

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

DANIEL FERNANDES HONÓRIO

**ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO SOLO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA
DO AR PARA UBERLÂNDIA-MG**

**Uberlândia – MG
Maio - 2008**

DANIEL FERNANDES HONÓRIO

**ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO SOLO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA
DO AR PARA UBERLÂNDIA-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Hudson de Paula Carvalho

**Uberlândia – MG
Maio - 2008**

DANIEL FERNANDES HONÓRIO

**ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO SOLO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA
DO AR PARA UBERLÂNDIA-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela banca examinadora em 21/05/2008

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo
Membro da Banca

Eng. Agrº. Leonardo da Silva Araújo
Membro da Banca

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho
Orientador

RESUMO

Estudos que relacionam a temperatura do solo com a temperatura do ar são de grande utilidade para produtores técnicos, e extensionistas. Nesse sentido, foi desenvolvido este trabalho o qual se fundamentou no desenvolvimento de equações visando estimar a temperaturas do solo nas profundidades de 5, 10, 20, 50 e 100 cm em solo gramado e limpo a partir da temperatura do ar (em abrigo meteorológico padrão), num Latossolo Vermelho, para Uberlândia - MG, no período compreendido de 1998 a 2006. A avaliação do desempenho das análises de regressão foi baseada nos coeficientes de correlação de Pearson (r), de concordância de Willmott (d) e de desempenho de Camargo (c). Pôde-se concluir que a estimativa da temperatura do solo com base na temperatura do ar apresentou maior exatidão em solo limpo, e nas respectivas profundidades de 10, 20 e 5 cm; a presença de cobertura vegetal reduziu sobremaneira a correlação entre as temperaturas do ar e do solo, quando comparada com o solo limpo, independente da profundidade de avaliação.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 5 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 7 |
| 2.1 Importância da temperatura do solo para diversas áreas agronômicas..... | 7 |
| 2.2 Métodos e equipamentos de medição de temperatura | 8 |
| 2.3 Processos de estimativa de temperatura do solo em função da temperatura do ar..... | 9 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 11 |
| 3.1 Local de estudo e classificação climática..... | 11 |
| 3.2 Dados climatológicos | 11 |
| 3.3 Equação de regressão..... | 12 |
| 3.4 Avaliação do desempenho das equações | 12 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 15 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 22 |
| REFERÊNCIAS | 23 |

1 INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais fatores responsáveis pela produção agrícola, funcionando como suporte, regulando a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, e ainda fornecendo o calor indispensável para o desenvolvimento vegetal. Com a demanda cada vez maior de alimentos e produtos oriundos da agricultura, e a busca de maiores produtividades, torna-se necessário conhecer a temperatura do solo com que está se trabalhando, bem como o comportamento das plantas diante das diferentes temperaturas.

O processo de condução é responsável pela variação da temperatura do solo ao longo do perfil. Tendo sua superfície aquecida pela radiação solar, ocorre um transporte de calor no sentido descendente, durante o dia. Quando a superfície se resfria, durante a noite, o inverso ocorre, e o transporte de calor passa a ser no sentido ascendente, emitindo radiação na superfície terrestre.

Textura, densidade e umidade são fatores determinantes da temperatura do solo, assim como a presença ou não de cobertura vegetal, que se associam aos fatores supracitados e, influenciam o balanço de energia. Um solo nu está mais sujeito a grandes amplitudes térmicas nas camadas próximas da superfície que um solo com cobertura vegetal, pois esta atua como um isolante térmico do solo.

O relevo também é um importante fator que influencia a temperatura do solo, pois expõe, de diferentes modos, este à radiação solar. O tipo de solo também interfere em sua temperatura, pois a ele estão relacionados características como composição, estrutura, textura, porosidade e cor. Em igualdade de condições, um solo arenoso sofrerá uma maior variação de temperatura do que um solo argiloso, nas camadas superficiais, ao longo do dia, uma vez que este último tem uma maior condutividade térmica.

A temperatura do ar está intimamente relacionada à temperatura do solo, uma vez que o solo aquecido pelas radiações solares emite calor e aquece a atmosfera próxima a superfície terrestre, determinando assim a sua temperatura.

O conhecimento da temperatura do solo, a diferentes profundidades, em estações meteorológicas, se dá de maneira relativamente simples, através de aparelhos denominados geotermômetros, onde é possível fazer a leitura direta da temperatura do solo. Mas estas informações nem sempre estão disponíveis, são desconhecidas, ou mesmo, não são

valorizadas pelo fato de que muitos profissionais não consideram a temperatura do solo como um fator limitante para produção agrícola. No entanto, trabalhos têm revelado que a temperatura do solo influencia diretamente na germinação de sementes, bem como no desenvolvimento das plântulas.

Na região do Triângulo Mineiro as informações sobre a temperatura do solo são escassas. Entretanto, há diversas propriedades agrícolas que dispõem de medidas de temperatura do ar. Diante disso, estudos que relacionam a temperatura do solo com a temperatura do ar são de grande importância e utilidade prática para produtores, técnicos e extensionistas que atuam nessa região.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo elaborar equações para a estimativa da temperatura do solo a partir da temperatura do ar, obtidas em estação meteorológica convencional e avaliá-las segundo índices de desempenho estatístico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da temperatura do solo para diversas áreas agronômicas

A temperatura do solo exerce influência no processo de gênese do próprio solo, na atividade dos microorganismos lá existentes e conseqüentemente, na degradação da matéria orgânica, na aeração e umidade do solo, no fluxo de água e também na sua retenção. Além disso, influi na fisiologia das plantas podendo retardar ou acelerar a germinação de sementes e o crescimento radicular (ORTOLANI; PINTO, 1972).

