



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p727-733>

Modelos de Zolnier e Campbell-Norman para estimativa da temperatura do ar no Rio de Janeiro

José F. de Oliveira-Júnior¹, Gustavo B. Lyra¹ & Lislaine S. Mendes¹

¹ Departamento de Ciências Ambientais/Instituto de Florestas/Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. E-mail: joliveirajunior@gmail.com (Autor correspondente); gblyra@gmail.com; lissperandio@gmail.com

Palavras-chave:

métodos empíricos
regressão linear simples
série temporal

RESUMO

Foram comparados os modelos de Zolnier e Campbell-Norman para estimativa da temperatura horária do ar de duas Estações Meteorológicas Automáticas (Ecologia Agrícola e São Cristóvão), ambas localizadas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. As observações horárias de temperatura compreenderam o período de 2008-2010, sendo avaliadas as estimativas nas escalas sazonal e anual. A comparação entre a temperatura do ar observada e os valores estimados por ambos os modelos foi baseada na análise de regressão linear simples (coeficiente de determinação - R^2) e no Erro Padrão de Estimativa (EPE). Independente da escala de tempo avaliada (sazonal ou anual), o modelo de Zolnier se destacou nas estimativas da variação diária da temperatura do ar com menor dispersão das estimativas ($R^2 = 0,87-0,89$) e menor EPE (1,44-1,84 °C) em relação ao modelo de Campbell-Norman ($R^2 = 0,71-0,63$ e EPE 2,23-2,75 °C). O coeficiente R^2 indicou melhor precisão das estimativas dos modelos para a Ecologia Agrícola, com valores superiores nas estações da primavera (0,91), verão (0,87) e outono (0,87) e valor igual (0,85) ao R^2 de São Cristóvão, no inverno. O modelo de Zolnier pode ser adotado para estimativa da temperatura do ar horária na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Key words:

empirical methods
simple linear regression
time series

Zolnier and Campbell-Norman models for estimation of air temperature in Rio de Janeiro

ABSTRACT

Zolnier and Campbell-Norman models are compared in this study for hourly estimation of air temperature of two Automatic Weather Stations (Ecologia Agrícola and São Cristóvão), both localized in Rio de Janeiro Metropolitan Region. Hourly temperature observations over 2008-2010 period were evaluated for estimation on seasonal and annual time scales. Air temperature observed and estimated values comparison for both models were based on simple linear regression analysis (determination coefficient - R^2) and Standard Error Estimation (SEE). Independent of time scale available (seasonal or annual), Zolnier model highlighted on estimations of air temperature daily variation, with fewer dispersion estimations ($R^2 = 0.87-0.89$) and fewer SEE (1.44-1.84 °C) in relation to Campbell-Norman model ($R^2 = 0.71-0.63$ and SEE 2.23-2.75 °C). The coefficient of determination (R^2) indicates better precision estimation for models for Ecologia Agrícola, with upper values for spring season (0.91), summer (0.87) and autumn (0.87), and value equal (0.85) for R^2 in São Cristóvão for winter. Zolnier model could be adopted for estimation of hourly air temperature in Rio de Janeiro Metropolitan region.

INTRODUÇÃO

Os processos físicos e fisiológicos de espécies vegetais sofrem grande influência das variáveis meteorológicas, destacando-se a temperatura do ar por atuar diretamente sobre os processos metabólicos relacionados ao crescimento (fotossíntese) e à produção de biomassa e sobre o desenvolvimento vegetal (germinação de sementes, floração, frutificação, entre outros) interferindo, assim, na produtividade do setor agrícola e florestal.

O conhecimento da variação diária de temperatura do ar é fundamental em diversos estudos na área agrícola e florestal tais como conforto térmico animal e fenologia (Zolnier; 1996 e Soares & Vianello, 1982); previsão de precipitação (Cavalcanti et al., 2006); modelos de estimativa da evapotranspiração (ET) (Savage et al., 2009 e Lin et al., 2012); no zoneamento ecológico-econômico por interferir na distribuição e na densidade de espécies vegetais de determinada região (Jerszurki & Souza, 2010 e Vancutsem et al., 2010) e em Índices de Riscos de Incêndio (IRI) florestal (Torres & Ribeiro, 2008). Os IRI geralmente utilizam a temperatura do ar às 13h 00 hora local (HL) em seus modelos empíricos para previsão de incêndios florestais.

A disponibilidade limitada de observações horárias de temperatura do ar, aliada à morosidade de leitura deste elemento nos diagramas do termógrafo, dificulta a realização de diversos trabalhos teóricos e práticos (Zolnier, 1996). Apesar da implantação de Estações Meteorológicas Automáticas (EMA) nos últimos anos, que complementam a rede de Estações Meteorológicas Convencionais (EMC), esse tipo de informação ainda é escasso ou a densidade de estações não é suficiente para a realização de trabalhos em escalas maiores (Lyra et al., 2009).

