



MODELO MATEMÁTICO PARA A ESTIMATIVA DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA MÉDIA DIURNA DO AR

Decio Mossini Junior¹, Fabricio Schwanz da Silva², Rivanildo Dallacort³, Marco Antonio Camillo de Carvalho³, Angélica Mossini⁴

1. Engenheiro Agrícola, Mestrando. Programa de Pós-Graduação em Ambientes e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) (deciomossinijr@hotmail.com).
2. Engenheiro Agrícola, Doutor. Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial.
3. Engenheiro Agrícola, Doutor. Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Agronomia.
4. Graduanda em Engenharia Ambiental. Univag Centro Universitário, Departamento de Engenharia Ambiental. Brasil.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

O monitoramento das variáveis climáticas contribui para o aumento da produtividade agrícola, auxilia na preservação do meio ambiente e na qualidade de vida humana. Em alguns casos há a necessidade de se conhecer os valores médios de temperatura e umidade relativa diurnos, pois neste período, devido à presença de luz solar, os valores de temperatura são maiores e a umidade relativa é menor. Assim, o objetivo deste trabalho foi propor e avaliar o desempenho de equações matemáticas para a estimativa da média mensal e decendial de temperatura e umidade relativa, entre às 12 h e 22 h. Calculou-se a média, o desvio padrão, o erro padrão de estimativa, o coeficiente de determinação (r^2), através de regressão linear, e o índice de concordância (d), de dados climáticos provenientes de estações automáticas. As equações propostas apresentaram bom desempenho quando aplicadas a municípios dos estados de Rondônia, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, podendo ser utilizadas na estimativa de temperatura e umidade relativa em períodos mensais e decendiais.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem matemática; fatores climáticos; 12 h e 22 h.

MATHEMATICAL MODEL FOR ESTIMATING THE AVERAGE TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY OF AIR DAYTIME

ABSTRACT

The monitoring of climatic variables contributes to increased agricultural productivity, assists in preserving the environment and quality of life. In some cases there is a need to know the values of temperature and relative humidity during the day, because in this period, due to the presence of sunlight, the temperature values are higher and the relative humidity is lower. The objective of this study was to propose and evaluate the performance of mathematical equations to estimate the average monthly and ten-day of temperature and relative humidity, between 12:00 am and

10:00 pm. Was calculated the mean, the standard deviation, the standard error of estimate, the coefficient of determination (r^2), by linear regression, and the concordance index (d), of climatic data from automatic stations. The proposed equations showed good performance when applied to municipalities in the states of Rondônia, Pará, Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, could be used to estimate temperature and relative humidity in monthly periods and each ten days.

KEYWORDS: mathematical modeling, climatic factors, 12:00 am and 10:00 pm.

INTRODUÇÃO

A agricultura tem sido beneficiada pelos avanços tecnológicos alcançados pelo homem ao longo da história, um exemplo destes benefícios é o monitoramento das variáveis climáticas, que além de contribuir para o aumento da produtividade, auxilia na preservação do meio ambiente (TURCO & BARBOSA, 2008).

Os estados de Rondônia, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, atualmente ocupam posição de destaque na produção agrícola no país, possuindo ainda regiões com atividades de expansão da fronteira agrícola (ARRAES et al., 2010). Nestes locais, é de suma importância a elaboração de estudos que venham contribuir para a implantação de novas culturas, e atividades que auxiliem no crescimento econômico e na preservação e manutenção dos recursos naturais, uma vez que, o período de chuvas concentra-se em determinadas épocas do ano, limitando assim as atividades agrícolas.

Conhecer as variáveis climáticas pode contribuir com estudos relacionados ao desenvolvimento e desempenho de culturas agrícolas (ANTONINI et al., 2009), além de influenciarem na incidência de pragas e doenças (URAMOTO et al., 2003; SUZUKI et al., 2007), no conforto térmico durante a criação de animais confinados (OLIVEIRA et al., 2005 e FARIA et al., 2008), nos processos relacionados a secagem e armazenamento de produtos de origem vegetal e animal (COSTA et al., 2010; FINCO et al., 2010; RESENDE et al., 2011; CHAVES et al., 2012), no desempenho de sistemas de irrigação (AZEVEDO et al., 1999; EVANGELISTA et al., 2010) e na qualidade da saúde humana (CONFALONIERI, 2008).

Dentre as variáveis climáticas, a temperatura e a umidade relativa do ar são as de maior relevância, e estão intimamente ligadas entre si. A temperatura do ar em um determinado local é aquela obtida através de um termômetro comum (SILVA et al., 2008), já a umidade relativa, pode ser obtida através de higrômetros e psicrômetros, e trata-se da relação entre a quantidade de vapor de água presente no ambiente, para com a quantidade de vapor que prevaleceria no mesmo em condições saturadas, e sob mesma temperatura (COMPAGNOM et al., 2010). A atmosfera consegue reter água em forma de vapor até um determinado limite, este limite, varia em função da pressão e temperatura no ambiente, uma vez que, quanto maior a temperatura do ambiente, maior a capacidade do ar em reter água (BISCARO, 2007).

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) tem ao longo dos anos implantado estações meteorológicas por todo território brasileiro, e atualmente existem em operação estações automatizadas e convencionais. Nas estações automatizadas as variáveis climáticas são registradas de forma contínua, porém, nas estações convencionais, os registros são efetuados em apenas determinados horários do dia, 0 h, 12 h e 18 h, impossibilitando assim o monitoramento completo das variações climáticas. No entanto, por estarem em funcionamento a mais tempo, as estações

convencionais são as que possuem maior volume de dados, e assim, suas informações são as mais utilizadas em trabalhos com necessidade de longos períodos históricos.