Silva et al. (2001) mostraram, para condições climatológicas de inverno na região centro sul do Estado de Alagoas, que a modificação do microclima através da utilização do plástico agrícola, o qual é usado para manter a temperatura do solo levemente mais elevada, contribuiu para o aumento da produção da cultura da alface.

A diminuição da amplitude térmica provocada pela cobertura morta com palha de arroz (1 cm de espessura) ocasionou um significativo acúmulo de matéria seca e verde, para a cultura da Salsa Graúda Portuguesa (EVANGELISTA et al., 2007).

Amanajás et al. (2007) concluíram que para a maior parte das lavouras, as temperaturas do solo são evidentemente mais importantes que as temperaturas do ar, uma vez que influenciam diretamente na germinação e emergência das plântulas. Os autores mostraram também, que a análise da temperatura do solo é essencial para estudos de produtividade, pois influencia diretamente a germinação, a emergência, o crescimento do vegetal e até mesmo a estocagem e armazenamento de alguns produtos agrícolas.

Estudos feitos em Alegre-ES mostraram que a cobertura morta por palha de café provocou redução da temperatura do solo, principalmente nas horas mais quentes do dia, e esta diminuição é função da quantidade de palha e do teor de água no solo (PEZZOPANE et al., 1996).

Kunz et al. (2002) estudaram o efeito de diferentes sistemas de manejo na temperatura do solo durante o ciclo do feijoeiro, e demonstraram que estes interferem na temperatura do solo, mostrando o efeito benéfico da cobertura vegetal na lavoura propiciado pelo sistema de plantio direto, que causou uma diminuição das temperaturas extremas as quais o solo esteve sujeito.

De acordo com Maluf et al. (2000), a ocorrência de temperatura do solo adequada a 5 cm de profundidade, permite antecipar o início do período de semeadura de culturas de verão para os meses de julho, agosto e setembro, fazendo o escalonamento de acordo com a temperatura adequada, nas diversas regiões do Estado do Rio Grande do Sul.

No interior de florestas a temperatura do solo apresenta uma menor amplitude térmica. Pezzopane et al. (2002) estudaram a temperatura do solo no interior de um fragmento de floresta secundária semidecidual, comparando médias em duas épocas do ano: fim da estação seca e meio da estação chuvosa. Eles observaram que quando comparada as temperaturas do solo de uma área aberta e do interior da supracitada floresta, houve uma redução média de 5,4 °C.

Eltz e Rovedder (2005) analisaram a relação entre a degradação do solo e sua temperatura no sudoeste do Rio Grande de Sul, e chegaram a conclusão que a presença de cobertura vegetal ameniza a temperatura do solo a 3, 10 e 20 cm, durante o verão, em relação a área degradada. Concluíram também que em área degradada as amplitudes térmicas são maiores, principalmente na primavera e no outono.

A temperatura do solo exerce influência também na flutuação populacional e incidência de insetos. Ávila et al. (2002) tentaram prever a ocorrência de *Diabrotica speciosa* utilizando o modelo de graus-dia de laboratório e observou que a temperatura do solo é mais indicada que a temperatura do ar, para prever a ocorrência deste inseto no campo.

2.2 Métodos e equipamentos de medição de temperatura

Há vários equipamentos responsáveis pela medição de temperatura. Para temperatura do ar os mais comuns são os termômetros baseados no princípio de dilatação de líquido, álcool ou mercúrio, que ficam encerrados no interior de um capilar de vidro, e se dilatam ou se contraem de acordo com o aquecimento ou resfriamento.

Dentro dos vários termômetros de um posto agrometeorológico destinados à medição da temperatura do ar, têm-se os termômetros de máxima e de mínima, o psicrômetro composto de dois termômetros, e um termômetro para medir a temperatura naquele instante, onde a leitura é feita em horários pré-determinados (PEREIRA et al., 2002).

Não obstante, para medir a temperatura do solo são utilizados geotermômetros, que são termômetros especiais de líquido em vidro, neste caso o líquido é o mercúrio. O bulbo sensor do termômetro fica enterrado, em contato com o solo. Para melhorar a estratificação das leituras, são utilizados geralmente cinco geotermômetros em série, que fornecem os dados da temperatura do solo a diferentes profundidades (cinco, dez, vinte, cinquenta e cem centímetros) (PEREIRA et al., 2002).

As medições são feitas de maneira criteriosa e dependem da responsabilidade do leitor para que tenham confiabilidade. A temperatura máxima deve ser lida nas horas mais frias do dia, e a mínima nas horas mais quentes. As temperaturas do solo e do ar são feitas em horários padronizados pela Organização Meteorológica Mundial, as seis, doze e dezoito horas, UTM (PEREIRA et al., 2002). Todos estes valores são utilizados para calcular as temperaturas médias do ar e do solo e também servem de dados para pesquisas.

2.3 Processos de estimativa de temperatura do solo em função da temperatura do ar

Existem poucos trabalhos no Brasil correlacionando a temperatura do solo e a temperatura do ar. Uma das primeiras pesquisas a respeito foi realizada por Alfonsi e Sentelhas (1996) em Campinas – SP. Esses autores correlacionaram as temperaturas médias do ar e do solo, sendo este último medido a 5, 10, 20, 50 e 100 cm de profundidade. Nessa análise, ajustaram os dados ao modelo de regressão linear simples, gerando equações que predisseram o comportamento da temperatura do solo nas profundidades citadas em função da temperatura do ar. Os autores obtiveram altos valores de coeficiente de determinação, mostrando que há correlação entre as duas variáveis. No entanto, os autores utilizaram dados médios mensais, o que elimina as variações bruscas que ocorrem em base diária.