O uso de modelos empíricos como alternativa à falta de dados horários de temperatura do ar é opção prática, acessível e eficiente para subsidiar estudos científicos e atividades agropecuárias e florestais (Cavalcanti et al., 2006; Cargnelutti et al., 2008; Silva et al., 2008 e Antonini et al., 2009). Os trabalhos pioneiros com esses modelos ocorreram na década de 80 (Parton & Logan, 1981 e Wann et al., 1985). No Brasil, Soares & Vianello (1982) desenvolveram um modelo diagnóstico para estimar a variação diária de temperatura do ar baseado nos primeiros harmônicos da Série de Fourier para região de Jaboticabal, São Paulo. Os coeficientes obtidos foram expressos como função linear de previsores locais (temperatura do ar média diária, amplitude térmica, altitude, comprimento do dia, insolação e temperatura do ponto de orvalho). O modelo foi testado para o período de oito dias em julho/1972 e julho/1973; verificou-se, com base no coeficiente de determinação ($R^2 = 0,96$) e Erro Padrão de Estimativa médio (EPE = $0,97^\circ\text{C}$), que o mesmo se ajustou muito bem à série de temperatura observada.

Similarmente, Antonini et al. (2009) desenvolveram um modelo de combinação linear de previsores locais (altitude, latitude e longitude) na escala diária por meio de uma série trigonométrica de Fourier incompleta com os três primeiros harmônicos para o estado de Goiás e consideraram, simultaneamente, as variações espacial e temporal. Os parâmetros do modelo foram ajustados aos dados de 21

estações meteorológicas através do método de regressão linear múltipla. O modelo foi avaliado através do coeficiente de correlação de Pearson (R) e do índice de concordância de Willmott (d); ambos indicaram precisão e acurácia satisfatória das estimativas do modelo para a região em estudo.

Em 1996, Zolnier (Zolnier, 1996) propôs um modelo empírico para estimativa horária da temperatura do ar cujas variáveis de entrada são as temperaturas do ar máxima e mínima diária, além das temperaturas nos seguintes horários de 9 e 21 h HL. Anteriormente, Campbell & Norman (1998), desenvolveram um modelo empírico com a mesma finalidade do modelo de Zolnier, com uma ressalva a utilização apenas das temperaturas do ar máxima e mínima. Lyra et al. (2009) compararam ambos os modelos e mostraram que o modelo de Zolnier foi melhor em comparação ao modelo Campbell-Norman, independente da sazonalidade para a região de Piracicaba, SP.

Baseado no exposto o trabalho tem, por objetivo, avaliar a eficiência dos modelos empíricos de Zolnier e Campbell-Norman na estimativa da variação diária da temperatura do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) para um período bianual com base em observações de duas estações meteorológicas automáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

A RMRJ, localizada na Região Sudeste do Brasil, possui uma área de 5.384 km^2 e congrega 17 municípios. Segundo a classificação climática de Köppen a característica climática da região é "Aw", sendo a estação de inverno seca e fria e a estação de verão chuvosa e úmida (André et al., 2008). As temperaturas do ar médias mensais variam entre $21,1^\circ\text{C}$ (julho) a $27,3^\circ\text{C}$ (janeiro). A temperatura do ar média anual é de $23,9^\circ\text{C}$ enquanto a precipitação total média anual é de aproximadamente $1.258 \text{ mm ano}^{-1}$, com cerca de 124 dias de chuvas (André et al., 2008).

Na RMRJ existem corpos d'água de características distintas como, por exemplo, as baías oceânicas da Guanabara, de Sepetiba e de Ilha Grande, cadeias de montanhas íngremes (Maciços da Tijuca, Pedra Branca e Gericinó e as Serras das Araras e de Petrópolis), zonas rurais que se contrastam com áreas densamente urbanizadas (Figura 1). Além disto, a RMRJ é costeada pelo Oceano Atlântico em todo o seu litoral (Paiva, et al., 2014).

