

ISSN 0104-1347

Modelo de estimativa de temperatura mínima do ar para a região de Maringá-PR

Estimate model for minimum air temperature to Maringá-PR region, Brazil

Emerson Galvani¹, Élcio Silvério Klosowski², João Francisco Escobedo³ e Antonio Ribeiro da Cunha³

Resumo: Analisaram-se as relações entre temperatura do ar medida em abrigo meteorológico (Tar), nebulosidade (N) observada às 24 TMG (Tempo Médio Greenwich) do dia anterior e a temperatura mínima do ar ($Tmin$). Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos junto à Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), pertencente à rede do Instituto Nacional de Meteorologia, em convênio com a Universidade Estadual de Maringá (latitude: $23^{\circ}25'S$, longitude: $51^{\circ}57'W$ e altitude: 542m). Através de regressão múltipla entre valores anuais de Tar , N e $Tmin$, obteve-se os seguintes modelos: $Tmin = -1,156 + (0,825 * T24TMG) + (0,138 * N24TMG)$ e $Tmin = -0,566 + (0,829 * T24TMG)$. Os modelos foram validados com dados coletados em anos diferentes daqueles que os geraram e mostraram coeficientes de correlação médio da ordem de 0,84 e 0,81, respectivamente. Trabalhando-se com dados referentes ao período mais frio na região (maio, junho, julho e agosto), obteve-se os seguintes modelos: $Tmin = -4,498 + (0,969 * T24TMG) + (0,054 * N24TMG)$ e $Tmin = -4,30 + (0,966 * T24TMG)$. A validação dos modelos com dados diferentes daqueles que os geraram revelaram, coeficientes de correlação médio da ordem de 0,80 e 0,82, respectivamente.

Palavras-chave: temperatura mínima do ar, nebulosidade, modelo.

Summary: Data of air temperature (Tar) and cloud cover (N) at 24 GMT (Greenwich Medium Time) and minimum air temperature ($Tmin$) day before was analyzed. Meteorological data used in this research study were collected in the Main Climate Station of Maringá, PR, Brazil (Estação Climatológica Principal de Maringá), from State University of Maringá (latitude: $23^{\circ}25'S$, longitude: $51^{\circ}57'W$ at 542 meters above sea). Using multiple regression obtained this models: $Tmin = -1.156 + (0.825 * T24TMG) + (0.138 * N24TMG)$ and $Tmin = -0.566 + (0.829 * T24TMG)$. The validation of models was made to other season and showed residual mean square error (RMSE) of 0.84 and 0.81, respectively. In cold periods (May, June, July and August), obtained this models: $Tmin = -4.498 + (0.969 * T24TMG) + (0.054 * N24TMG)$ and $Tmin = -4.30 + (0.966 * T24TMG)$. The validation of models with data other season showed RMSE of 0.80 and 0.82, respectively.

Key words: air minimum temperature, cloud cover, model.

¹Pós Graduando em Energia na Agricultura, Dep. de Ciências Ambientais, FCA, UNESP, São Paulo, Brasil. E-mail: galvani@fca.unesp.br. Bolsista FAPESP 96-08974-7.

²Dep. de Geografia, Univ. Estadual de Maringá, PR, Brasil. E-mail: esklosowski@fca.unesp.br. Bolsista CAPES.

³Dep. de Ciências Ambientais, FCA, UNESP, São Paulo, Brasil. E-mail: escobedo@fca.unesp.br.

Introdução

Existe atualmente, grande preocupação por parte de pesquisadores em conhecer o comportamento das temperaturas extremas do ar para uma determinada região e época do ano. Tal preocupação justifica-se pelo fato deste elemento exercer influência direta sobre plantas e animais. Tanto plantas como animais, apresentam melhores rendimentos quando submetidos a “condições ótimas” de temperatura, que para os vegetais define-se como temperatura basal inferior e superior. Além disto, o conhecimento das temperaturas mínima e máxima pode auxiliar no zoneamento agrícola de uma região, indicando áreas favoráveis ou não ao desenvolvimento de determinada cultura.

