

ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO SOLO ATRAVÉS DA TEMPERATURA DO AR EM ABRIGO METEOROLÓGICO

ESTIMATING SOIL TEMPERATURE FROM SCREEN VALUES

Rogério Remo Alfonsi¹ e Paulo Cesar Sentelhas²

RESUMO

Relacionou-se temperaturas do solo e do ar (em abrigo meteorológico padrão), à várias profundidades, num Latossolo Roxo, para Campinas, Estado de São Paulo. A análise de regressão linear mostrou haver associação entre as médias de temperatura do solo e do ar ($0,90 < R^2 < 0,99$), tanto na escala mensal como na anual. Para o período estudado (1981-1990), as diferenças entre as temperaturas do solo e do ar oscilaram entre 0,2 e 5,0°C para a escala mensal e foram praticamente constantes e iguais a 3,2°C para a escala anual, sendo a temperatura do solo sempre maior do que a do ar.

Palavras-chave: estimativa, temperatura do solo, temperatura do ar, Latossolo Roxo.

SUMMARY

The relationships between soil and air temperature, for a Latossolo Roxo soil at Campinas, São Paulo State, Brazil, were studied. Linear regression analysis showed that there are association between the mean soil and air temperature in all time scales studied ($0.90 < R^2 < 0.99$), i.e., month and year. For the period (1981-1990) the soil and air temperatures differences were 0.2 to 5.0°C in the month scale and they were both constant and equal to 3.2°C in the annual scale. The soil temperature was always greater than air temperature.

¹Pesquisador-Científico, Dr., Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agrônomo (IAC), C.P. 28 Campinas - 13001-970.

²Pesquisador-Científico, Msc., Seção de Climatologia Agrícola (IAC).

Key words: estimative, soil temperature, air temperature, Latossolo Roxo.

INTRODUÇÃO

Embora medições de temperatura do solo a várias profundidades sejam rotineiras em postos meteorológicos, poucos são os estudos que se tem beneficiado de tais observações. Algumas vezes, a não utilização de tal acervo de dados se deve, principalmente, ao desconhecimento de sua existência e, em outras, por se considerar esse fator como não limitante, dando-se maior ênfase ao fator hídrico (ALFONSI et al., 1981). No entanto, a temperatura do solo é fundamental na formação do próprio solo, influenciando na desintegração do material orgânico, na retenção e fluxo de água, na aeração do solo, na movimentação de colóides, no metabolismo e desenvolvimento de microorganismos que habitam o solo, na germinação de sementes e no crescimento do sistema radicular das plantas (ORTOLANI & PINTO, 1972). O solo se comporta como um reservatório de grande capacidade térmica, sendo aquecido durante o dia pela radiação solar e cedendo, durante a noite, parte dessa energia para o aquecimento da atmosfera, atuando como estabilizador térmico.

Entre os trabalhos sobre o comportamento térmico do solo nas condições tropicais, a maioria versa sobre a variação da temperatura em períodos curtos (COSTA & GODOY, 1962) e aplicação de análise harmônica na tentativa de descrever tal variação (DECICO, 1975; DECICO et al., 1977; ALFONSI et al., 1984; STATHERS et al., 1985; MASSMAN, 1992; KUSTAS & DAUGHTRY, 1990), ou descrevem o efeito de diferentes tipos de cobertura sobre a temperatura do solo (DECICO & SANTOS, 1975; BRUNINI et al., 1976; ROODENBURG, 1985; SCHNEIDER et al., 1993).

OLIVEIRA et al. (1979), para solos da região de Viçosa, Minas Gerais, determinaram equações de estimativa da temperatura do solo, a 2 cm de profundidade, a partir da temperatura do ar do mesmo dia ou de dias anteriores. ALFONSI et al. (1981) e BERGAMASCHI & GUADAGNIN (1993), utilizando-se de dados de temperatura do solo obtidos à várias profundidades e em horários fixos, validaram a obtenção de valores médios diários desse parâmetro, através da média aritmética dos valores obtidos nesses horários. No Brasil tais observações são, geralmente, efetuadas às 12, 18 e 24 horas GMT, que, para a maior parte do território brasileiro, corresponde às 9, 15 e 21 horas local. No Estado de São Paulo essas leituras são executadas às 7, 14 e 21 horas.