Modelos de Zolnier e Campbell-Norman

O modelo de Zolnier divide a estimativa horária da temperatura do ar em cinco trechos, em função da hora local, da seguinte forma:

- Estimativa da temperatura do ar das 22 às 24 h:

$$t_i = t_{21} - (t_{21} - t_n) \text{sen} \left[\frac{\pi (i - 21)}{9} \right] \quad (1)$$

- Estimativa da temperatura do ar de 1 às 5 h:

$$t_i = t_{21} - (t_{21} - t_n) \text{sen} \left[\pi \text{sen} \frac{(3 + i)}{9} \right] \quad (2)$$

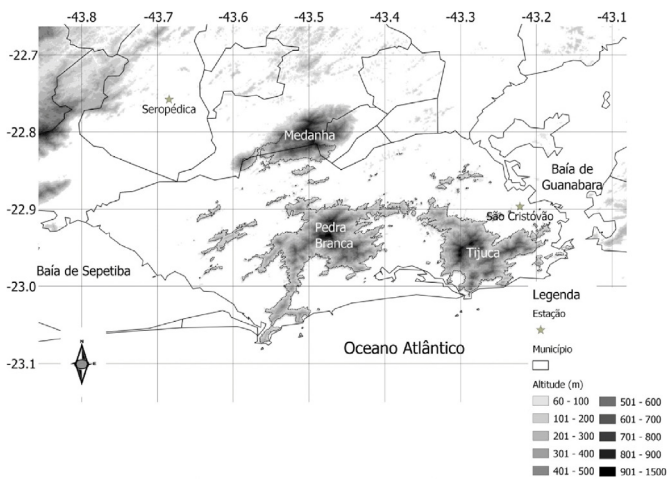


Figura 1. Localização das estações meteorológicas (★) da Ecologia Agrícola (Seropédica, RJ) e São Cristóvão (Rio de Janeiro, RJ) com destaque para os maciços da Medanha, Pedra Branca e Tijuca e sua hispometria (m)

- Estimativa da temperatura do ar das 6 às 9 h:

$$t_i = t_9 - (t_9 - t_n) \text{sen} \left[\pi \text{sen} \frac{(9-i)}{3} \right] \quad (3)$$

- Estimativa da temperatura do ar das 9 às 15 h

$$t_i = t_9 + (t_x - t_9) \text{sen} \left[\pi \text{sen} \frac{(i-9)}{6} \right] \quad (4)$$

- Estimativa da temperatura do ar das 15 às 21 h:

$$t_i = t_{21} + (t_x - t_{21}) \text{sen} \left[\pi \text{sen} \frac{(21-i)}{6} \right] \quad (5)$$

em que:

t_i - temperatura do ar estimada pelo modelo para o horário i ;

t_n - temperatura do ar mínima diária;

t_9 - temperatura do ar das 9 h;

t_x - temperatura do ar máxima diária; e

t_{21} - temperatura do ar das 21 h.

O modelo de Campbell-Norman é dividido em três trechos:

- Primeiro trecho (das 0 às 5 h):

$$T(t) = T_{x,i-1} \Gamma(t) + T_{n,i} [1 - \Gamma(t)] \quad (6)$$

- Segundo trecho (das 5 às 14 h):

$$T(t) = T_{x,i} \Gamma(t) + T_{n,i} [1 - \Gamma(t)] \quad (7)$$

- Terceiro trecho (das 14 às 24 h):

$$T(t) = T_{x,i-1} \Gamma(t) + T_{n,i+1} [1 - \Gamma(t)] \quad (8)$$

em que:

i - refere-se ao dia, $\omega = \pi/12$;

t - tempo, h; e

$\Gamma(t) = 0,44 - 0,46 \text{sen}(\omega t + 0,9) + 0,11 \text{sen}(2\omega t + 0,9)$.

Para a avaliação dos modelos empíricos foram feitas comparações entre as temperaturas do ar horárias observadas nas EMA's de São Cristóvão - SCR (22° 53' 47" S, 43° 13' 11" W e 24 m) e Ecologia Agrícola - EA (22° 45' 28" S, 43° 41' 5" W e 34 m), no período de 2008-2010 (INMET, 2013), e as temperaturas estimadas pelos modelos de Zolnier e Campbell-Norman. Ambas as estações se localizam na RMRJ (Figura 1).

As avaliações foram realizadas para as escalas sazonal (verão, outono, inverno e primavera) e anual. Na comparação entre os dados observados e os valores estimados pelos modelos utilizou-se o método de regressão linear simples entre a temperatura do ar observada e estimada e o Erro Padrão de Estimativa (EPE). O EPE foi utilizado para quantificar as diferenças entre os valores observados pelas EMA's e os estimados pelos modelos. O coeficiente de determinação da regressão linear (R^2) foi usado na avaliação do grau de dispersão entre os dados observados e estimados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independente da estação meteorológica e das escalas (anual ou sazonal), o modelo de Zolnier se destacou nas estimativas da variação diária da temperatura do ar na RMRJ, com menor dispersão (maior R^2) das estimativas (0,87 - SCR e 0,89 - EA) em relação ao modelo de Campbell-Norman (0,71 - SCR e 0,63 - EA) (Tabelas 1 e 2). Os coeficientes angulares (b) e os interceptos (a) da regressão entre os valores observados e os estimados da temperatura do ar horária pelo modelo de Zolnier se aproximaram do valor ideal ($b = 0$ e $a = 1$), enquanto que no modelo de Campbell-Norman, o b foi superior a 2,6 °C e b inferior a 9% do valor ideal.