Em alguns estudos, principalmente relacionados à secagem e armazenamento de grãos e sementes, conforto térmico de animais confinados e qualidade da saúde humana, há a necessidade de se conhecer os valores médios de temperatura e umidade relativa diurnos, pois neste período, geralmente os valores de temperatura são maiores e a umidade relativa do ar é menor. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi propor e avaliar o desempenho de equações matemáticas para a estimativa da média mensal e decenal de temperatura e umidade relativa, entre as 12 h e 22 h, quando aplicadas em municípios dos estados de Rondônia, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E METODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Agrometeorologia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), localizado no município de Tangará da Serra – MT. Foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa oriundos de nove estações meteorológicas automatizadas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas em municípios dos estados de Rondônia, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Tabela 1). Os dados utilizados são do período de 2006 a 2012, variando de acordo com cada localidade, sendo que os meses com falhas de dados foram excluídos da análise.

TABELA 1. Altitude, localização e número de registros das estações meteorológicas utilizadas neste estudo, localizadas nos estados de Rondônia (RO), Pará (PA), Mato Grosso (MT) e Mato Grosso do Sul (MS)

Localidade	Estado	Altitude (m)	Latitude Sul (°)	Longitude Oeste (°)	Nº de registros (meses)
Ariquemes	RO	140	9,56	62,57	42
Cacoal	RO	210	11,26	61,26	49
Vilhena	RO	590	12,44	60,09	43
Santana do Araguaia	PA	168	9,20	50,21	49
Campo Novo do Parecis	MT	570	13,47	57,50	49
Campo Verde	MT	749	15,31	55,08	66
Rondonópolis	MT	284	16,27	54,34	52
Sinop	MT	371	11,58	55,33	45
Coxim	MS	252	18,30	54,44	68

As horas em que os dados de temperatura e umidade relativa foram registrados estão em UTC (*Universal Time Coordinated*) ou Tempo Universal Coordenado. Optou-se por aplicá-las deste modo nas equações, afim de que estas possam ser utilizadas em diferentes fusos horários, sem a necessidade de alterações. Para os estados de Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do sul, os horários 12 h, 18 h e 22 h (UTC), correspondem a 8 h, 14 h e 18 h, e para o estado do Pará, 9 h, 15 h e 19 h, respectivamente.

A temperatura média, no intervalo entre 12 h e 22 h, foi estimada através da Eq. 1, e a umidade relativa média no mesmo período, foi estimada pela Eq. 2.

$$T_{me} = \frac{(T_{12} + (2 \cdot T_{18}))}{3} \quad (1)$$

Em que:

T_{me} = Temperatura média estimada, das 12 h às 22 h (UTC);

T_{12} = Temperatura às 12 h (UTC);

T_{18} = Temperatura às 18 h (UTC).

$$UR_{me} = \frac{(UR_{12} + (2 \cdot UR_{18}))}{3} \quad (2)$$

Em que:

UR_{me} = Umidade relativa média estimada, das 12 h às 22 h (UTC);

UR_{12} = Umidade relativa às 12 h (UTC);

UR_{18} = Umidade relativa às 18 h (UTC).

Calculou-se também, para o mesmo conjunto de dados diários de temperatura e umidade relativa, a média aritmética das 12 h às 22 h (UTC). O objetivo foi obter um valor real medido que permitisse a comparação com os valores estimados, e desta forma, tornando possível uma análise do desempenho das equações propostas.

Para cada mês analisado, foi calculada a média, o desvio padrão, o erro padrão de estimativa (Eq. 3), o coeficiente de determinação (r^2), através de regressão linear, e o índice de concordância (d), proposto por WILLMOTT et al., (1985) (Eq. 4). O índice de concordância (d) indica o grau de exatidão entre os valores observados e os valores estimados, sendo que, quanto mais próximo de um o valor de "d", melhor a exatidão do modelo proposto.

$$EPE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{e_i} - Y_{o_i})^2}{n-1} \right]^{0,5} \quad (3)$$

Em que:

EPE = Erro padrão de estimativa;

Y_{e_i} = I-ésimo valor previsto ou estimado;

Y_{o_i} = I-ésimo valor observado;

n = Número de valores observados.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{e_i} - Y_{o_i})^2}{\sum_{i=1}^n (|Y_{e_i} - \bar{Y}_o| + |Y_{o_i} - \bar{Y}_o|)^2} \right] \quad (4)$$

Em que:

d = Índice de concordância;

Y_{e_i} = I-ésimo valor previsto ou estimado;

Y_{o_i} = I-ésimo valor observado;

\bar{Y}_o = Média dos valores observados.

Foi determinado e avaliado também, de acordo com a metodologia proposta por CAMARGO & SENTELHAS (1997), o índice "c" (Eq. 5), que vem sendo utilizado por pesquisadores, na comparação de dados reais e estimados nas mais distintas áreas

(SYPPERRECK et al., 2008; ZACHARIAS et al., 2008; CASTRO et al., 2010 e ALENCAR et al., 2011). A classificação dos valores de “c” foi feita de acordo com o apresentado na Tabela 2.

$$c = r * d \tag{5}$$

Em que:

c = Índice de confiança ou desempenho;

r = Coeficiente de correlação;

d = Índice de concordância.

TABELA 2. Critérios de interpretação do desempenho de estimativa através do índice “c” (CAMARGO & SENTELHAS, 1997)

Valor de “c”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sufrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Visando a simplificação na apresentação dos resultados, devido ao grande número de tabelas geradas, e perante o comportamento semelhante dos dados nas diferentes localidades, optou-se pela apresentação das informações detalhadas de apenas uma das estações analisadas. A estação meteorológica localizada no município de Coxim (MS) foi selecionada para representar os demais locais nos resultados dos indicadores estatísticos (média, desvio padrão, erro padrão de estimativa, coeficiente de determinação, índice de concordância, e índice “c”) em períodos mensais. Porém, apresentou-se para cada localidade, os indicadores estatísticos de toda a série histórica, assim como, o comportamento dos dados estimados e observados.