Segundo Santos et al. (2006), quando se utilizam as temperaturas médias mensais do solo e do ar para a confecção das equações de regressão, a correlação entre estas é mais estreita à medida que se aumenta a profundidade, aumentando assim, o coeficiente de determinação.

Azevedo e Galvani (2003) observaram uma melhora nos coeficientes de determinação obtidos da relação entre a temperatura do ar e a temperatura do solo em diferentes profundidades se considerado o atraso de algumas horas da propagação da onda de calor.

Frequentemente simulações são feitas e coeficientes são gerados com o intuito de verificar a fidelidade de uma estimativa. Camargo e Sentelhas (1997) fizeram uso de um novo índice, criado por eles e chamado de índice de confiança ou desempenho “c”, que por sua vez é produto de dois outros índices de avaliação de desempenho, são eles: coeficiente de correlação “r” de Pearson (MORETTIN; BUSSAB, 2003) e de concordância “d” de Willmott (WILLMOT et al., 1985). Esses três índices são os mais utilizados na avaliação de modelos matemáticos no meio agrônomo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo e classificação climática

O presente estudo foi realizado no município de Uberlândia-MG, sendo os dados climatológicos necessários para a elaboração do mesmo, oriundos da Estação Uberlândia, localizada a 18° 55' 08,9" S, 48° 15' 21,7" W e 880,88 metros de altitude. A referida estação é pertencente ao 5º Distrito de Meteorologia, ligado ao Instituto Nacional de Meteorologia (5º DISME/INMET) e operada pelo Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU). O clima da região segundo a classificação de Köpen é do tipo "Aw".

3.2 Dados climatológicos

Para elaboração das equações de regressão foram utilizados dados da temperatura do ar e do solo, sendo que este último medidos a 5, 10, 20, 50 e 100 cm, em solo coberto com grama batatais (*Paspalum notatum* L.) mantida com altura entre 8 e 15 cm e em solo limpo. O solo onde estavam instalados os geotermômetros é do tipo Latossolo Vermelho e de textura argilosa. Para as profundidades de 5, 10, 20 cm tanto para solo coberto quanto limpo foram utilizados dados de 01/01/1998 a 31/12/2006, já para profundidade de 50 cm e solo gramado não foi possível à confecção da equação de regressão por não existirem dados suficientes. Para 100 cm e solo gramado os dados foram coletados de 01/01/1998 a 12/10/2003 e ainda para 100 cm e solo limpo de 01/02/1999 a 19/06/2002.

A fórmula utilizada para o cálculo da temperatura média diária do ar foi a adotada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET):

$$T_{méd} = \frac{T_{9h} + T_{máx} + T_{mín} + 2 \cdot T_{21h}}{5} \dots\dots\dots \text{Eq.1}$$

Em que:

$T_{méd}$ = temperatura média do ar, °C;

T_{9h} = temperatura do ar medida às 9 horas, °C;

$T_{máx}$ = temperatura máxima do ar, °C;

T_{\min} = temperatura mínima do ar, °C;

T_{21h} = temperatura do ar medida às 21 horas, °C.

Por não haver padronização, a temperatura média do solo foi calculada com base na Equação 2.

$$T_{\text{méd}} = \frac{T_{9h} + T_{15h} + T_{21h}}{3} \dots\dots\dots \text{Eq. 2}$$

Em que:

$T_{\text{méd}}$ = temperatura média do solo, °C;

T_{9h} = temperatura do solo medida às 9 horas, °C;

T_{15h} = temperatura do solo medida às 15 horas, °C;

T_{21h} = temperatura do solo medida às 21 horas, °C.

3.3 Equação de regressão

Os dados de temperatura média diária do ar e do solo foram inseridos no software Statística 5.0 o qual foi usado para gerar equações, através de regressão linear simples, sendo a variável independente a temperatura do ar e a dependente, a temperatura do solo. Para cada profundidade do solo foi gerada uma equação.

3.4 Avaliação do desempenho das equações

Com o intuito de se avaliar o desempenho das equações efetuaram-se várias simulações desta variável climatológica, comparando-se a média dos valores obtidos com a média dos valores simulados por cada equação de regressão gerada. Para tanto, utilizaram-se os seguintes indicadores de desempenho estatístico: o coeficiente de correlação de Pearson (r), o índice de concordância de Willmott (d) e o índice de desempenho de Camargo (c).

Para medir a precisão a qual indica o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média, ou seja, o erro aleatório foi utilizado, o coeficiente de correlação de Pearson (r) (Eq.3) (MORETTIN; BUSSAB, 2003).

$$r = \frac{n \left(\sum_{i=1}^n O_i S_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n O_i \right) \left(\sum_{i=1}^n S_i \right)}{\sqrt{\left[\left(n \sum_{i=1}^n (O_i)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n O_i \right)^2 \right] \left[\left(n \sum_{i=1}^n (S_i)^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n S_i \right)^2 \right]}} \dots \text{Eq. 3}$$

Em que:

r = coeficiente de correlação de Pearson, adimensional;

O_i = parâmetro observado no i -ésimo período, °C;

S_i = parâmetro simulado no i -ésimo período, °C.