A diferença entre os valores diários da temperatura do ar observada e estimada foi quantificada por meio do EPE. Para o modelo de Zolnier o EPE variou entre 1,44 °C (primavera-EA) e 1,84 °C (primavera-SCR), esses valores representaram menos de 7,5 % da média da temperatura do ar horária observada

Tabela 1. Intercepto (a , °C), coeficiente angular (b) e coeficiente de determinação (R^2) da regressão linear entre a temperatura do ar horária observada e a estimada pelos modelos de Zolnier e Campbell-Norman e o Erro padrão de Estimativa (EPE, °C) para a estação Ecologia Agrícola - Seropédica, RJ

Modelo	a (°C)	b	R ²	EPE (°C)
Zolnier				
Anual	0,32	1,01	0,89	1,65
Verão	-0,29	1,04	0,87	1,68
Outono	0,80	0,99	0,87	1,62
Inverno	0,79	1,00	0,86	1,84
Primavera	-0,75	1,06	0,91	1,44
Campbell-Norman				
Anual	3,79	0,86	0,63	2,95
Verão	4,44	0,85	0,61	2,71
Outono	4,27	0,84	0,60	2,83
Inverno	5,31	0,76	0,50	3,44
Primavera	3,84	0,86	0,63	2,63

Tabela 2. Intercepto (a), coeficiente angular (b) e coeficiente de determinação (R^2) da regressão linear entre a temperatura do ar horária observada e a estimada pelos modelos de Zolnier e Campbell-Norman e o Erro padrão de Estimativa (EPE, °C) para a estação de São Cristóvão - Rio de Janeiro, RJ

Modelo	a (°C)	b	R^2	EPE (°C)
Zolnier				
Anual	-0,53	1,04	0,87	1,71
Verão	-0,57	1,04	0,82	1,86
Outono	-1,39	1,08	0,87	1,68
Inverno	-0,35	1,03	0,85	1,72
Primavera	0,29	1,01	0,83	1,79
Campbell-Norman				
Anual	2,58	0,91	0,71	2,40
Verão	5,80	0,80	0,55	2,75
Outono	2,04	0,93	0,67	2,23
Inverno	2,31	0,91	0,68	2,27
Primavera	3,47	0,87	0,67	2,30

enquanto o EPE estimado para o modelo de Campbell-Norman variou entre 2,23 °C (inverno-SCR) e 3,44 °C (inverno-EA), e assim o EPE foi superior ao modelo de Zolnier em todas as escalas observadas. Esses valores de EPE representaram em torno de 10 - 15% da média da temperatura horária observada.

Na análise sazonal as maiores precisões (menores coeficiente R^2) foram observadas na estação EA, em que o R^2 apresentou-se superior em todas as estações do ano, com exceção da estação de outono cujo valor do R^2 foi igual ao obtido na estação SCR. Novamente o modelo de Zolnier mostrou precisão e EPE superior ao de Campbell-Norman na estimativa da temperatura do ar horária para a RMRJ em todas as análises (sazonais e localidades).

Os valores sazonais de R^2 obtidos no estudo foram superiores a 0,8 (Zolnier) e inferiores a 0,6 (Campbell-Norman), ou seja, o modelo de Zolnier mostrou que 80% das variações da temperatura do ar simulada (Y - variável dependente) são explicados pela variação da temperatura do ar observada (X - variável independente), enquanto no modelo de Campbell-Norman apenas 60%.

Assim, o restante dos 20% da variabilidade de t_i (Zolnier) e dos 40% $T_{x,i}$ e $T_{n,i}$ (Campbell-Norman) ocorreu em função de outros fatores (meteorológicos e fisiográficos) que ocorrem na RMRJ como, por exemplo, aumento da nebulosidade, a circulação das brisas, proximidade as Baías de Sepetiba e Guanabara, no caso da estação EA (Oliveira-Júnior et al., 2013), seguidos proximidade da área urbana e Oceano Atlântico, no caso da estação SCR, regime de chuvas diferenciadas e proximidade aos maciços (Zeri et al., 2011).

A correlação entre os valores estimados por ambos os modelos e os dados observados pelas estações meteorológicas automáticas foi avaliada nas escalas anual e sazonal por meio do diagrama de dispersão.