Selecionou-se ainda um ano completo de dados, referente a cada localidade analisada, e calculou-se a média dos valores estimados e observados de temperatura e umidade relativa, em intervalos decendiais, totalizando 36 decêndios para cada ano. Em seguida, as médias decendiais observadas e estimadas, foram comparadas através do Teste F (análise de variância), a nível de 5% de significância, e através do Teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 3 e 4, estão apresentados os indicadores estatísticos do ajuste entre os dados de temperatura e umidade relativa observados e estimados, para a localidade de Coxim (MS). Observa-se que a média total da temperatura observada no local foi de 28,42°C, e a média estimada de 28,43°C (Tabela 3), assim como, a média total da umidade relativa observada foi de 59,42%, e a média estimada de 60,41% (Tabela 4). As médias de temperatura obtidas para a cidade de Coxim (MS) corroboram com os resultados observados por SOUZA et al., (2012).

O desvio padrão total das médias observadas e estimadas foi de 3,39 e 3,38, para a temperatura (Tabela 3), e de 16,57 e 16,59 para umidade relativa (Tabela 4), respectivamente. O erro padrão de estimativa (EPE) variou de 0,33°C a 1,32°C, na estimativa dos valores de temperatura (Tabela 3) e de 1,04% a 5,64% na estimativa dos valores de umidade relativa (Tabela 4).

Devido aos valores de umidade relativa serem maiores que os de temperatura, estes, apresentaram também um EPE maior, apesar disto, tanto para a estimativa da temperatura, quanto para a umidade relativa, o coeficiente de determinação, e os índices “d” e “c”, resultaram valores próximos a um, mantendo a classificação do índice “c” entre ótimo, muito bom e bom.

De forma geral, analisando todos os meses nos diferentes municípios, observou-se que 84% dos meses em que se estimou a temperatura, a classificação do índice “c” manteve-se entre ótimo e muito bom (Tabela 3), assim como, na estimativa da umidade relativa, em 90% dos meses, o índice “c” apresentou comportamento semelhante (Tabela 4). Em apenas 3,9% dos meses em que se estimou a temperatura, e em 2,2% dos meses em que se estimou a umidade relativa, o índice “c” foi classificado como mediano, sofrível, mal, ou péssimo.

TABELA 3. Indicadores estatísticos gerados através dos dados de temperatura, estimados e observados, no período de 2006 a 2012, referentes à estação meteorológica do município de Coxim (MS)

Mês/Ano	Média (°C)		Desvio padrão		EPE (°C)	r ²	d	c	Classificação
	¹ Obs.	² Est.	Obs.	Est.					
dez/06	28,41	28,57	2,51	2,67	0,99	0,87	0,96	0,89	Ótimo
jan/07	28,48	28,59	1,73	2,16	1,19	0,70	0,90	0,75	Bom
fev/07	28,88	28,67	2,20	2,23	1,08	0,78	0,94	0,83	Muito bom
mar/07	29,47	29,33	2,35	2,81	1,00	0,89	0,96	0,91	Ótimo
abr/07	30,01	30,25	1,95	2,04	0,82	0,85	0,96	0,88	Ótimo
mai/07	25,77	25,85	4,24	4,14	0,78	0,97	0,99	0,97	Ótimo
jul/07	25,33	25,35	4,36	4,26	0,43	0,99	1,00	0,99	Ótimo
ago/07	28,03	27,62	4,01	3,92	0,60	0,99	0,99	0,99	Ótimo
set/07	32,85	32,51	2,72	2,83	0,71	0,95	0,98	0,96	Ótimo
out/07	31,70	31,70	3,54	3,67	0,69	0,96	0,99	0,97	Ótimo
nov/07	29,20	29,13	2,72	2,83	0,69	0,94	0,98	0,95	Ótimo
dez/07	28,94	29,02	1,55	1,77	1,00	0,68	0,90	0,75	Bom
jan/08	27,87	28,08	1,75	1,82	0,62	0,90	0,97	0,92	Ótimo
fev/08	28,55	28,41	1,76	1,97	0,67	0,89	0,97	0,91	Ótimo
mar/08	28,65	28,52	1,49	1,60	0,97	0,65	0,89	0,72	Bom
abr/08	27,71	27,60	2,55	2,66	0,84	0,90	0,97	0,92	Ótimo
mai/08	24,60	24,69	3,32	3,46	0,46	0,98	1,00	0,99	Ótimo
jun/08	25,17	25,34	2,24	2,23	0,45	0,97	0,99	0,97	Ótimo
jul/08	27,41	27,43	1,44	1,29	0,40	0,93	0,98	0,94	Ótimo
ago/08	30,36	29,95	2,37	1,99	0,74	0,95	0,97	0,95	Ótimo
set/08	30,10	29,86	4,96	4,88	0,54	0,99	1,00	0,99	Ótimo
out/08	29,81	29,98	4,37	4,22	0,76	0,97	0,99	0,98	Ótimo
nov/08	30,76	30,87	1,52	1,66	0,85	0,74	0,93	0,80	Muito bom
dez/08	29,54	29,59	2,33	2,44	0,94	0,85	0,96	0,89	Ótimo
jan/09	29,12	29,03	2,46	2,53	0,80	0,90	0,97	0,92	Ótimo