As temperaturas máximas e mínimas que ocorrem em uma região, estão associadas a variáveis meteorológicas, tais como: disponibilidade de energia solar, nebulosidade, umidade do ar e do solo, vento (direção e velocidade) e parâmetros geográficos como topografia, altitude e latitude do local, além da cobertura e tipo de solo.

O conhecimento da temperatura mínima do ar torna-se importante no estudo sobre ocorrência de geadas, considerando-se $^{\circ}\text{C}$ como o limite abaixo do qual iniciam-se prejuízos às culturas (CAMARGO et al., 1993). Os danos causados por condições de baixa energia variam de acordo com a espécie vegetal e seu estágio fisiológico, podendo-se estimá-los em função da temperatura do ar junto às plantas (PINTO et al., 1976). DELLA MAGGIORA et al. (1997) encontraram modelos de estimativa de temperaturas mínimas a 0,05 e 0,5 metros de altura a partir de valores obtidos em abrigos meteorológicos padrão (1,5 m de altura). Segundo esses autores a temperatura mínima a 0,05 e 0,5 metros de altura pode ser obtida pelos seguintes modelos: $T_{\text{min}} = 1,00.x - 3,25$ ($R^2 = 0,84$) e $T_{\text{min}} = 0,96.x - 1,92$ ($R^2 = 0,84$), respectivamente, onde x é a temperatura mínima do ar em abrigo meteorológico. Comparando valores obtidos e estimados esses autores obtiveram índice de concordância (d) da ordem de 0,96 e 0,97 para as alturas de 0,05 e 0,5 metros de altura, respectivamente. FIGUEIROLA & MAZZEO (1997) trabalhando com dados de temperatura mínima em abrigo meteorológico e em diferentes alturas próximo à superfície do solo, obtiveram modelos que permitem estimar a diminuição das temperatura em diferentes alturas partindo de valores de temperatura mínima de abrigo. Os resultados obtidos mostram coeficientes de determinação da ordem de 0,79 para valores obtidos e estimados.

SENTELHAS et al. (1995), desenvolveram equações de estimativa da temperatura mínima do ar sobre relva e da diferença de temperatura do ar entre a obtida em abrigo e junto à relva, porém nem todas as equações mostraram bons ajustes quando validadas. Ainda esses autores encontraram melhores correlações entre a temperatura mínima de relva e os seguintes elementos meteorológicos: temperatura do ponto de orvalho, temperatura mínima, vento e nebulosidade às 21h da noite anterior. DI BELLA et al. (1997), trabalhando com previsão de temperaturas mínimas do ar na província de Entre Rios, Argentina, obteve relação entre temperatura mínima e temperatura do ar observada às 08h00min da manhã. Em seguida, relacionaram valores de temperatura mínima do ar com aqueles obtidos a partir do canal 4 do satélite NOAA-12 obtendo coeficiente de correlação da ordem de 70,98%.

LABAJO et al. (1993), relacionando temperatura mínima (T_{min}) com umidade relativa máxima do dia (UR_{max}) e umidade relativa às 18 TMG ($UR_{18\text{TMG}}$) e temperatura do ar (T_{ar}) também às 18TMG, parâmetros quantificados em abrigo meteorológico, obteve o seguinte modelo: $T_{\text{min}} = T_{18\text{TMG}} - [(UR_{\text{max}} - UR_{18\text{TMG}})/3,59]$, onde as temperaturas são expressas em Kelvin e a umidade relativa em percentagem. Relacionando valores medidos e estimados encontraram coeficientes de determinação de 0,835 para um total de 226 observações.