Observou-se correlação elevada (coeficiente de correlação de Pearson $R > 0,89$) entre os valores observados e estimados de temperatura do ar nas escalas anual e sazonal para o modelo de Zolnier (Figura 2). A precisão representada por R^2 , na estação EA mostrou valores superiores a 0,8 (Tabela 2). Esses valores demonstram que o modelo foi capaz de estimar a temperatura do ar horária com precisão.

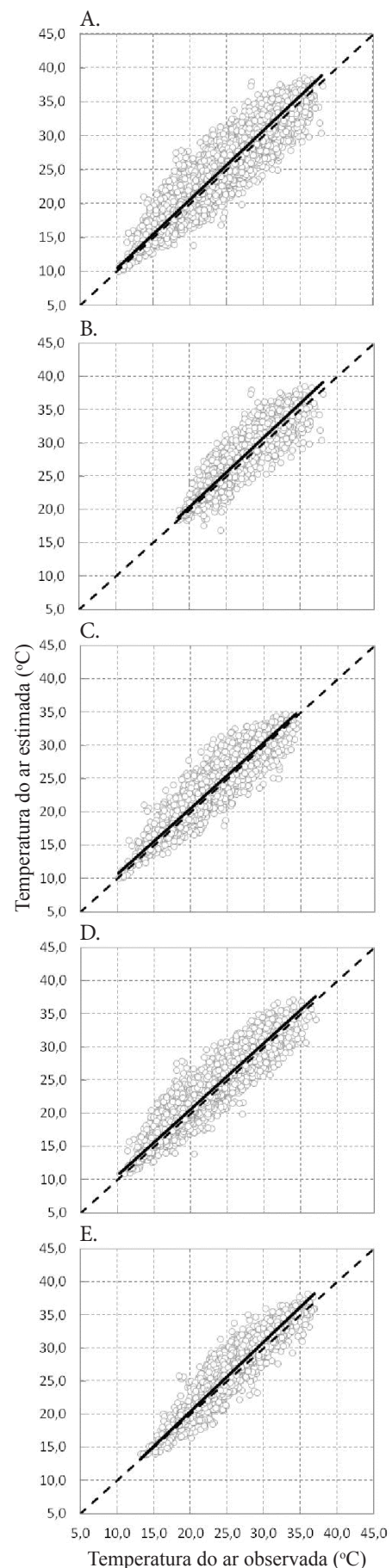


Figura 2. Relação entre temperatura do ar observada (°C) e estimada (°C) pelo modelo de Zolnier para as escalas: (A) anual e sazonal – (B) verão, (C) outono, (D) inverno e (E) primavera na Ecologia Agrícola, Seropédica - (2008-2010)

Na comparação, quanto mais próximo de 1 for o coeficiente angular e mais próximo de 0 for o coeficiente linear, menor é o desvio em relação à linha 1:1 e maior é a concordância entre os valores observados e os estimados pelo modelo.

O modelo de Zolnier aplicado à estação EA obteve maior concordância entre os valores observados e os estimados nas estações de verão e primavera (Figuras 2B e 2E), em comparação com as estações de outono e inverno (Figuras 2C e 2D). No verão e na primavera ocorre aumento da temperatura do ar juntamente com as chuvas de verão, característico da região Seropédica, período no qual também ocorrem chuvas convectivas frequentes (Carvalho et al., 2005). Enquanto no outono e no inverno ocorre, além da temperatura do ar ser de característica amena, a passagem de sistemas frontais (SF) na região que contribuem para a sua variabilidade na RMRJ (Moraes et al., 2003 e Zeri et al., 2011).

Em comparação com o modelo de Zolnier, o modelo de Campbell-Norman mostrou menor correlação entre os valores observados e estimados de temperatura do ar horária nas escalas anual e sazonal (Figura 3). O modelo de Campbell-Norman aplicado à estação EA obteve menor concordância entre os valores observados e os estimados em todas as estações do ano (Figuras 3B, 3C e 3E), principalmente no inverno (Figuras 3D).

Verificou-se correlação (R) entre os valores observados e estimados de temperatura horária do ar, nas escalas anual e sazonal, superior a 0,90 (verão - SCR) para o modelo de Zolnier (Figura 4). A precisão, representada por R^2 , na estação SCR foi menor em comparação com a estação EA, com valores abaixo de 0,71 para o modelo de Campbell-Norman (Tabela 2).

Esses valores mostram que o modelo também foi capaz de estimar a temperatura do ar com menor exatidão devido a estação SCR receber influência da malha urbana, proximidade de corpos d'água (Baía de Guanabara e Oceano Atlântico) e atuação de sistemas meteorológicos locais e de mesoescala (convecção local e circulação das brisas marítimas/terrestre e lacustre) – (Zeri et al., 2011 e Paiva et al., 2014).