Para avaliar a exatidão a qual está relacionada ao afastamento dos valores estimados em relação aos observados, foi utilizada uma aproximação matemática, a qual foi dada por um valor designado de índice de concordância de Willmott “ d ” (WILLMOTT et al., 1985) (Eq. 4), onde seus valores variam de zero, para nenhuma concordância, a um, para concordância perfeita.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|S_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \dots \text{Eq. 4}$$

Em que:

d = índice de concordância de Willmott, adimensional;

\bar{O} = média do parâmetro observado não serie histórica, °C;

O_i = parâmetro observado no i -ésimo período, °C;

S_i = parâmetro simulado no i -ésimo período, °C.

Além desses dois índices, foi calculado um índice que avalia o desempenho da equação em prever o comportamento dos dados, denotado de índice “ c ”, ou índice de Camargo (CAMARGO; SENTELHAS, 1997) (Eq. 5).

$$c = r \cdot d \dots \text{Eq. 5}$$

Em que:

c = índice de desempenho de Camargo, adimensional;

r = coeficiente de correlação de Pearson, adimensional;

d = índice de concordância de Willmott, adimensional.

O índice “ c ”, ou índice de Camargo, pode ser interpretado, segundo os autores, conforme explicitado na Tabela 1.

Tabela 1. Critério de interpretação do desempenho do método de estimativa da temperatura, pelo índice “c”, segundo Camargo e 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 | Sofrível |
| 0,41 a 0,50 | Mau |
| $\leq 0,40$ | Péssimo |

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas às dispersões dos pontos em torno das respectivas retas de regressão, as equações bem como seus coeficientes de determinação (R^2) dos estudos de correlação entre as temperaturas médias diárias do ar e do solo gramando para quatro profundidades diferentes (5, 10, 20 e 100 cm).

Nota-se que à medida que se aumentou a profundidade o valor do coeficiente de determinação (R^2) diminuiu, sendo que nas as medições mais próximas a superfície o decréscimo é menor. Por outro lado, para a profundidade de 100 cm ocorreu uma drástica queda em seu valor, denotando a dificuldade em se estimar tal temperatura através da regressão linear simples, concordando com Alfonsi e Sentelhas (1996). No entanto, Santos et al. (2006) verificaram que a correlação foi maior à medida que se aumentou a profundidade, o que contrasta com os resultados deste trabalho, com a ressalva que nos trabalhos citados, os autores utilizaram valores de temperaturas médias mensais.

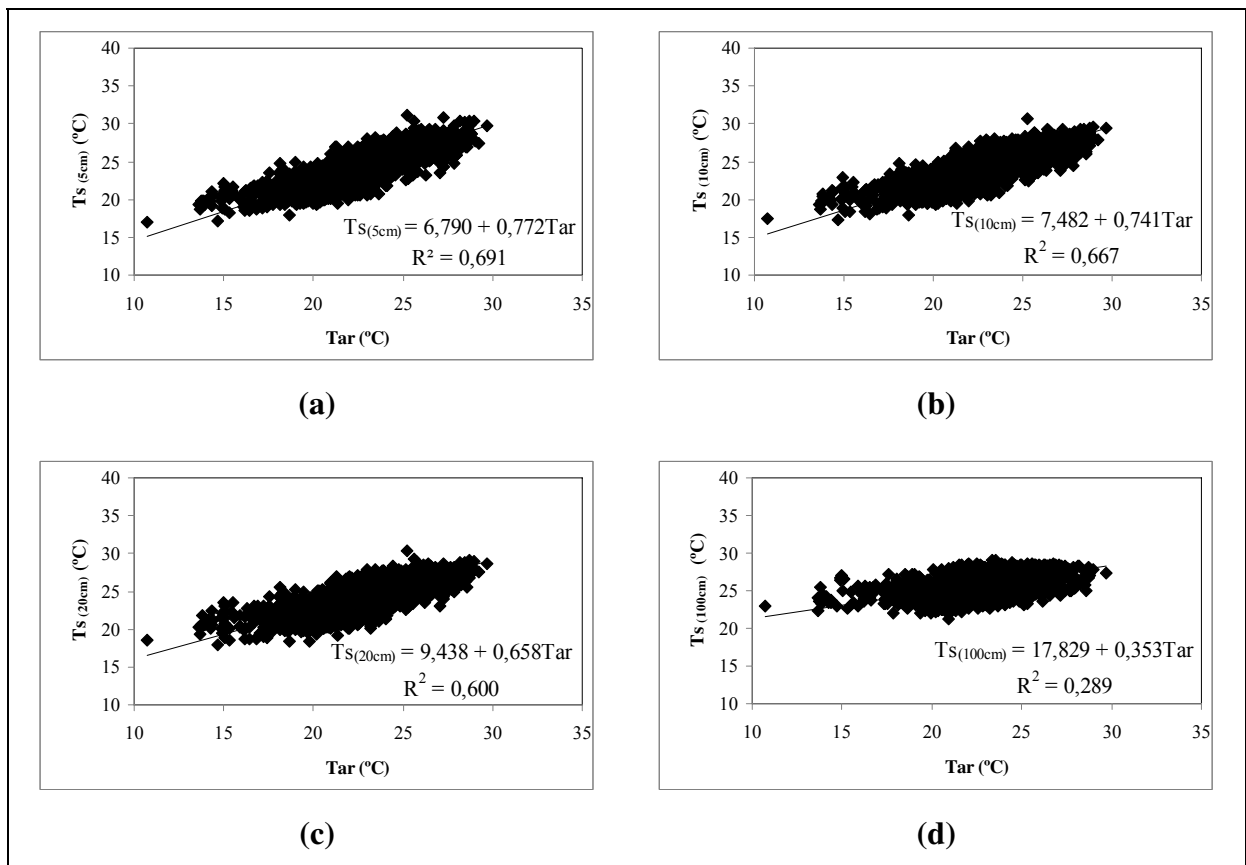


Figura 1. Resultados das análises de regressão linear da temperatura do solo gramado em função da temperatura do ar, nas profundidades de 5 cm (a), 10 cm (b), 20 cm (c) e 100 cm (d). UFU, Uberlândia – MG, 2008.