fev/09	28,57	28,51	2,06	2,10	0,63	0,91	0,98	0,93	Ótimo
mar/09	28,99	29,37	1,99	1,74	0,76	0,90	0,96	0,91	Ótimo
abr/09	28,80	29,04	0,78	1,01	0,63	0,67	0,87	0,72	Bom
mai/09	26,92	27,10	3,16	3,26	0,43	0,99	1,00	0,99	Ótimo
jun/09	24,71	24,81	3,35	3,32	0,37	0,99	1,00	0,99	Ótimo
jul/09	26,44	26,36	4,17	4,06	0,46	0,99	1,00	0,99	Ótimo
ago/09	28,17	27,86	3,95	3,73	0,50	0,99	1,00	0,99	Ótimo
set/09	29,62	29,60	4,28	4,16	0,92	0,95	0,99	0,96	Ótimo
out/09	30,40	30,12	2,48	2,56	1,25	0,78	0,94	0,83	Muito bom
nov/09	29,63	29,77	2,62	2,71	1,02	0,86	0,96	0,89	Ótimo
dez/09	28,33	28,44	2,14	2,36	1,01	0,82	0,95	0,86	Ótimo
jan/10	28,57	28,69	2,02	2,46	1,32	0,71	0,91	0,77	Muito bom
fev/10	29,50	29,61	2,33	2,44	1,24	0,75	0,93	0,81	Muito bom
mar/10	30,04	29,94	1,57	1,74	1,05	0,65	0,90	0,72	Bom
abr/10	29,15	29,19	2,21	2,39	0,93	0,85	0,96	0,88	Ótimo
mai/10	25,16	25,23	3,91	3,94	0,74	0,97	0,99	0,97	Ótimo
jun/10	26,62	26,83	2,29	2,41	0,45	0,98	0,99	0,98	Ótimo
jul/10	25,52	25,44	5,60	5,53	0,47	0,99	1,00	0,99	Ótimo
ago/10	29,03	28,78	4,10	3,83	0,66	0,98	0,99	0,98	Ótimo
set/10	32,22	32,14	3,44	3,38	0,64	0,97	0,99	0,97	Ótimo
out/10	31,01	30,95	2,84	2,94	0,83	0,92	0,98	0,94	Ótimo
nov/10	29,40	29,43	2,22	2,35	0,85	0,87	0,96	0,90	Ótimo
dez/10	29,65	29,63	1,92	1,92	0,33	0,97	0,99	0,98	Ótimo
jan/11	29,10	29,03	1,13	1,27	0,63	0,76	0,93	0,81	Muito bom
fev/11	28,74	28,63	0,87	1,10	0,52	0,79	0,93	0,82	Muito bom
mar/11	27,57	27,52	1,12	1,48	0,91	0,62	0,87	0,68	Bom
abr/11	28,42	28,45	1,66	1,94	0,72	0,87	0,96	0,89	Ótimo
mai/11	25,88	26,16	2,16	2,26	0,49	0,97	0,99	0,97	Ótimo
jun/11	25,25	25,67	3,38	3,50	0,61	0,99	0,99	0,98	Ótimo
jul/11	27,32	27,26	3,00	2,94	0,52	0,97	0,99	0,98	Ótimo
ago/11	28,60	28,35	6,09	5,78	0,69	0,99	1,00	0,99	Ótimo
set/11	32,22	32,04	2,96	3,09	0,89	0,92	0,98	0,94	Ótimo
out/11	29,82	29,97	3,15	3,03	0,76	0,94	0,98	0,96	Ótimo
nov/11	30,12	30,34	1,99	2,13	0,74	0,89	0,97	0,91	Ótimo
dez/11	29,85	30,00	2,22	2,31	0,58	0,94	0,98	0,95	Ótimo
jan/12	28,28	28,47	1,91	2,20	0,99	0,81	0,94	0,84	Muito bom
fev/12	28,81	28,61	1,80	2,23	1,32	0,61	0,88	0,69	Bom
mar/12	29,06	29,03	1,58	1,78	0,68	0,86	0,96	0,89	Ótimo
abr/12	28,19	28,45	2,87	3,02	0,82	0,94	0,98	0,95	Ótimo
mai/12	25,39	25,60	1,86	1,95	0,40	0,97	0,99	0,97	Ótimo
jun/12	24,80	25,04	3,08	3,14	0,45	0,99	0,99	0,99	Ótimo
jul/12	25,09	25,15	3,20	3,18	0,35	0,99	1,00	0,99	Ótimo
ago/12	28,48	28,07	1,47	1,40	0,50	0,97	0,97	0,95	Ótimo
TOTAL	28,42	28,43	3,39	3,38	0,76	0,95	1,00	0,97	Ótimo

¹ Obs: Observada; ² Est: Estimada.

TABELA 4. Indicadores estatísticos gerados através dos dados de umidade relativa, estimados e observados, no período de 2006 a 2012, referentes à estação meteorológica do município de Coxim (MS)