A região de Maringá, noroeste do Estado do Paraná, caracteriza-se por apresentar em média de duas a três geadas a cada dez anos. Desta maneira, culturas perenes como café e laranja podem tornar-se inviáveis economicamente, uma vez que o intervalo entre o transplante e a primeira colheita é em média três anos. Outras culturas temporárias, como soja, milho e cana-de-açúcar, também podem ser afetadas em função de condições de baixa energia, provocados pela passagem de sistemas frontais. Destaca-se ainda, os cultivos em meios protegidos, principalmente hortaliças, que devido a melhores preços justificam seus cultivos no período de entressafra (inverno) aumentando os riscos sobre estas culturas em caso de ocorrência de geadas. Desta maneira o conhecimento da temperatura mínima do ar, mesmo que com curto intervalo de tempo, pode contribuir para a tomada de decisões, para aplicar medidas preventivas como nebulização e irrigação em grandes áreas e aquecimento quando em meios protegidos, visando diminuir as perdas de energia e conseqüentemente manter a temperatura mínima do ar acima dos níveis críticos.

Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar um modelo de estimativa de temperatura

mínima do ar de curto prazo, baseando-se em observações de temperatura do ar em abrigo meteorológico e da nebulosidade expressa em percentagem de céu encoberto, ambos os parâmetros quantificados às 21h local do dia anterior (24TMG – Tempo Médio Greenwich).

Material e métodos

Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho foram obtidos junto à Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM) pertencente à rede do Instituto Nacional de Meteorologia em convênio com a Universidade Estadual de Maringá (latitude: 23°25'S, longitude: 51°57'W e altitude: 542m). Utilizou-se na geração dos modelos, os valores de temperatura do ar medida em abrigo meteorológico (1,5m de altura) e nebulosidade expressa em décimos de céu encoberto, observados às 24 TMG (21h local). A temperatura mínima (variável dependente) foi obtida a partir de leitura efetuada às 9h local, também em abrigo meteorológico.

Na obtenção dos modelos de estimativas de temperatura mínima do ar, utilizaram-se 730 observações dos anos 1989 e 1990, que foram, respectivamente, anos com temperaturas mínimas abaixo (16,5°C) e acima (17,4°C) da média mínima normal para a região de Maringá. Efetuou-se através de regressão múltipla as relações entre temperatura mínima (Tmin), temperatura do ar (Tar) e nebulosidade (N) observada às 24 TMG do dia anterior.

Os modelos foram obtidos inicialmente com dados diários de todas as estações e em seguida obtiveram-se modelos para o período mais frio na região: maio, junho, julho e agosto. Na validação dos modelos utilizaram-se dados de dois anos independentes (1991 e 1992) sendo avaliados estatisticamente através do coeficiente de correlação (R) e do desvio padrão (SD).

Resultados e discussão

Através de regressão múltipla com valores anuais de temperatura mínima do ar e temperatura do ar e nebulosidade, observados às 24 TMG do dia anterior, chegou-se ao seguinte modelo:

$$T_{min} = -1,156 + (0,825 * T_{24TMG}) + (0,138 * N_{24TMG}) \quad (R^2 = 0,80)$$

Observa-se que a temperatura do ar às 24 TMG é responsável por 82,5% de influência na temperatura mínima e a nebulosidade 13,8%. BOOTSMA

(1976) correlacionou o efeito de fatores atmosféricos com a diferença entre a temperatura mínima absoluta do ar em abrigo e na relva, verificando que a nebulosidade juntamente com a velocidade do vento, são responsáveis por 74% de sua variação.

O modelo apresentado foi validado com valores observados em períodos diferentes daqueles que o geraram. A Figura 1 mostra a relação entre valores de temperatura do ar ocorrida e estimada em função da nebulosidade (N24) e temperatura do ar (T24). Para o ano de 1991 observa-se coeficiente de correlação (R) de 0,80 e desvio padrão (SD) de 1,78 e, para 1992 R igual a 0,87 e SD igual a 1,58. Tal variação pode estar associada ao fato de 1992 ter apresentado valor médio de temperatura mínima do ar (17,1°C) ligeiramente inferior a 1991 (17,6°C) e, a nebulosidade foi em média 4 e 6 décimos de céu encoberto, para 1991 e 1992, respectivamente. Pode-se inferir, diante disso, que o modelo de previsão de temperatura mínima do ar anual representa melhor períodos com elevada nebulosidade.