Novamente o modelo de Campbell-Norman mostrou, em comparação com o modelo de Zolnier, correlação inferior entre os valores observados e os estimados de temperatura do ar na escala sazonal (Figura 5A). O modelo de Campbell-Norman aplicado à estação SCR também obteve concordância inferior entre os valores observados e os estimados, em todas as estações do ano em relação ao modelo de Zolnier (Figuras 5).

Verificou-se, ao analisar as diferenças entre os valores de temperatura do ar horária estimados por ambos os modelos e os observados na série temporal das estações meteorológicas automáticas baseadas nos índices estatísticos, que o modelo de Zolnier apresenta melhores estimativas em comparação ao modelo de Campbell-Norman.

A variação diurna da temperatura do ar média próximo da superfície terrestre é resultado de processos complexos que envolvem trocas de energia solar, aquecimento durante o dia e resfriamento durante a noite; assim, o ciclo diário da temperatura do ar depende do nascer e do pôr do sol (Voogt & Oke, 2003).

O modelo de Zolnier é dividido em cinco trechos; portanto, possui flexibilidade em descrever com melhor detalhamento

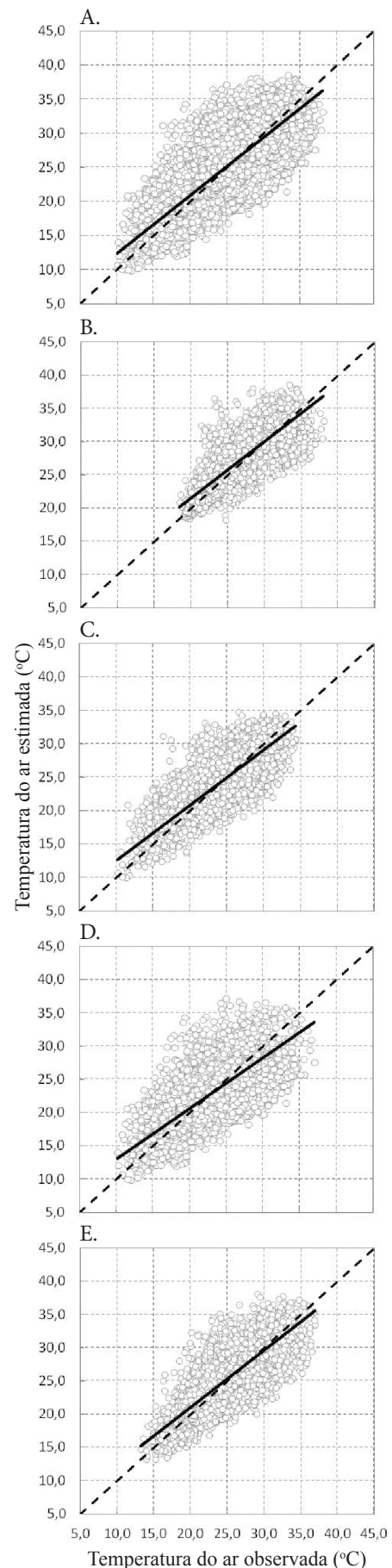


Figura 3. Relação entre temperatura do ar observada (°C) e estimada (°C) pelo modelo de Campbell-Norman para as escalas: (A) anual e sazonal – (B) verão, (C) outono, (D) inverno e (E) primavera na Ecologia Agrícola, Seropédica - (2008-2010)