Mês/Ano	Média (%)		Desvio padrão		EPE (%)	r ²	d	c	Classificação
	¹ Obs.	² Est.	Obs.	Est.					
dez/06	73,25	72,37	11,49	11,85	4,29	0,88	0,97	0,90	Ótimo
jan/07	74,66	74,41	7,91	10,03	5,64	0,69	0,89	0,74	Bom
fev/07	70,56	71,17	8,72	8,68	4,54	0,75	0,93	0,81	Muito bom
mar/07	63,45	63,66	11,19	12,76	3,64	0,93	0,98	0,94	Ótimo
abr/07	56,84	55,13	7,30	8,32	4,30	0,78	0,92	0,81	Muito bom
mai/07	57,15	57,31	12,81	13,29	3,09	0,95	0,99	0,96	Ótimo
jul/07	48,45	49,34	14,01	12,98	2,14	0,99	0,99	0,99	Ótimo
ago/07	38,32	41,02	14,40	13,88	3,37	0,98	0,99	0,98	Ótimo
set/07	28,79	30,56	10,22	9,74	2,57	0,97	0,98	0,97	Ótimo
out/07	53,67	54,01	16,92	16,92	2,55	0,98	0,99	0,98	Ótimo
nov/07	75,03	75,41	6,29	6,56	1,73	0,93	0,98	0,95	Ótimo
dez/07	76,48	76,67	5,13	5,36	2,08	0,86	0,96	0,89	Ótimo
jan/08	80,83	81,14	4,41	4,48	1,49	0,90	0,97	0,92	Ótimo
fev/08	75,55	76,48	5,89	5,85	1,88	0,93	0,97	0,93	Ótimo
mar/08	74,70	75,49	5,74	5,94	2,32	0,87	0,96	0,89	Ótimo
abr/08	74,27	74,66	7,45	7,29	1,57	0,96	0,99	0,97	Ótimo
mai/08	72,19	71,72	6,48	6,75	1,79	0,93	0,98	0,95	Ótimo
jun/08	68,26	67,83	8,03	8,19	1,29	0,98	0,99	0,98	Ótimo
jul/08	48,92	49,86	5,09	4,44	1,57	0,95	0,97	0,95	Ótimo
ago/08	45,72	47,94	11,20	9,93	3,13	0,97	0,98	0,96	Ótimo
set/08	42,89	44,13	14,16	13,54	2,10	0,99	0,99	0,99	Ótimo
out/08	63,45	63,58	12,96	12,33	2,57	0,96	0,99	0,97	Ótimo
nov/08	62,30	62,98	8,35	8,63	2,79	0,90	0,97	0,92	Ótimo
dez/08	65,35	66,54	12,34	11,88	3,44	0,93	0,98	0,95	Ótimo
jan/09	64,23	65,17	12,21	11,27	3,28	0,94	0,98	0,95	Ótimo
fev/09	73,70	74,63	8,37	8,10	1,91	0,96	0,99	0,97	Ótimo
mar/09	71,49	70,71	7,47	6,63	2,73	0,88	0,96	0,90	Ótimo
abr/09	61,98	62,12	8,89	9,01	1,56	0,97	0,99	0,98	Ótimo
mai/09	63,21	62,75	10,01	10,11	1,52	0,98	0,99	0,98	Ótimo
jun/09	60,61	61,03	11,81	11,64	1,53	0,98	1,00	0,99	Ótimo
jul/09	56,41	57,44	12,95	12,40	1,98	0,98	0,99	0,99	Ótimo
ago/09	47,69	50,05	13,96	13,48	2,98	0,98	0,99	0,98	Ótimo
set/09	53,55	54,68	14,85	14,08	2,87	0,97	0,99	0,97	Ótimo
out/09	58,02	59,97	11,27	11,45	4,74	0,96	0,96	0,94	Ótimo
nov/09	68,06	68,59	10,85	10,90	3,37	0,91	0,98	0,93	Ótimo
dez/09	73,77	74,23	8,67	9,21	3,34	0,87	0,96	0,90	Ótimo
jan/10	74,85	75,44	8,00	8,75	3,72	0,82	0,95	0,86	Ótimo
fev/10	71,44	72,05	9,24	9,17	4,30	0,80	0,94	0,84	Muito bom
mar/10	65,35	66,45	9,41	9,11	4,19	0,82	0,95	0,86	Ótimo

abr/10	58,51	58,74	10,59	10,72	3,00	0,92	0,98	0,94	Ótimo
mai/10	59,56	59,31	10,95	11,36	2,90	0,94	0,98	0,95	Ótimo
jun/10	50,82	51,12	5,90	6,44	1,56	0,95	0,98	0,96	Ótimo
jul/10	48,05	49,30	15,75	15,12	2,32	0,99	0,99	0,99	Ótimo
ago/10	30,89	33,04	11,99	11,38	3,02	0,97	0,98	0,97	Ótimo
set/10	33,70	34,73	15,14	14,39	3,53	0,95	0,99	0,96	Ótimo
out/10	45,47	46,49	16,75	17,11	3,66	0,96	0,99	0,97	Ótimo
nov/10	64,62	64,94	14,49	14,74	2,09	0,98	0,99	0,98	Ótimo
dez/10	71,88	72,23	3,73	3,67	1,04	0,93	0,98	0,95	Ótimo
jan/11	74,59	74,90	5,16	5,23	2,37	0,81	0,95	0,85	Muito bom
fev/11	75,08	75,98	4,29	4,95	1,90	0,89	0,96	0,90	Ótimo
mar/11	79,19	79,13	4,94	5,23	2,33	0,80	0,94	0,85	Muito bom
abr/11	62,78	62,46	10,64	11,75	3,12	0,93	0,98	0,95	Ótimo
mai/11	56,26	54,35	6,37	7,35	3,19	0,89	0,95	0,89	Ótimo
jun/11	51,84	50,01	9,33	9,46	2,85	0,95	0,98	0,95	Ótimo
jul/11	43,18	43,95	11,18	11,31	2,42	0,96	0,99	0,97	Ótimo
ago/11	36,36	38,62	15,77	15,09	3,19	0,98	0,99	0,98	Ótimo
set/11	30,43	31,53	12,41	12,94	3,36	0,94	0,98	0,95	Ótimo
out/11	51,75	52,38	14,27	14,12	3,89	0,93	0,98	0,94	Ótimo
nov/11	55,99	55,62	7,39	8,02	3,01	0,86	0,96	0,89	Ótimo
dez/11	62,70	62,72	11,12	10,46	2,03	0,97	0,99	0,98	Ótimo
jan/12	67,62	68,54	7,95	8,07	3,03	0,87	0,96	0,90	Ótimo
fev/12	66,34	67,36	8,63	9,19	3,45	0,87	0,96	0,90	Bom
mar/12	64,47	65,72	7,09	8,37	3,48	0,86	0,95	0,88	Ótimo
abr/12	68,39	68,23	9,62	9,50	2,65	0,93	0,98	0,94	Ótimo
mai/12	66,04	65,51	9,51	10,70	2,37	0,96	0,99	0,97	Ótimo
jun/12	69,07	68,11	7,66	8,63	2,41	0,94	0,98	0,95	Ótimo
jul/12	53,97	53,66	8,86	9,30	1,95	0,96	0,99	0,97	Ótimo
ago/12	35,52	37,43	7,37	6,98	2,34	0,97	0,97	0,96	Ótimo
TOTAL	59,92	60,41	16,57	16,29	2,90	0,97	1,00	0,98	Ótimo

¹Obs: Observada; ²Est: Estimada.