Objetivando encontrar uma relação mais simples entre temperatura mínima do ar e outro parâmetro meteorológico, procedeu-se a relação entre Tmin e Tar às 24 TMG, uma vez que a nebulosidade é normalmente de difícil observação e com critérios subjetivos que dependem de cada observador. Assim, obteve-se através de regressão linear a relação entre Tar às 24TMG e Tmin na manhã seguinte:

$$T_{min} = -0,566 + (0,829 * T_{24TMG}) \quad (R^2 = 0,78)$$

O modelo acima mostra que Tar às 24 TMG é responsável por 83% de influência na ocorrência da Tmin. Observa-se em relação a Figura 1 que os coeficientes de correlação diminuíram e os desvios padrão aumentaram, evidenciando a importância do fator nebulosidade nas perdas noturnas de energia e, conseqüentemente, nos valores de temperatura mínima do ar. Contudo, o modelo pode ser utilizado com boa precisão e relativa facilidade, uma vez que, apenas com uma única medida de temperatura do ar, obtém-se uma estimativa da temperatura mínima do ar da manhã seguinte.

Procedimento semelhante ao efetuado com valores de temperatura e nebulosidade anuais foi realizado utilizando-se valores correspondente ao período que apresenta as menores temperaturas na região: maio, junho, julho, agosto. Assim, obteve-se um modelo representativo para o período mais frio do ano, visto que, o conhecimento da temperatura mínima torna-se mais importante nos meses correspondente ao inverno obtendo-se:

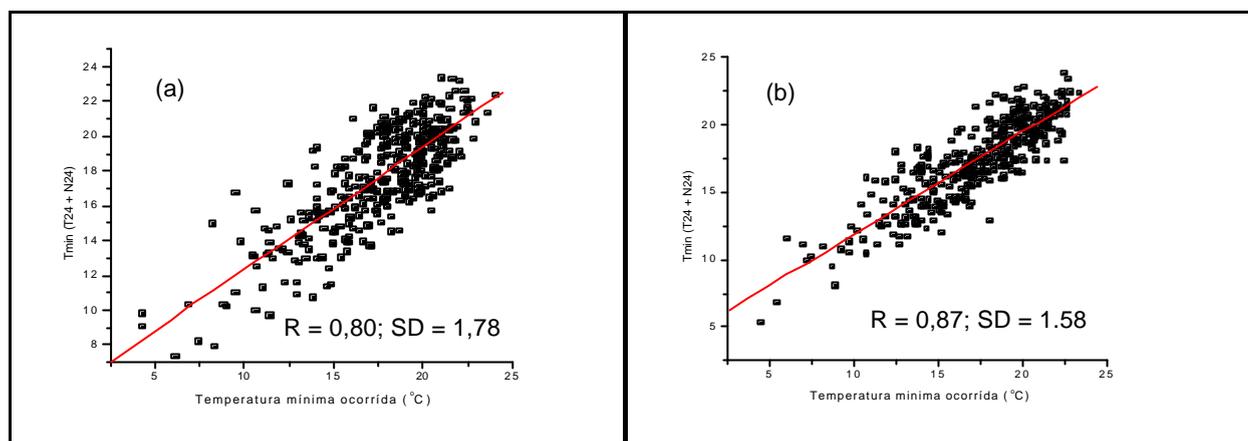


Figura 1. Relação entre temperatura mínima ocorrida e estimada a partir de Tar e N observada as 24 TMG para a região de Maringá-PR, nos anos de 1991 (a) e 1992 (b), valores obtidos através de modelos anuais.

$$T_{min} = -4,498 + 0,969 * T_{24TMG} + 0,054 * N_{24TMG} \quad (R^2=0,83)$$

Comparando-se os coeficientes obtidos no modelo anual e no período de inverno, observa-se que a nebulosidade passa a apresentar um peso menor na estimativa da temperatura mínima e a temperatura do ar às 24TMG representa um peso maior. A diminuição do coeficiente para nebulosidade justifica-se pelo maior número de ocorrências de noites com céu claro, característica do inverno na região.