Em geral, tem sido observado que a média anual de temperatura do solo é praticamente constante com a profundidade, com desvios normalmente menores que 1 a 2°C. Como a temperatura do solo é dependente da radiação solar e condução de calor no solo, pode-se esperar que a média anual de temperatura do ar apresente correlação constante com a temperatura média do solo.

Uma única observação da temperatura do solo na profundidade onde a variação térmica anual é

desprezível, pode ser usada como indicativa da média anual da temperatura do ar, para esse local. Para várias partes do mundo, a média anual da temperatura do solo, nessa profundidade, excede à do ar de 0,5 a 3,0°C (BATES, 1924).

OUELLET (1972), fez comparações entre a temperatura do ar e do solo à várias profundidades, para 36 localidades do Canadá. A média da temperatura anual do solo à profundidades superiores a 50 cm, foi de 3,6°C mais elevada do que o ar, apresentando, no entanto, uma amplitude térmica de 14,5 vezes inferior à do ar. OUELLET (1975) verificou para Ottawa, Canadá, que valores extremos da temperatura do solo à profundidade de 100 cm, ocorreram de 3 a 6 semanas depois da do ar.

Do exposto e da importância de se conhecer a temperatura do solo, esse trabalho objetivou estimar a temperatura média do solo nas profundidades de 2, 5, 10, 20, 40 e 100 cm, à partir de valores da temperatura média do ar, obtidas em abrigo meteorológico padrão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para o presente estudo foram obtidos na estação agrometeorológica do Centro Experimental do Instituto Agrônomo, localizada na cidade de Campinas, Estado de São Paulo, com latitude de 22°53' S, longitude de 47°04' W e altitude de 669 m acima do nível do mar. O solo da área experimental foi caracterizado como Latossolo Roxo, com níveis de argila acima de 60% em todo o perfil. Os dados referentes à temperatura do ar foram obtidos através de termômetro de bulbo seco, instalado em abrigo meteorológico padrão, e os de temperatura do solo obtidos através de geotermômetros, com precisão de 0,2°C, nas profundidades de 2, 5, 10, 20, 40 e 100 cm. O período de análise dos dados foi de 1981 a 1990.

As temperaturas médias do solo e do ar, foram obtidas através das seguintes expressões:

$$T_{ar} = \frac{T_7 + T_{14} + 2T_{21}}{4} \quad e$$

$$T_s = \frac{T_7 + T_{14} + T_{21}}{3}$$

onde **T_{ar}** é a temperatura média do ar, **T_s** a temperatura média do solo, **T₇**, **T₁₄** e **T₂₁** as temperaturas do solo ou do ar referentes às leituras convencionais do posto às 7, 14 e 21 horas local, respectivamente.

Na comparação dos dados médios mensais da temperatura do solo e do ar à várias profundidades, utilizou-se a análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as dispersões dos pontos em torno das respectivas retas de regressão, as equações e respectivos coeficientes de determinação (R^2), dos estudos de correlação entre as temperaturas médias mensais do solo e do ar.

A Tabela 1 e a Figura 2 mostram, respectivamente, os valores médios das médias mensais da temperatura do solo e do ar, e a dispersão dos pontos em torno da reta de regressão e respectivos coeficientes de determinação (R^2), para o período analisado.

Através dos elevados valores dos coeficientes de determinação, nota-se perfeita dependência entre a temperatura do solo à várias profundidades e a temperatura do ar. Essa dependência torna-se mais estreita quando da análise entre os valores médios das médias mensais, o que pode ser verificado pelos valores de R^2 da ordem de 0,99.

Na Tabela 1 verifica-se que a média anual de temperatura do solo é, praticamente, a mesma para as várias profundidades estudadas, variando no curso do ano a amplitude entre os valores mensais. Nota-se também que a diferença entre a média anual da temperatura do solo a qualquer profundidade e a do ar obtida em abrigo meteorológico, é de aproximadamente 3,0 a 3,3°C, concordando com a literatura consultada (OUELLET, 1972).

Através das Figuras 1 e 2 percebe-se que os melhores coeficientes de determinação (R^2), que explicam as correlações entre a temperatura do solo e a do ar, são os relativos às profundidades de 2, 5, 10, 20 e 40 cm. Isso pode ser explicado em razão da variação da temperatura do solo, nessas profundidades, acompanhar as variações da temperatura do ar mais estreitamente, à nível diário e mensal, tornando os valores médios correlacionáveis. Com relação aos dados obtidos à profundidade de 100 cm, as variações da temperatura do solo são somente devido à sazonalidade, com valores mensais menores no período quente, e maiores no inverno, em relação às demais profundidades analisadas, comportamento este que resulta em baixos coeficientes de determinação, quando comparados com os da temperatura do ar.