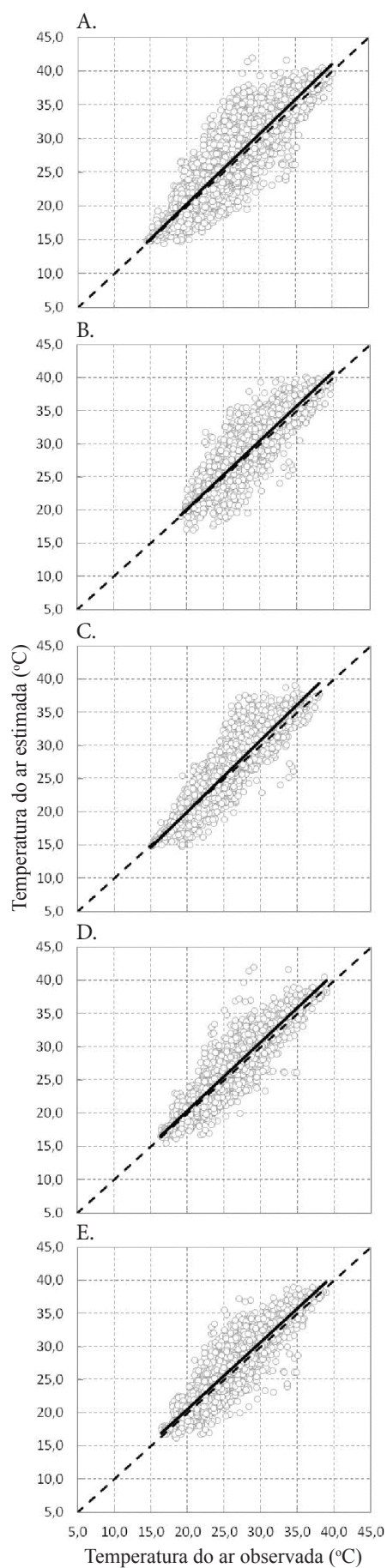


Figura 4. Relação entre temperatura do ar observada (°C) e estimada (°C) pelo modelo de Zolnier para as escalas: (A) anual e sazonal – (B) verão, (C) outono, (D) inverno e (E) primavera em São Cristóvão, Rio de Janeiro - (2008-2010)

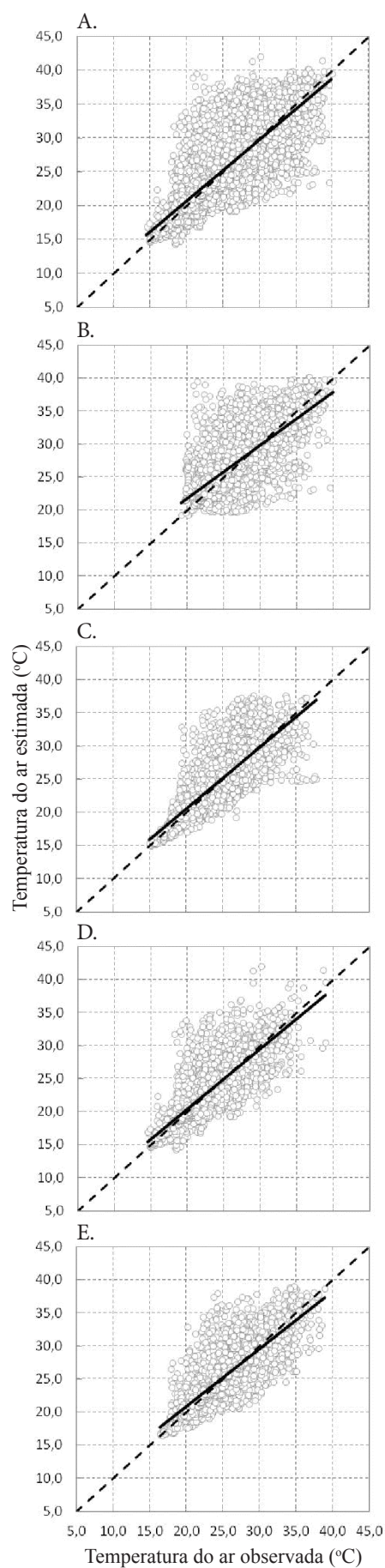


Figura 5. Relação entre temperatura do ar observada (°C) e estimada (°C) pelo modelo de Campbell-Norman para as escalas: (A) anual e sazonal – (B) verão, (C) outono, (D) inverno e (E) primavera em São Cristóvão, Rio de Janeiro - (2008-2010)

a variação diária da temperatura do ar nas duas localidades existentes na RMRJ enquanto o modelo de Campbell-Norman é dividido em três trechos e então fornece uma descrição aproximada baseada apenas nas temperaturas do ar máxima e mínima diária.

CONCLUSÕES

1. O modelo de Zolnier apresenta estimativas mais precisas e acuradas da temperatura do ar em relação ao de Campbell-Norman, na região Metropolitana do Rio de Janeiro e pode ser adotado como modelo de estimativa da temperatura do ar horária nas escalas anual e sazonal.

2. A menor precisão e a acurácia das estimativas do modelo de Campbell-Norman em relação ao de Zolnier são devidas ao seu menor número de variáveis de entrada (temperatura máxima e mínima) e de trechos (três) para descrever a variação horária da temperatura do ar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilidade dos dados meteorológicos da estação automática da Ecologia Agrícola (Seropédica, RJ) e à Fundação GEO-RIO pelos dados da estação de São Cristóvão (Rio de Janeiro, RJ).