Ao se observar os índices de desempenho estatístico calculados (Tabela 2), verifica-se que estes acompanharam a tendência constatada pelos coeficientes de determinação (R^2) das equações de regressão geradas, mostrando que para o solo gramado a profundidade em que a regressão linear conseguiu estimar a temperatura do solo com maior exatidão foi a 5 cm.

Na Figura 2 são apresentadas as dispersões dos pontos em torno das respectivas retas de regressão, as equações, bem como seus coeficientes de determinação (R^2) dos estudos de correlação entre as temperaturas médias diárias do ar e do solo limpo para cinco profundidades diferentes (5, 10, 20, 50 e 100 cm).

Analisando a Figura 2b pode-se constatar que a correlação entre as temperaturas do ar e do solo se estreita na profundidade de 10 cm, e para tal profundidade o coeficiente de determinação (R^2) indica que 75,3% da variação da temperatura do solo pode ser explicada pela variação da temperatura do ar. Por outro lado, o mesmo não ocorre nas demais profundidades (Figura 2a, 2c, 2d e 2e), onde os coeficientes de determinação foram menores. Esse resultado apresenta-se conflitante com aqueles encontrados por Alfonsi e Sentelhas (1996) e com Santos et al. (2006).

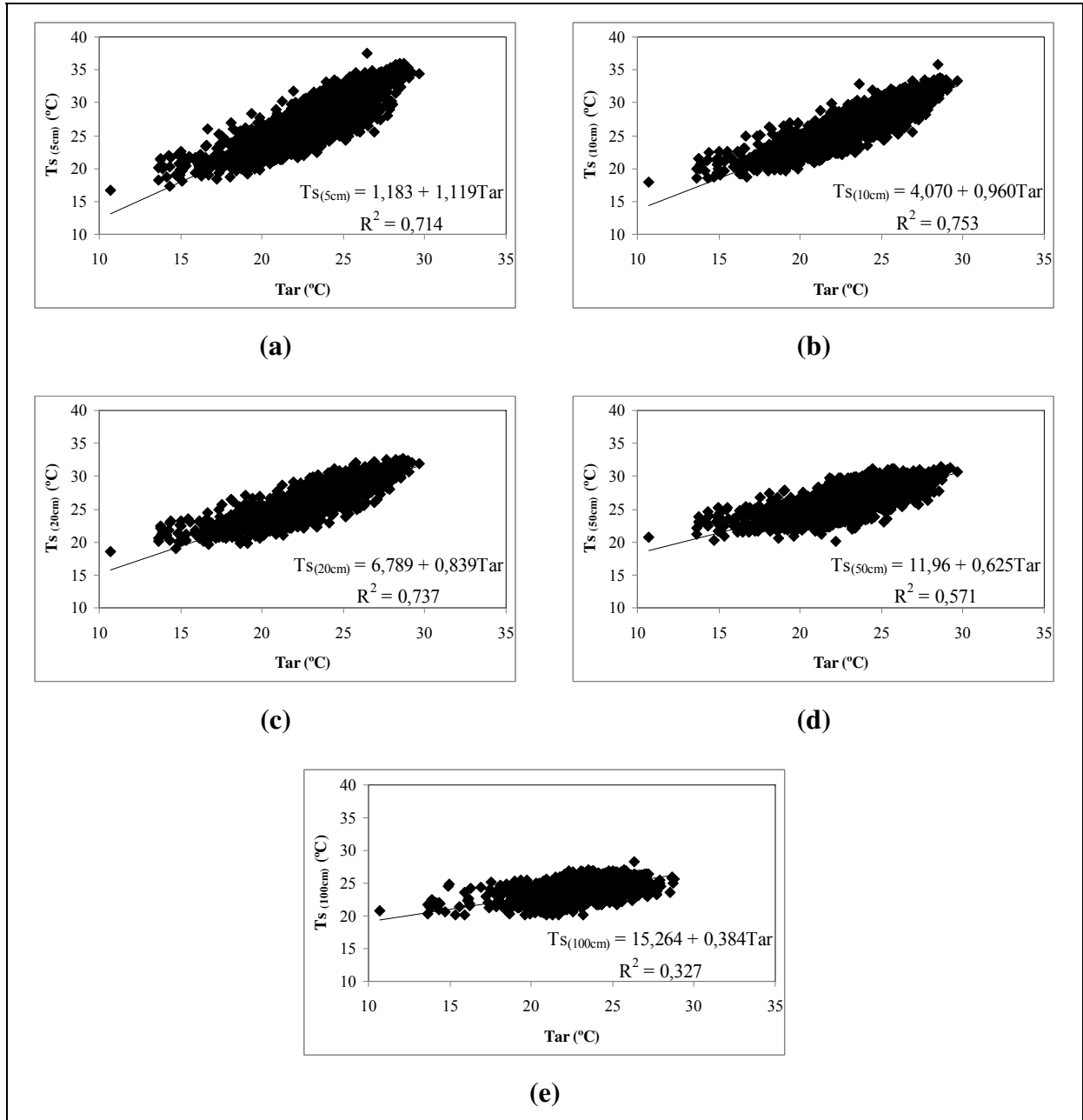


Figura 2. Resultados das análises de regressão linear da temperatura do solo limpo em função da temperatura do ar, nas profundidades de 5 cm (a), 10 cm (b), 20 cm (c), 50 cm (d) e 100 cm (e). UFU, Uberlândia – MG, 2008.