A Figura 3 mostra a relação entre temperatura mínima ocorrida e estimada a partir de Tar e N observada as 24 TMG para a região de Maringá-PR, nos anos de 1991 e 1992, valores obtidos através de modelos gerados para o inverno. Observa-se boa concordância com coeficientes de correlação de 0,79 e 0,81 para os anos de 1991 e 1992, respectivamente. O pe-

ríodo de inverno apresentou em média 3 e 6 décimos de céu encoberto e, temperatura mínima do ar de 15,2 e 14,3 °C, para os anos de 1991 e 1992, respectivamente. Como já afirmado anteriormente o modelo representa melhor períodos de alta nebulosidade, evidenciando o efeito da cobertura de céu na variação da temperatura mínima da manhã seguinte.

Visando substituir a observação da nebulosidade, correlacionou-se valores de temperatura mínima e da temperatura do ar observada as 24TMG e obteve-se o seguinte modelo:

$$T_{min} = -4,30 + 0,966 * T_{24TMG} \quad (R^2 = 0,83)$$

Este último modelo apresenta-se de forma mais simplificada e é aplicável no período do inverno, obtendo-se bons coeficientes de correlação, conforme Figura 4(a) e (b).

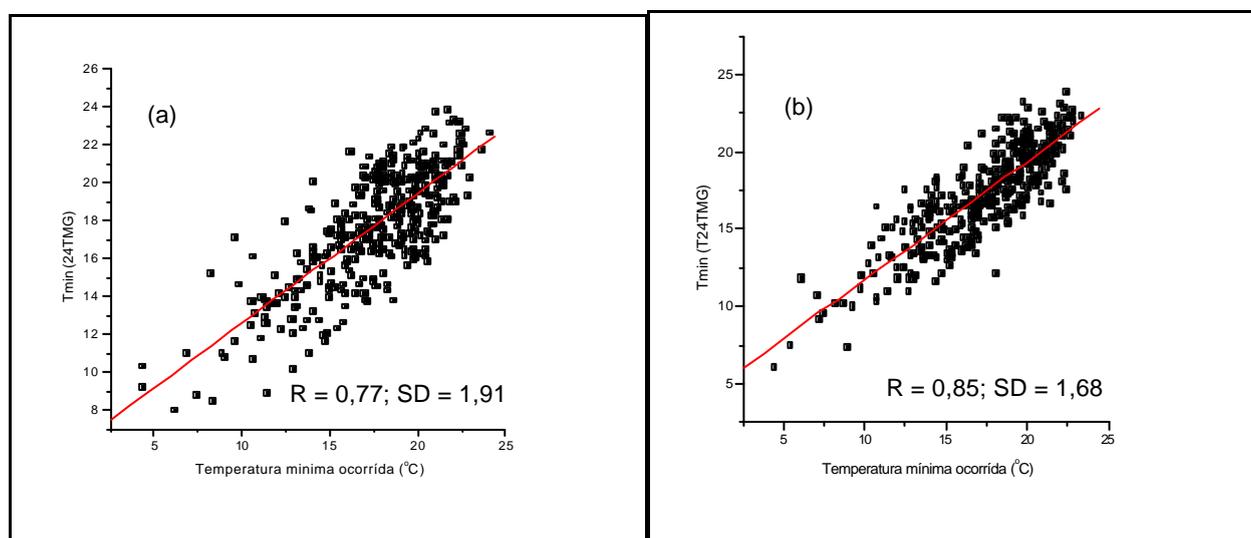


Figura 2: Relação entre temperatura mínima ocorrida e estimada a partir de Tar observada as 24 TMG para a região de Maringá-PR, nos anos de 1991(a) e 1992(b), valores obtidos através de modelos anuais.