Na Tabela 5 apresenta-se os valores dos indicadores estatísticos totais de temperatura de cada município. Nota-se que o local com maior média observada de temperatura foi o município de Santana do Araguaia (PA), com 30,19°C, e o de menor média observada foi o município de Campo Verde (MT), com 25,95°C. O maior desvio padrão entre os dados observados foi o do município de Coxim (MS) (3,39) e o menor no município de Ariquemes (RO) (2,27).

TABELA 5. Indicadores estatísticos totais, gerados através dos dados de temperatura, estimados e observados, referentes às estações meteorológicas em estudo no presente trabalho

Localidade	Temperatura								Classificação
	Média (°C)		Desvio Padrão		EPE (°C)	r ²	d	c	
	¹ Obs.	² Est.	Obs.	Est.					
Ariquemes	28,68	28,51	2,27	2,28	0,87	0,86	0,96	0,89	Ótimo
Cacoal	29,04	28,79	2,50	2,51	0,93	0,87	0,96	0,90	Ótimo
Vilhena	26,81	26,67	2,59	2,72	0,91	0,89	0,97	0,92	Ótimo
Santana do Araguaia	30,19	30,27	2,71	2,78	0,82	0,91	1,00	0,96	Ótimo
Campo Novo do Parecis	27,49	27,31	2,89	2,87	0,89	0,91	1,00	0,95	Ótimo
Campo Verde	25,95	26,01	2,87	2,98	0,88	0,91	1,00	0,95	Ótimo
Rondonópolis	28,78	28,77	3,12	3,20	0,95	0,91	1,00	0,95	Ótimo
Sinop	28,63	28,59	2,64	2,69	0,84	0,90	1,00	0,95	Ótimo
Coxim	28,42	28,43	3,39	3,38	0,76	0,95	1,00	0,97	Ótimo

¹ Obs: Observada; ² Est: Estimada.

O EPE manteve-se abaixo de um grau centígrado em todos os municípios analisados e o coeficiente de determinação (r²), variou de 0,86 a 0,91. Dos nove locais analisados, seis deles apresentaram índice “d” igual a um, e em todos os locais o índice “c” foi classificado como ótimo. ZANETTI et al., (2006), na validação do modelo ClimaBR, também obtiveram baixos valores de EPE, e valores próximos a um no índice de concordância de Willmott (d). Tais resultados os permitiram concluir que o modelo proposto é capaz de gerar séries sintéticas de precipitação para qualquer localidade brasileira.

Na Tabela 6 apresenta-se os valores dos indicadores estatísticos totais, de umidade relativa, de cada município. A localidade com maior média observada de umidade relativa foi o município de Ariquemes (RO), com 67,06%, e o local com menor média observada foi o município de Santana do Araguaia (PA), com 55,98%.

TABELA 6. Indicadores estatísticos totais, gerados através dos dados de umidade relativa, estimados e observados, referentes às estações meteorológicas em estudo no presente trabalho

Localidade	Umidade Relativa								Classificação
	Média (%)		Desvio Padrão		EPE (%)	r ²	d	c	
	¹ Obs.	² Est.	Obs.	Est.					
Ariquemes	67,06	67,84	13,63	13,16	3,84	0,92	1,00	0,96	Ótimo
Cacoal	60,48	61,65	14,56	13,96	4,14	0,93	1,00	0,96	Ótimo
Vilhena	62,06	62,67	16,58	17,03	4,45	0,93	0,98	0,95	Ótimo
Santana do Araguaia	55,98	55,82	17,72	17,25	3,48	0,96	1,00	0,98	Ótimo
Campo Novo do Parecis	59,55	60,27	16,26	16,05	4,11	0,94	1,00	0,97	Ótimo
Campo Verde	61,13	60,80	19,10	19,33	4,14	0,95	1,00	0,98	Ótimo
Rondonópolis	58,10	58,63	17,41	16,82	3,71	0,96	1,00	0,98	Ótimo
Sinop	59,85	60,24	18,67	18,20	3,77	0,96	1,00	0,98	Ótimo
Coxim	59,92	60,41	16,57	16,29	2,90	0,97	1,00	0,98	Ótimo

¹ Obs: Observada; ² Est: Estimada.

O maior desvio padrão entre os dados observados foi o do município de Campo Verde (MT) (19,10) e o menor no município de Ariquemes (RO) (13,63). O EPE variou de 2,90% (Coxim - MS) a 4,45% (Vilhena - RO) e o coeficiente de determinação (r^2) manteve-se acima de 0,92 em todos os municípios. Em todos os locais o índice "c" foi classificado como ótimo e com exceção do município de Vilhena (RO), todos os demais apresentaram índice "d" igual a um. HAVEROTH et al., (2012), na validação de uma equação para a estimativa da umidade relativa, obtiveram valores do coeficiente de determinação (r^2) acima de 0,84 e do índice de concordância (d) entre 0,87 e 0,97. Com tais resultados, os autores concluíram que a equação proposta estima com fidelidade a variável climatológica.

Na Figura 1 apresenta-se para os diferentes municípios, o ajuste entre os dados de temperatura e umidade relativa observados, para com os estimados. É possível observar uma boa aderência entre os dados nas distintas localidades. Além disso, os dados de temperatura do município de Campo Novo do Parecis (MT), apresentam comportamento semelhante com o abordado por DALLACORT et al., (2010).