Pautando-se nos índices de desempenho estatístico (Tabela 2), para avaliação do desempenho das equações verificou-se que os mesmos acompanharam a variação dos coeficientes de determinação (R^2). Esse resultado mostrou que a aproximação (temperatura do ar e do solo) foi maior na profundidade de 10 cm. Entretanto, para a profundidade de 100 cm não foi encontrada correlação entre a temperatura do ar e do solo.

Ao se comparar os desempenhos, segundo o índice de Camargo (Tabela 3), de todas as análises de regressão linear, tanto para o solo gramado quanto para o solo limpo, observou-se que as análises elaboradas com dados oriundos do solo limpo proporcionam uma melhor aproximação. Tal comportamento pode ser explicado pela cobertura vegetal, uma vez que, seja ela qual for, provoca uma diminuição da temperatura do solo e também da amplitude térmica que este possa estar sujeito (KUNZ et al., 2002; PEZZOPANE et al., 2002). Essa situação pode influenciar a relação entre a temperatura do ar e do solo, comprometendo o desempenho das equações.

Observando os índices de desempenho estatístico das análises de regressão linear (Tabela 2), e a classificação segundo o índice de Camargo (Tabela 3), para a profundidade de 100 cm, tanto para o solo gramado quanto para o solo limpo, verificou-se que seu desempenho esteve bastante aquém do desempenho das demais equações. Corrobora para esse resultado o fato de ocorrer um atraso da onda de calor ao longo do perfil do solo. Desta maneira, as variações térmicas que ocorrem no ar e na superfície do solo sofrem um retardamento (AZEVEDO; GALVANI, 2003). Concomitantemente, tais variações térmicas podem não ser sentidas a maiores profundidades, diminuindo a correlação da temperatura do ar e do solo nestes locais.

Tabela 2. Resultados dos indicadores de desempenho estatístico, para solo limpo e gramado, nas diversas profundidades avaliadas. UFU, Uberlândia – MG, 2008.

| | Solo Gramado | | | | Solo Limpo | | | | |
|---|--------------|-------|-------|--------|------------|-------|-------|-------|--------|
| | 5 cm | 10 cm | 20 cm | 100 cm | 5 cm | 10 cm | 20 cm | 50 cm | 100 cm |
| d | 0,90 | 0,89 | 0,86 | 0,65 | 0,91 | 0,92 | 0,92 | 0,85 | 0,69 |
| r | 0,83 | 0,82 | 0,77 | 0,54 | 0,85 | 0,87 | 0,86 | 0,76 | 0,57 |
| c | 0,75 | 0,73 | 0,67 | 0,35 | 0,77 | 0,80 | 0,79 | 0,64 | 0,39 |

d = índice de concordância de Willmott, adimensional; r = coeficiente de determinação de Pearson, adimensional; c = índice de desempenho de Camargo, adimensional.

Tabela 3. Desempenho das análises de regressão linear simples para a estimativa da temperatura média diária do solo através da temperatura média diária do ar, segundo o índice de desempenho “c”. UFU, Uberlândia – MG, 2008.

| Regressões | Índice “c” | Desempenho |
|---------------------|------------|------------|
| 10 cm Solo Limpo | 0,80 | Muito Bom |
| 20 cm Solo Limpo | 0,79 | Muito Bom |
| 5 cm Solo Limpo | 0,77 | Muito Bom |
| 5 cm Solo Gramado | 0,75 | Bom |
| 10 cm Solo Gramado | 0,73 | Bom |
| 20 cm Solo Gramado | 0,67 | Bom |
| 50 cm Solo Limpo | 0,64 | Mediano |
| 100 cm Solo Limpo | 0,39 | Péssimo |
| 100 cm Solo Gramado | 0,35 | Péssimo |

Para todos os casos foram elaboradas análises de comparação, através do diagrama de dispersão, entre os valores observados e os simulados de temperatura do solo (Figuras 3 e 4). Observa-se que nas Figuras 3a, 3b e 3c, bem como na 4a, 4b, 4c e 4d, a dispersão dos pares de valores é baixa, conforme mostra a “nuvem” dos pontos dos gráficos. Isso comprova a existência de tendência linear entre os valores comparados. Por outro lado, nas Figuras 3d e 4e percebe-se uma maior dispersão dos valores, indicando que a regressão linear simples não estimou de forma adequada os valores da temperatura média diária do solo a 100 cm de profundidade, com base na temperatura do ar.