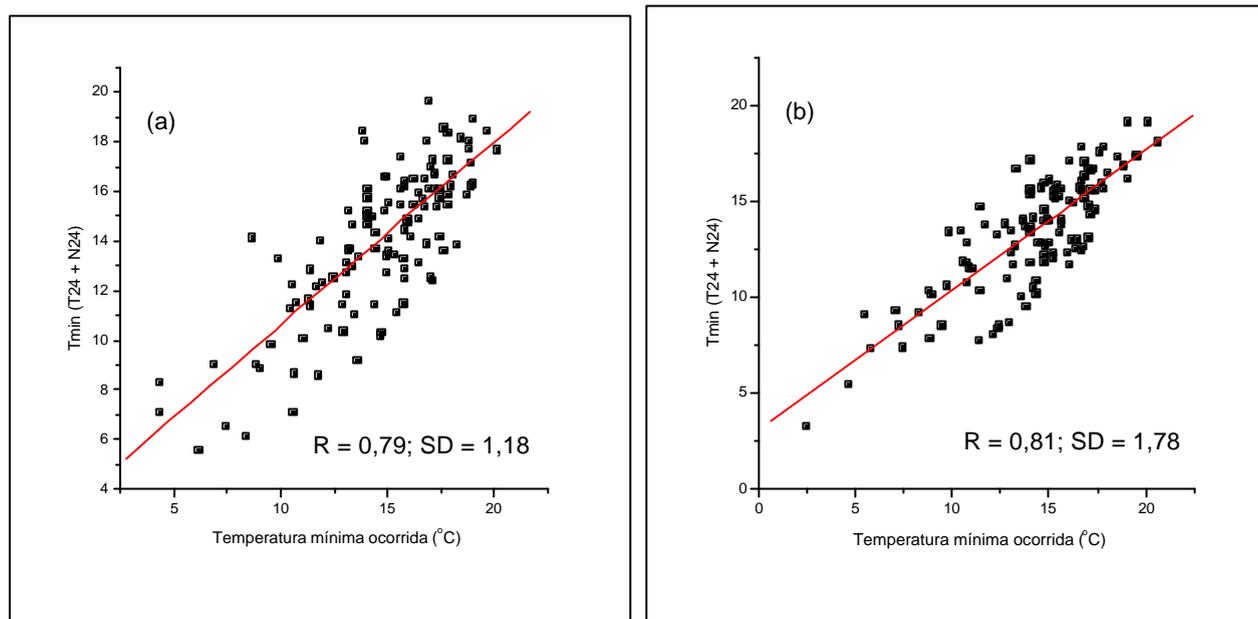


Figura 3. Relação entre temperatura mínima ocorrida e estimada a partir de Tar e N observada as 24 TMG para a região de Maringá-PR, nos anos de 1991(a) e 1992(b), valores obtidos através modelos gerados para o inverno.

Conclusões

Pode-se estimar a temperatura mínima do ar na região de Maringá, PR, a curto prazo através da temperatura do ar e nebulosidade às 24TMG do dia anterior, ou ainda, somente a partir de valores de temperatura do ar às 24 TMG.

Referências bibliográficas

BOOTSMA, A. Estimating grass minimum temperatures from screen minimum values and other climatological parameters. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 103-13, 1976.