Os resultados permitem estabelecer equações de regressão entre temperatura do solo e do ar, para determinada região e tipo de solo.

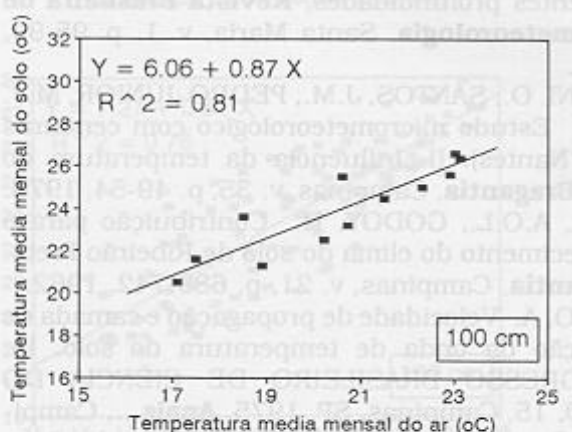
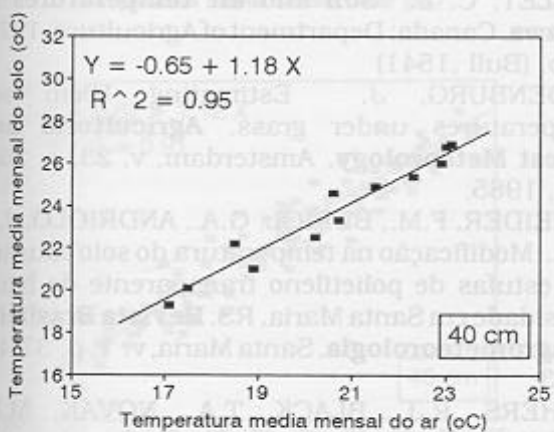
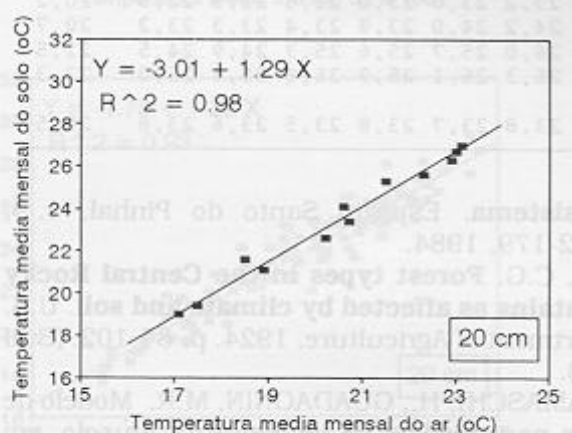
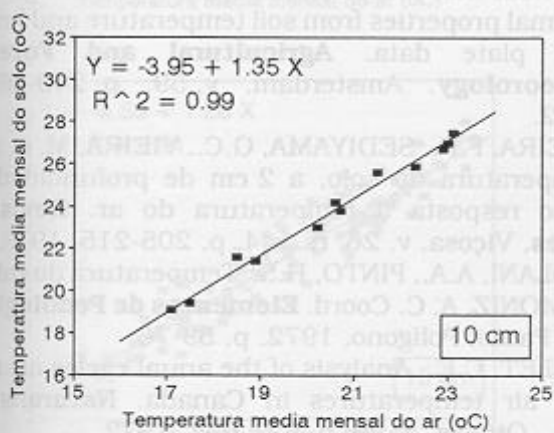
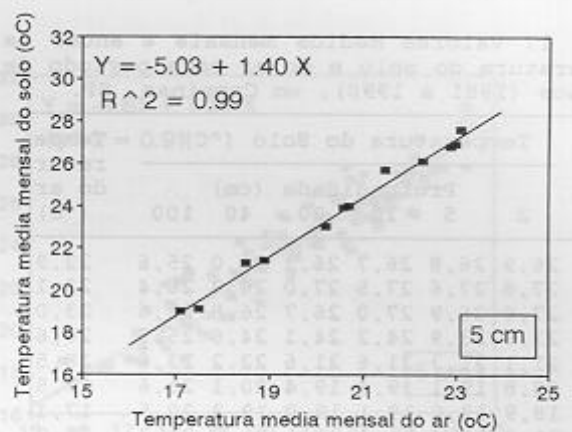
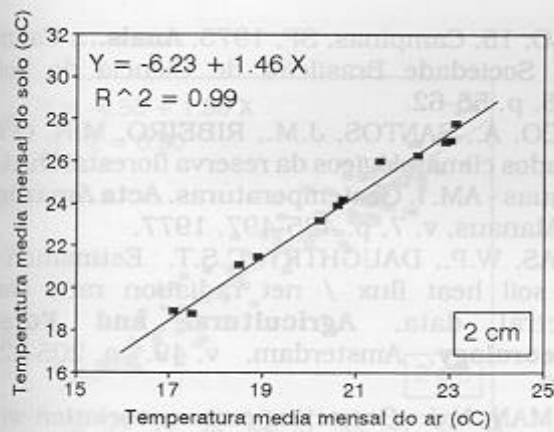