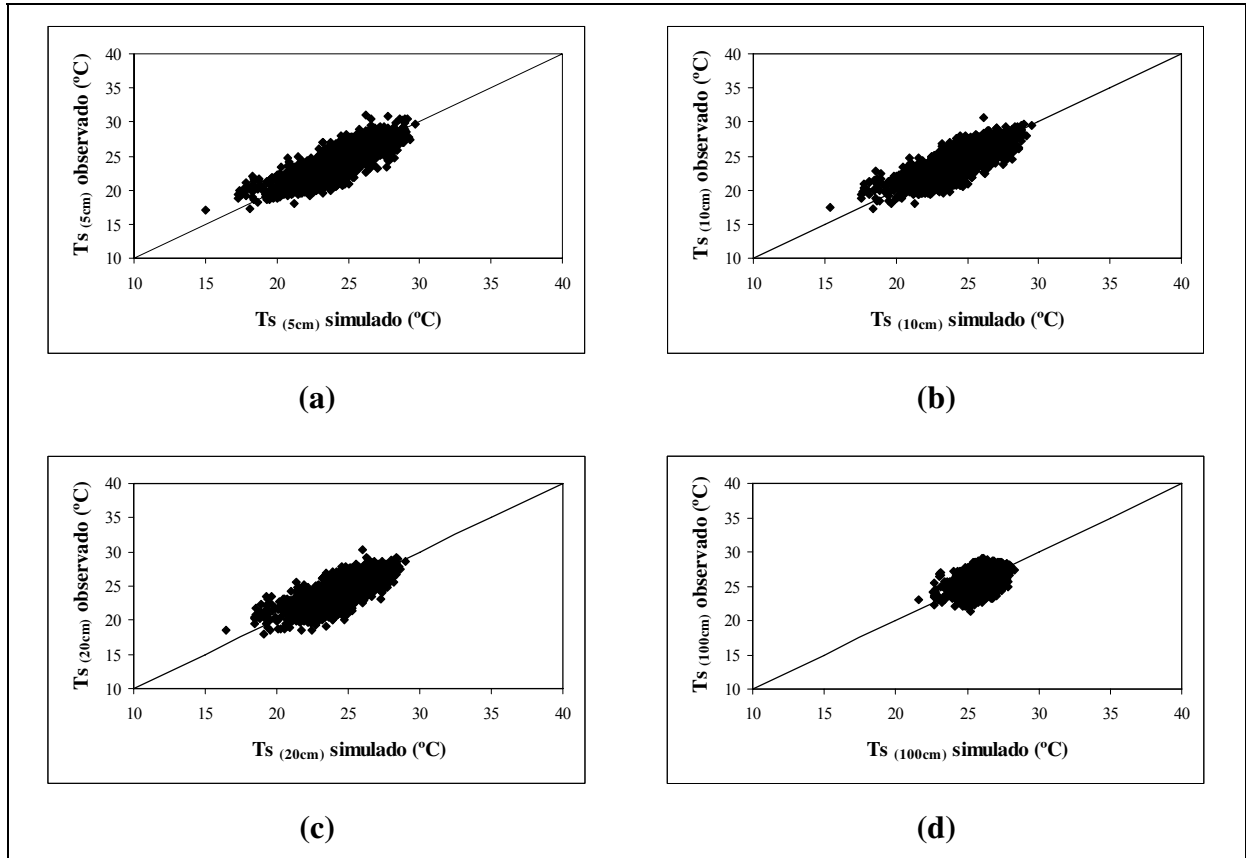


Figura 3. Diagramas de dispersão referente ao estudo da regressão linear simples, dos valores (temperatura do solo) observados, em solo gramado, em função dos valores simulados nas profundidades 5 cm (a), 10 cm (b), 20 cm (c) e 100 cm (d). UFU, Uberlândia – MG, 2008.

