

# ESTIMATIVA DA MÉDIA MENSAL DA VARIAÇÃO DIÁRIA DA TEMPERATURA DO AR EM PIRACICABA/SP

José Luiz C. S. JÚNIOR<sup>1</sup>, Gustavo Bastos LYRA<sup>2</sup>,  
Sílvia N. Monteiro SANTOS<sup>1</sup>, Welliam Chaves Monteiro SILVA<sup>1</sup>, Evaldo de Paiva LIMA<sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

A falta de dados horários de temperatura do ar, mesmo com a implantação de estações automáticas nos últimos anos, bem como a dificuldade de leitura desse elemento nos diagrama do termógrafo, impossibilita a realização de um grande número de trabalhos.

Na qualificação do número de horas de frio, visando o zoneamento da fruticultura de clima temperado no Estado de Santa Catarina, POLAR & ANGELOCCI (1993) avaliaram dois modelos para simulação da marcha diária da temperatura do ar. No cálculo do índice de temperatura e umidade média diária (ITU), ZOLNIER (1996) desenvolveu um modelo para a simulação da variação diária da temperatura do ar para o verão. SILVA JÚNIOR (2001), calculou o número de horas de estresse em dois níveis, para bovinos de alta produção de leite, através do ITU para a região do Sudeste do Brasil, utilizando um modelo para estimativa horária da temperatura do ar.

Para contornar a inexistência de dados, o presente trabalho tem como objetivos simular e avaliar os modelos de ZOLNIER (1996) e CAMPBELL & NORMAN (1998) para a média mensal da marcha diária da temperatura do ar.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os valores horários da temperatura do ar foram coletados por um termohigrográfo (HMP35C, VAISALA, Woburn, MA) conectado a um datalogger (CR10, CAMPBELL SCIENTIFIC Inc., Logan, UT), que armazenou valores médios de 1 hora. O sensor estava instalado, a 2 m de altura, numa estação meteorológica automática localizada na área experimental do Departamento de Física do Ambiente Agrícola, pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba/SP (latitude: 22° 43'S; longitude: 47° 25' W; altitude: 580m). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo **Cwa** (subtropical úmido – com chuvas no verão e inverno seco). Na simulação dos modelos utilizou-se as médias mensais da temperatura do ar para cada horário.

Foram considerados dois períodos como representativos das estações de verão (janeiro de 2001) e inverno (junho de 2001).

O modelo proposto por (ZOLNIER, 1996) foi desenvolvido considerando a marcha típica da temperatura do ar para Viçosa/MG no período de verão, sendo dividido em quatro trechos (AB, BC, CD, DA), descritos a seguir:

- Trecho AB (das 21:00 às 6:00 horário local):

- a) Para valores relativos às 22:00, 23:00 e 24:00 horas:

$$t_x = t_{21} - (t_{21} - t_6) \text{sen}[\pi / 2((x - 21) / 9)] \quad (1)$$

- b) Para estimativas de valores de 1:00 às 5:00 horas:

$$t_x = t_{21} - (t_{21} - t_6) \text{sen}[\pi / 2((3 + x) / 9)] \quad (2)$$

- Trecho BC (6:00 às 9:00 horário local):

$$t_x = t_9 - (t_9 - t_6) \text{sen}[\pi / 2((9 - x) / 3)] \quad (3)$$

- Trecho CD (9:00 às 15:00 horário local)

$$t_x = t_9 + (t_{máx} - t_9) \text{sen}[\pi / 2((x - 9) / 6)] \quad (4)$$

- Trecho DA (15:00 às 21:00 horário local)

$$t_x = t_{21} + (t_{máx} - t_{21}) \text{sen}[\pi / 2((21 - x) / 6)] \quad (5)$$

em que,  $t_x$  é a temperatura estimada pelo modelo no horário  $x$ ;  $t_6$  é a temperatura mínima do ar,  $t_9$  é a temperatura do ar das 9:00 horas;  $t_{máx}$  é a temperatura máxima do ar;  $t_{21}$  é a temperatura do ar das 21:00 horas;  $x$  é o horário de estimativa da temperatura.

A variação horária no modelo de (CAMPBELL & NORMAN, 1998) é estimada em função das temperaturas máximas e mínimas, sendo dividido em três trechos, apresentados abaixo:

- Primeiro trecho (das 0:00 às 5:00 horas)

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

- Segundo trecho (das 5:00 às 14:00 horas)

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

- Terceiro trecho (das 14:00 às 24:00 horas)

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

em que,

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

sendo,  $T_x$  a temperatura máxima;  $T_n$  a temperatura mínima;  $\omega = \pi/12$ ;  $t = n^\circ$  de horas;  $T(t)$  temperatura horária estimada.

Na avaliação dos modelos foi utilizada a regressão linear simples entre os valores estimados com os medidos na estação automática, para os períodos de verão e inverno. Além do erro padrão de estimativa (EPE).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os modelos apresentaram estimativas satisfatórias da média mensal da variação horária da temperatura do ar, com coeficiente de determinação ( $r^2$ ) para o ajuste dos valores medidos e preditos entre 0,9894 (janeiro) e 0,9182 (junho), para o modelo de CAMPBELL & NORMAN (1998), Figuras 1 e 2; e de 0,9804, janeiro (Figura 3) e 0,9756, junho (Figura 4) para o modelo de ZOLNIER (1996)

O modelo proposto por (ZOLNIER, 1996) foi desenvolvido considerando a variação típica da temperatura do ar no período de verão, apesar disso, ele apresentou boas estimativas também para os valores médios medidos no período de inverno (Figura 4).

