observa-se que as médias das temperaturas mínimas estimadas e observadas foram iguais, porém este não é um parâmetro suficiente para analisar a qualidade do modelo.

O erro médio absoluto (MAE) foi calculado em 1,9 °C, ou seja, o modelo estima a temperatura mínima com um erro médio de 1,9 °C para mais, superestimando as temperaturas mínimas observadas.

Quanto ao coeficiente de determinação – R² (0 a 1, quanto mais próximo de 1, maior é o ajuste do modelo em relação aos dados) – calculado em 0,45, demonstra que o modelo explica 45% das temperaturas mínimas estimadas em relação às temperaturas mínimas observadas, mostrando que ele possui um ajuste moderado.

Já o coeficiente R (-1 a 1, quanto mais próximo de -1 maior é a correlação negativa e mais próximo de 1 maior é a correlação positiva e próximo de 0 nenhuma correlação) mostra que há uma forte correlação positiva entre a temperatura estimada e a observada, calculado em 0,66, ou seja, a temperatura mínima estimada aumentou quando a temperatura mínima observada também aumentou.

Sendo assim, o modelo apresentou bons resultados se observarmos os valores de MAE e R, sendo possível utilizá-lo para prever a temperatura mínima do ar diária para o dia seguinte, baseando-se na temperatura registrada às 21h do dia anterior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, conclui-se que o modelo possui boa eficiência na previsão da temperatura mínima do ar do dia seguinte, baseado na temperatura registrada às 21h do dia anterior, comprovado pelo erro médio absoluto (MAE), calculado em 1,9°C e coeficiente de correlação (R), 0,66, apesar de que o coeficiente de determinação (R²) não tenha sido muito significativo, com o valor de 0,45.

Sendo assim, o modelo elaborado é útil para a previsão de curto prazo da temperatura mínima do ar diária para as proximidades de Varginha, podendo ser utilizado em lugares em que não há um banco de dados atualizados sobre esta variável.

Palavras-chave: Estação Meteorológica; Climatologia; Regressão Linear Simples; Dados Climáticos; Agricultura.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo financiamento da pesquisa de mestrado do primeiro autor e ao Programa de Pós Graduação em Geografia Física (PPGF/USP) pelo auxílio prestado para a ida ao simpósio.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, n.6, vol.22, 2013, p.711-728.

ANTONINI, J. C. A. et al. Modelo de estimativa da temperatura média diária do ar no estado de Goiás. Embrapa, Planaltina-DF. Junho de 2010.

Camargo, M. B. P. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anual no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 52 (2): 161-168, 1993.

FIGUEIROLA, P.I., MAZZEO, N.A. Disminución nocturna de la temperatura a la altura de la casilla meteorológica. In: **REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGIA**, 7, 1997, Buenos Aires. Actas. Buenos Aires: Asociación Argentina de Agrometeorología, 1997, p. 33-34.

GALVANI, E.J., et al. - Modelo de estimativa de temperatura mínima do ar para a região de Maringá-PR. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 105-110, 2000.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PINTO, H. S. et al. Estimativa de danos em cafezais por geada. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS**, 4., 1976, Caxambu. Anais... Caxambu, 1976, p. 25-2