CAMARGO, M.B.P., PEDRO JUNIOR, M.J., ALFONSI, R.R. et al. Probabilidade de ocorrências de tempera-

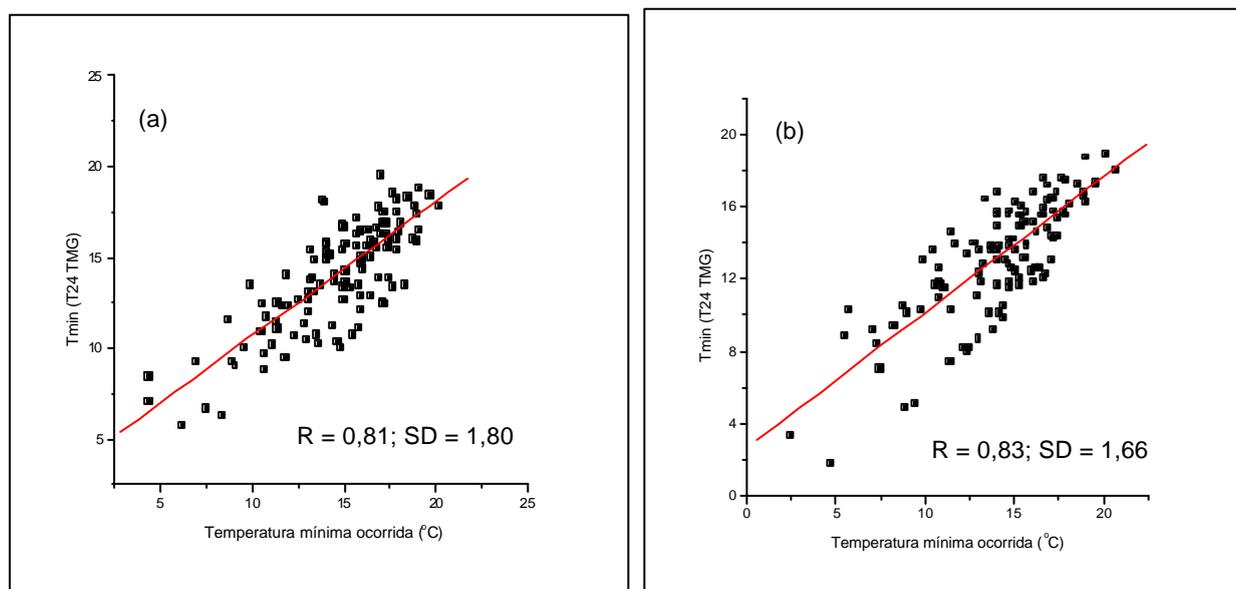


Figura 4. Relação entre valores medidos e estimados (T24 TMG) de temperatura mínima do ar para a região de Maringá-PR, nos anos de 1991(a) e 1992(b), no período de inverno.

- turas mínimas absolutas mensais e anuais no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 161-68, 1993.
- DELLA MAGGIORA, A.I., IRIGOYEN E., GARDIOL, J.M. et al. Estimación de temperaturas mínimas en la localidad de Balcarce. In: REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGIA, 7, 1997, Buenos Aires. **Actas...** Buenos Aires : Asociación Argentina de Agrometeorología, 1997, p. 1-2.
- DI BELLA, C., ORICCHIO, P., CONTI, H. et al. Utilización de imágenes satelitales para la zonificación de heladas en la Provincia de Entre Ríos, Argentina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 269-274, 1997.
- 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.
- LABAJO, J.L., PABLO, F. de., GARCIA DIEZ, E. A temperatura calculation model: the case of minimum daily temperature. **Atmospheric Environment**, Great Britain, v. 27A, n. 3, p. 449-455, 1993.
- PINTO, H.S., ALFONSI, R.R., PEDRO Jr., M.J. Estimativa de danos em cafezais por geada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Anais...** Caxambu, 1976, p. 25-26.
- SENTELHAS, P.C., ORTOLANI, A.A., PEZZOPANE, E.J.R.M. Estimativa de temperatura mínima de relva e da diferença de temperatura entre abrigo e a relva em noites de geadas. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 437-445, 1995.