O modelo CAMPBELL & NORMAN (1998), mostrou uma tendência de sempre superestimar os valores medidos para o período de verão, enquanto que para o inverno a tendência foi de subestimar os

<sup>1</sup> Doutorando do curso de Meteorologia Agrícola, DEA/UFV. e-mail: [jicabral@alunos.ufv.br](mailto:jicabral@alunos.ufv.br)

<sup>2</sup> Doutorando do curso de Física do Ambiente Agrícola, LCE/ESALQ/USP. e-mail: [gbylra@esalq.usp.br](mailto:gbylra@esalq.usp.br)

<sup>3</sup> Mestrando do curso de Meteorologia Agrícola, DEA/UFV.

valores abaixo de 18°C, observados no período noturno e superestimar os valores maiores, durante o dia. Já o modelo de ZOLNIER (1996), independente do período, apresentou tendência de subestimar os valores baixos e superestimar os altos.

O erro padrão de estimativa (EPE) para o modelo de ZOLNIER (1996) foi de 0,81 °C no verão e 0,96 °C para o inverno. E no modelo de CAMPBELL & NORMAN (1998), o EPE para janeiro foi (0,52 °C), e para o inverno (junho) o EPE foi o maior observado (1,26 °C) entre os modelos.

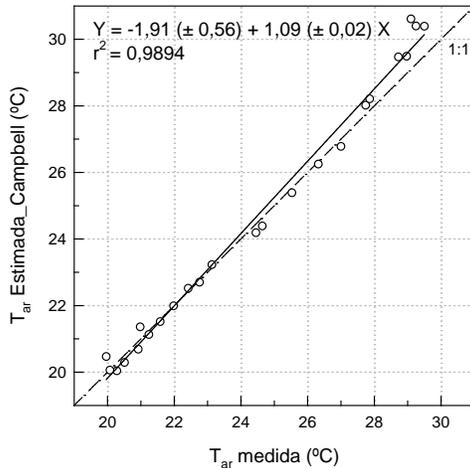


Figura 1 – Valores horários médios da temperatura do ar e estimados pelos modelos de CAMPBELL & NORMAN (1998), para o mês de Janeiro. Piracicaba, SP. 2001.

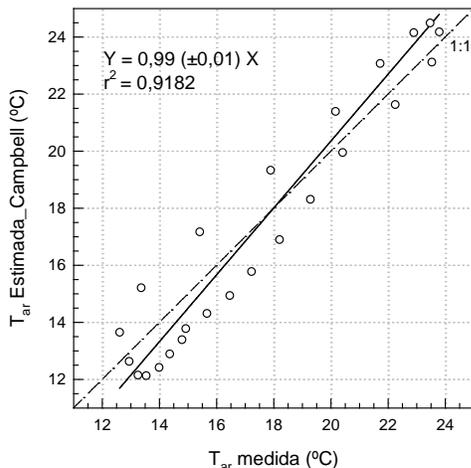


Figura 2 – Valores horários médios da temperatura do ar e estimados pelos modelos de CAMPBELL & NORMAN (1998), para o mês de Junho. Piracicaba, SP. 2001.

## CONCLUSÃO

Os dois modelos simularam bem os dados médios horários mensais da temperatura do ar para Piracicaba/SP, para o período de verão.

Para o período de inverno para a localidade estudada, sugerimos a utilização do modelo proposto por ZOLNIER (1996).

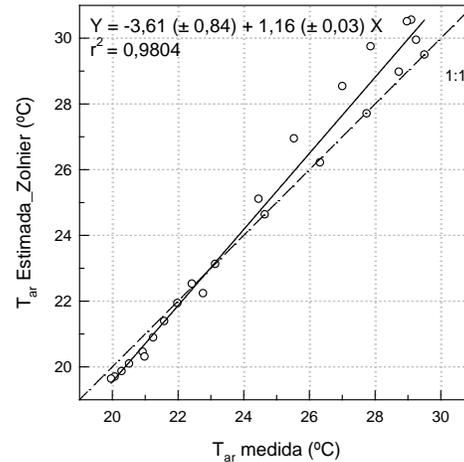


Figura 3 – Valores horários médios da temperatura do ar e estimados pelos modelos de ZOLNIER (1996), para o mês de Janeiro. Piracicaba, SP. 2001.

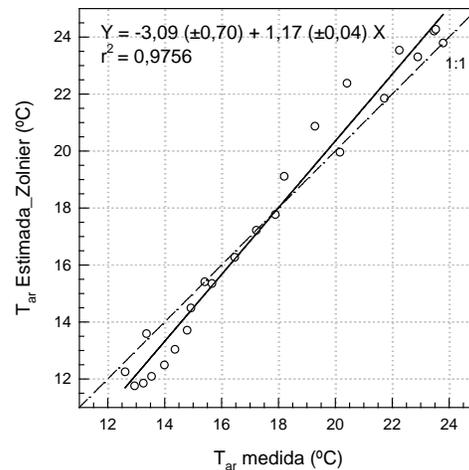


Figura 4 – Valores horários médios da temperatura do ar e estimados pelos modelos de ZOLNIER (1996), para o mês de Junho. Piracicaba, SP. 2001.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPBELL, G. S., NORMAN, JOHN M. **An Introduction to environmental biophysics**, 2<sup>o</sup> ed. New York: Springer, 1998. 286 p.
- ZOLNIER, S. Avaliação de modelos para estimativa dos valores médios horários do Índice de Temperatura e Umidade. **Engenharia na Agricultura**. Série: Construções Rurais e Ambiente, Viçosa, MG, v. 5, n. 16, p. 1-17, 1996.
- CABRAL, J.L.; LYRA, G.B.; ZOLNIER, S. Avaliação de modelos para simulação da marcha diária da temperatura em Viçosa/MG. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2000, Fortaleza, CE. **Anais...**, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2000. p.