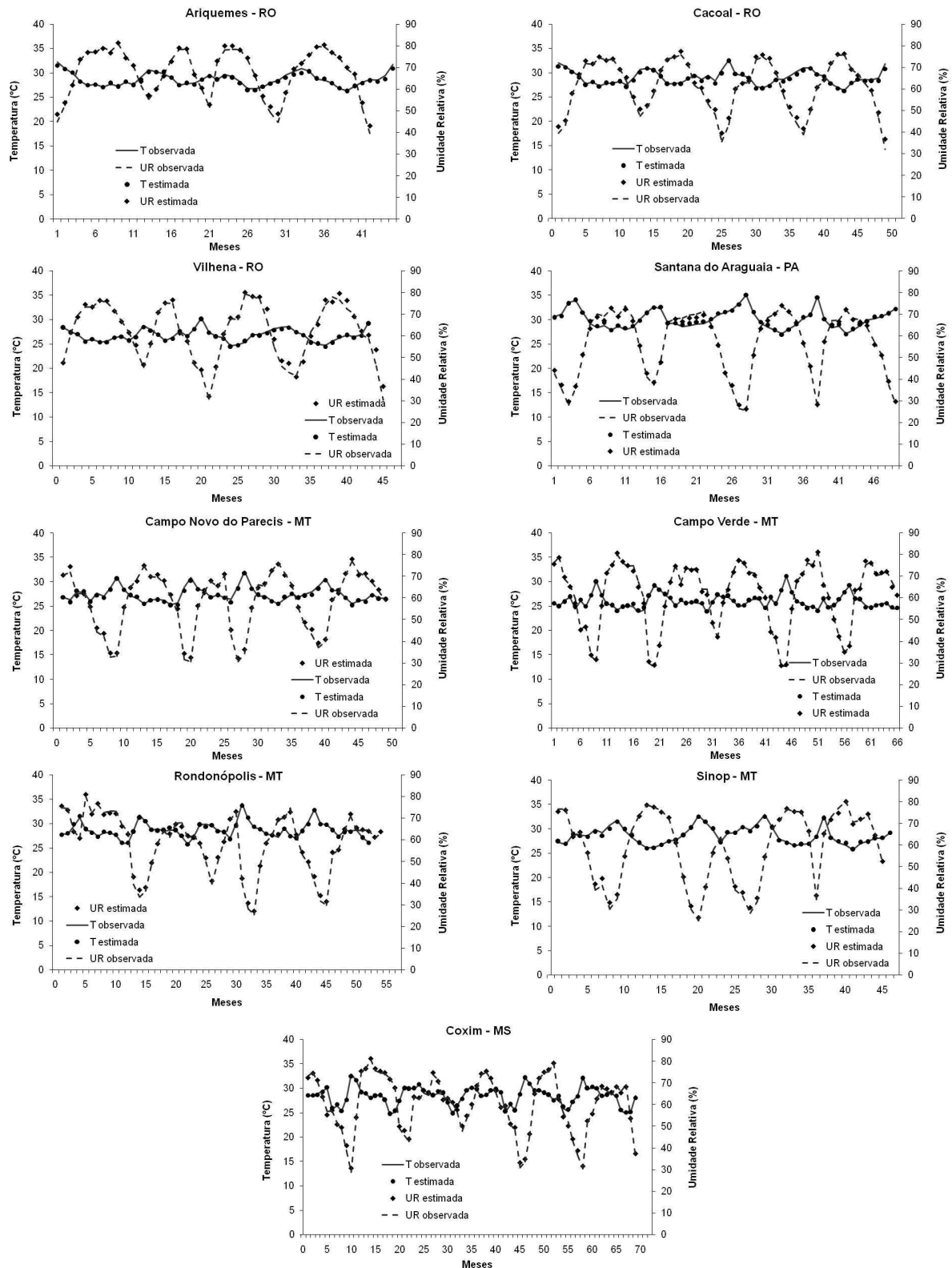


FIGURA 1. Ajuste entre as médias estimadas e observadas de temperatura e umidade relativa, nos municípios de Ariquemes (RO), Cacoal (RO), Vilhena (RO), Santana do Araguaia (PA), Campo Novo do Parecís (MT), Campo Verde (MT), Rondonópolis (MT), Sinop (MT) e Coxim (MS)

O bom comportamento entre os dados estimados e observados nos diferentes locais, apresentados na Figura 1, demonstra que apesar da grande amplitude entre as estações analisadas, os dados mantiveram o mesmo comportamento. Desta forma, fica claro que as equações propostas podem ser aplicadas em dados de temperatura e umidade relativa, provenientes de outras estações meteorológicas.

Na Tabela 7 apresenta-se a quantidade de decêndios estatisticamente diferentes, quando comparados pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Dos 324 decêndios analisados, 2,5% apresentaram diferença na estimativa da temperatura, e 1,2%, na estimativa da umidade relativa do ar, demonstrando o bom desempenho das equações na estimativa de dados em períodos decendiais.

TABELA 7. Localidade, ano, número de decêndios analisados e número de decêndios estatisticamente diferentes, quando comparados pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância, em dados de temperatura e umidade relativa

Localidade	Ano analisado	Nº de decêndios	Nº de decêndios estatisticamente diferentes (Tukey 5%)	
			Temperatura	Umidade Relativa
Ariquemes	2011	36	3	1
Cacoal	2011	36	2	0
Vilhena	2011	36	0	0
Santana do Araguaia	2010	36	0	0
Campo Novo do Parecis	2011	36	1	0
Campo Verde	2011	36	0	0
Rondonópolis	2011	36	1	0
Sinop	2007	36	1	3
Coxim	2011	36	0	0

Com base nos indicadores estatísticos e na comparação das médias decendiais, pode-se afirmar que a Eq. 2, proposta para a estimativa da umidade relativa, apresentou melhor desempenho que a Eq. 1, proposta para a estimativa da temperatura. No entanto, ambas as equações propostas podem ser utilizadas na estimativa de dados de temperatura e umidade relativa média, no período entre 12 h e 22 h (UTC).