LITERATURA CITADA

- André, R. G. B.; Marques, V. S.; Pinheiro, F. M. A.; Ferraud, A. S. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, p.501-509, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862008000400009>
- Antonini, J. C. A.; Silva, E. M.; Oliveira, L. F. C.; Sano, E. E. Modelo estimativa da temperatura média diária do ar no estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, p.331-338, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000400001>
- Campbell, G. S., Norman, J. M. An Introduction to environmental biosphysics, 2.ed. New York: Springer, 1998. 286p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4612-1626-1>
- Cargnelutti, A. F.; 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*, v.38, p.2448-2456, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000900006>
- Cavalcanti, E. P.; Silva, V. P. R.; Sousa, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.140-147, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100021>
- Carvalho, D. F.; Montebeller, C. A.; Franco, E. M., Valcarcel, R.; Bertol, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.7-14, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000100002>
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. <http://www.inmet.gov.br/portal/>. 21 Mai. 2013.
- Jerszurki, D.; Souza, J. L. M. Estimativa da temperatura média diária do ar em distintas regiões brasileiras empregando métodos alternativos. *Scientia Agraria*, v.11, p.407-416, 2010. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v11i5.20227>
- Lin, S.; Moore, N. J., Messina, J. P.; de Visser, M. H.; Wu, J. Evaluation of estimating daily maximum and minimum air temperature with MODIS data in east Africa. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.18, p.128-140, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2012.01.004>
- Lyra, G. B.; Silva Júnior, J. L.; Santos, C. S. N.; Monteiro, W. C. M. Modelos empíricos para estimativa da variação diária da temperatura do ar em Piracicaba/SP. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Aracaju. Anais... Campinas: SBA, 2009. CD-Rom
- Moraes, N. O.; Correa, E. B.; Marton, E.; Pimentel, L. C. G. Formação de ilha de calor urbana e suas relações com os efeitos sinóticos. *Ciência e Natura*, v.2, p.227-231, 2003.
- Oliveira-Júnior, J. F.; Souza, J. C. S.; Dias, F. O.; Gois, G.; Gonçalves, I. F. S.; Silva, M. S. Caracterização do Regime de Vento no Município de Seropédica, Rio de Janeiro (2001-2010). *Floresta e Ambiente*, v.20, p.447-459, 2013. <http://dx.doi.org/10.4322/foram.2013.040>
- Paiva, L. M. S.; Bodstein, G. C. R.; Pimentel, L. C. G. Influence of high-resolution surface databases on the modeling of local atmospheric circulation systems. *Geoscientific Model Development*, v.7, p.1-19, 2014. <http://dx.doi.org/10.5194/gmd-7-1641-2014>
- Parton, W. J.; Logan, J. A. A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agricultural Meteorology*, v.23, p.205-216, 1981. [http://dx.doi.org/10.1016/0002-1571\(81\)90105-9](http://dx.doi.org/10.1016/0002-1571(81)90105-9)
- Savage, M. J.; Everson, C. S.; Metelerkamp, B. R. Bowen ratio evaporation measurement in a remote montane grassland: Data integrity and fluxes. *Journal of Hydrology*, v.376, p.249-260, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.07.038>
- Silva, M. I. S.; Guimarães, E. C.; Tavares, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.480-485, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000500006>
- Soares, J. V.; Vianello, R. L. Modelo físico-matemático para diagnosticar a marcha diária de temperatura para Jaboticabal, São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2, 1982, Pelotas; Anais... Pelotas: SBA, 1982.
- Torres, F. T. P.; Ribeiro, G. A. Índices de risco de incêndios florestais em Juiz de Fora/MG. *Floresta e Ambiente*, v.15, p.24-34, 2008.
- Vancutsem, C.; Ceccato, P.; Dinku, T.; Connor, S. J. Evaluation of MODIS land surface temperature data to estimate air temperature in different ecosystems over Africa. *Remote Sensing of Environment*, v.114, p.449-465, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2009.10.002>
- Voogt, J. A.; Oke, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, v. 86, p.370-384, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)
- Wann, M.; Yah, D.; Gold, H. J. Evaluation of three models for daily cycle of air temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.34, p.121-128, 1985. [http://dx.doi.org/10.1016/0168-1923\(85\)90013-9](http://dx.doi.org/10.1016/0168-1923(85)90013-9)
- Zeri, M.; Oliveira-Júnior, J. F.; Lyra, G. B. Spatiotemporal analysis of particulate matter, sulfur dioxide and carbon monoxide concentrations over the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Meteorology and Atmospheric Physics*, v.113, p.1-14, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s00703-011-0153-9>
- Zolnier, S. Avaliação de modelos para estimativa dos valores médios horários do Índice de Temperatura e Umidade. *Engenharia na Agricultura. Série: Construções Rurais e Ambiência*, v.5, p.1-17, 1996.