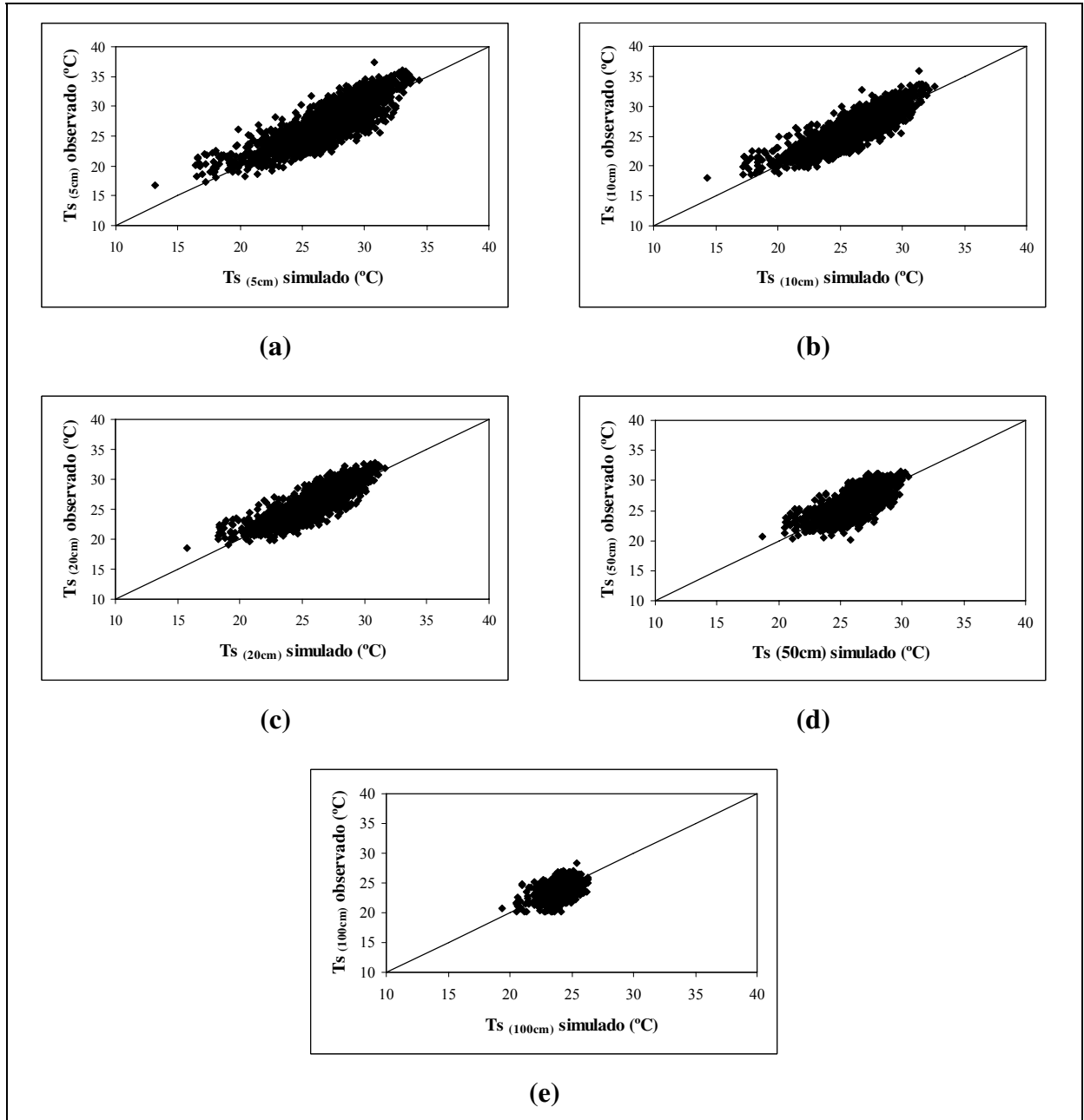


Figura 4. Diagramas de dispersão referente ao estudo da regressão linear simples, dos valores (temperatura do solo) observados, em solo limpo, em função dos valores simulados nas profundidades 5 cm (a), 10 cm (b), 20 cm (c), 50 cm (d) e 100 cm (e). UFU, Uberlândia – MG, 2008.

5 CONCLUSÕES

- A estimativa da temperatura do solo com base na temperatura do ar apresentou maior exatidão em solo limpo, e nas de 10, 20 e 5 cm respectivamente;
- A presença de cobertura vegetal reduziu sobremaneira a correlação entre as temperaturas do ar e do solo, quando comparada com o solo limpo, independentemente da profundidade de avaliação.

REFERÊNCIAS

- ALFONSI, R. R.; SENTELHAS, P. C. Estimativa da temperatura do solo através da temperatura do ar em abrigo meteorológico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 57-61, 1996.
- AMANAJÁS, J. C.; JESUS, E. S.; NEVES, D. N.; CUNHA, A. C. Análise dos dados de temperatura do solo observados no município de Macapá para estudos de produtividade vegetal no estado do Amapá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15. Aracajú - SE. 2007. **Anais...** Sociedade Brasileira de Agrometeorologia – SBAGRO. CDROM.
- AVILA, C. R.; MILANEZ, J. M.; PARRA, J. R. P. Previsão de ocorrência de *Diabrotica speciosa* utilizando-se o modelo de graus-dia de laboratório. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília - DF, v. 37, n. 4, p. 427-432, 2002.
- AZEVEDO, T. R.; GALVANI, E. Ajuste do ciclo médio mensal horário da temperatura do solo em função da temperatura do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 123-130, 2003.
- 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.
- ELTZ, F. L. F.; ROVEDDER, A. P. M. Revegetação e temperatura do solo em áreas degradadas no sudeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 193-200, 2005.
- EVANGELISTA, E. A.; BALZAN, L. A.; CARVALHO JUNIOR, J.; BASSO, M. P.; FERRONATO, A. Efeito da cobertura com resíduos vegetais na temperatura do solo e no crescimento da salsa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15. Aracajú - SE. 2007. **Anais...** Sociedade Brasileira de Agrometeorologia – SBAGRO. CDROM.
- KUNZ, M.; SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M., SEQUINATTO, L.; KAISER, D. R. **Temperatura do solo influenciado pelo sistema de manejo dado ao solo para cultura do feijoeiro**. 2002. Tese (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002. 28p.
- MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; CAIAFFO, M. R. Análise e representação espacial da temperatura de solo desnudo, visando a antecipação da semeadura de culturas de primavera-verão, no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 239-346, 2000.
- MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**, São Paulo: Saraiva, 2003. 526p.
- ORTOLANI, A. A.; PINTO, H. S. Temperatura do solo. In: MONIZ, A.C. (Coord). **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Polígono, 1972. p. 59-76.

PEREIRA, R. A.; ANGELOCCI, R. L.; SENTELHAS, C. P. **Agrometeorologia:** fundamentos e aplicações práticas. Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ USP, Piracicaba. Editora Agropecuária, 2002. 478p.

PEZZOPANE, J. E. M.; CUNHA, G. M.; ARNSHOLZ, E.; JUNIOR, M. C. Temperatura do solo em função da cobertura morta por palha de café. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 7-10, 1996.

PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; COSTA, J. M. N.; CHAVES, J. H. Temperatura do solo no interior de um fragmento de floresta secundária semidecidual. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2002.

SANTOS, T. S.; CAMPOS, A. M. V.; ANDRADE, A. M.; SILVA, A. R. Estimativa da temperatura do solo através da temperatura do ar na cidade de Carpina, Pernambuco, em 2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15. Aracajú - SE. 2006. **Anais...** Sociedade Brasileira de Agrometeorologia – SBAGRO. CDROM.

SILVA, W. C. M.; NASCIMENTO, M. F.; RICIERY, R. P.; AMORIM, R. C. F.; GRIGOLETO, M.W. Temperatura do solo e sua influência na alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA. Maringá – PR. 2001. **Anais...** Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET. CDROM.

WILLMOTT, 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, D. C., v. 90, n. C 5, p. 8995-9005, 1985.