A aplicação das equações propostas permite a estimativa da média da temperatura e umidade relativa, no período entre 12 h e 22 h (UTC), com a utilização das variáveis disponíveis apenas nos horários de 12 h e 18 h (UTC). As equações visam principalmente à estimativa de dados, com base em informações oriundas de estações convencionais, uma vez que, estas não fazem o monitoramento constante das variáveis climáticas.

CONCLUSÃO

Os modelos matemáticos propostos para a estimativa da média da temperatura e umidade relativa, no período das 12 h às 22 h (UTC), apresentaram desempenho ótimo, para os municípios estudados nos estados de Rondônia, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Ambas as equações propostas podem ser utilizadas na estimativa de dados de temperatura e umidade relativa em períodos decendiais nestes e em outros locais, devido a não apresentarem dependência local.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, L. P.; DELGADO, R. C.; ALMEIDA, T. S.; WANDERLEY, H. S. Comparação de distintos métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 337-343, 2011.

ANTONINI, J. C. A.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; SANO, E. E. Modelo matemático para a estimativa da temperatura média do ar no Estado de Goiás. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 331-338, 2009.

ARRAES, C. L.; ROCHA, A. M.; MORAES, R. A.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. N.; ZANATA, M. Estimativa da taxa de desmatamento do município de Bannach, Pará – Amazônia legal, utilizando imagens Landsat5/tm. **Revista de Ciências Agrárias (online)**, vol.33, n.2, p. 231-243, 2010.

AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Desperdício de energia em um sistema de irrigação de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 336-341, 1999.

BISCARO, G. A.; **Meteorologia Agrícola Básica**. 1. Ed. Cassilândia – MS: UNIGRAF, 2007, p. 87.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n.1, p. 89-97, 1997.

CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 871-880, 2010.

CHAVES, T. H.; RESENDE, O.; SIQUEIRA, V. C.; ULLMANN, R. Qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante o armazenamento em três ambientes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1653-6162, 2012.

COMPAGNON, A. M.; GAVA, R.; DALPASQUALE, V. A.; MARTINS, C. H. Psicro 2009 - Programa computacional para a determinação das propriedades psicrométricas do ar. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**. v. 3, n. 3, p. 251-269, 2010.

CONFALONIERI, U. E. C. Mudança climática global e saúde humana no Brasil. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 27, p. 323-349, 2008.

COSTA, A. R.; FARONI, L. D.; ALENCAR, E. R.; CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, L. G. Qualidade de grãos de milho armazenados em silo bolsa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 200-207, 2010.

DALLACORT, R. MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; KRAUSE, W. Aptidão agroclimática do pinhão manso na região de Tangará da Serra, MT. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 373-379, 2010.

EVANGELISTA, W.; OLIVEIRA, C. A. S.; SILVA, C. L. Variáveis climáticas e o desempenho de um pivô central em Cristalina Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 246-252, 2010.

FARIA, F. F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, 2008.

FINCO, F. D. B. A.; MOURA, L. L.; SILVA, I. G. Propriedades físicas e químicas do mel de *Apis mellifera* L. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 706-712, 2010.

HAVEROTH, R.; PITZ, J. W.; ELI, K.; NEVES, L. O.; FERNANDES, E. Modelagem para a estimativa da umidade relativa do ar para a cidade de Ituporanga-SC. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15, p. 2474, 2012.

OLIVEIRA, H. L.; AMENDOLA, M.; NÄÄS, I. A. Estimativa das condições de conforto térmico para a avicultura de postura usando a teoria dos conjuntos Fuzzy. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 300-307, 2005.

RESENDE, O.; AFONSO JUNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C.; SIQUEIRA, V. C. Qualidade do café conilon submetido à secagem em terreiro híbrido e de concreto. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 327-335, 2011.

SILVA, J. S.; LOPES, R. C.; LOPES, D. C.; REZENDE, R. C. Princípios básicos de psicrometria. In: SILVA, J. S.; (Ed). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008, Cap. 3, p. 37 – 62.

SOUZA, A.; FERNANDES, W. A.; ALBREZ, E. A.; GALVÍNCIO, J. D. Análise de agrupamento da precipitação e da temperatura no Mato Grosso do Sul. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 6, n. 12, p. 109-124, 2012.

SUZUKI, M. S.; ZAMBOLIM, L.; LIBERATO, J. R. Progresso de doenças fúngicas e correlação com variáveis climáticas em mamoeiro. **Revista Summa Phytopathologica**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 167-177, 2007.

SYPERRECK, V. L. G.; KLOSOWSK, E. S.; GRECO, M.; FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, supl., p. 603-609, 2008.

TURCO, J. E. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação de duas estações meteorológicas automatizadas, para a estimativa diária da evapotranspiração de referência obtida pelo método de Penman-Monteith. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 339-354, 2008.

URAMOTO, K.; WALDER, J. M. M.; ZUCCHI, R. A. Flutuação populacional de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha schiner*, 1868 (*Diptera*, *Tephritidae*) no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 459-465, 2003.

WILMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.

ZACHARIAS, A. O.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. C.; Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 249-265, 2008.

ZANETTI, S. S.; OLIVEIRA, V. P. S.; PRUSKI, F. F. Validação do modelo ClimaBR em relação ao número de dias chuvosos e à precipitação total diária. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 96-102, 2006.