Figura 1. Relação entre a temperatura média mensal do solo, a várias profundidades (2, 5, 10, 20, 40, 100 cm), e a temperatura média mensal do ar, (Campinas, SP, 1981-1990).

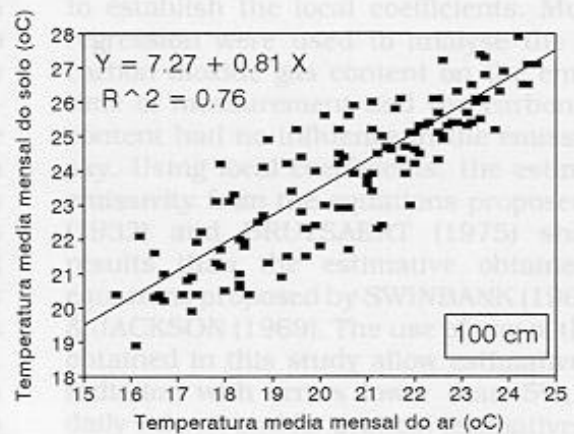
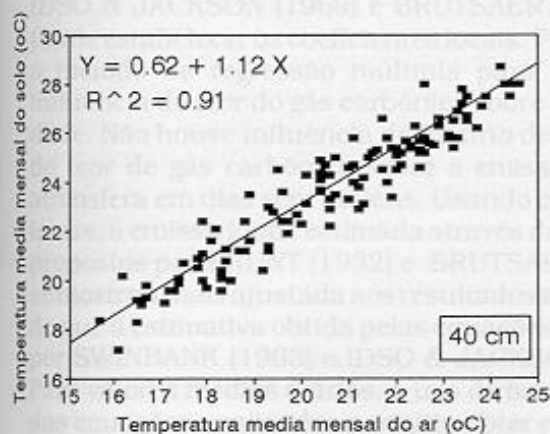
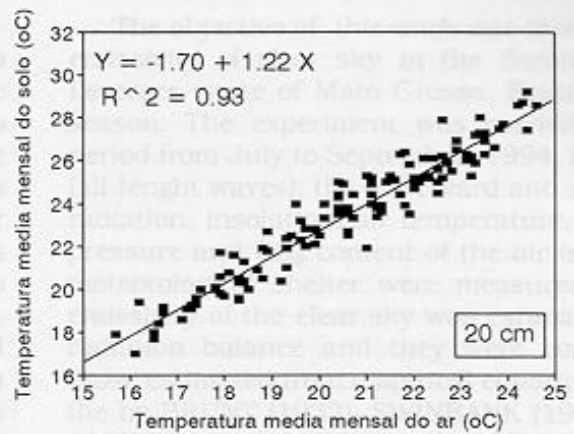
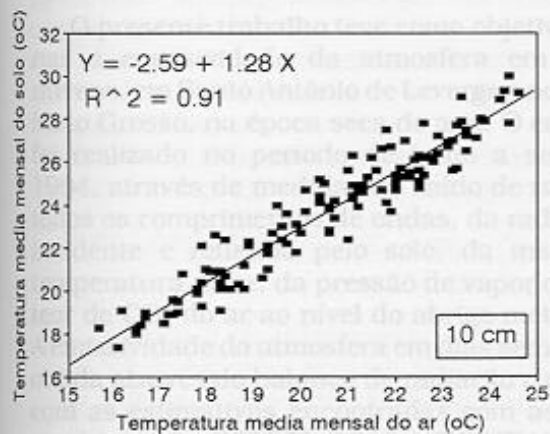
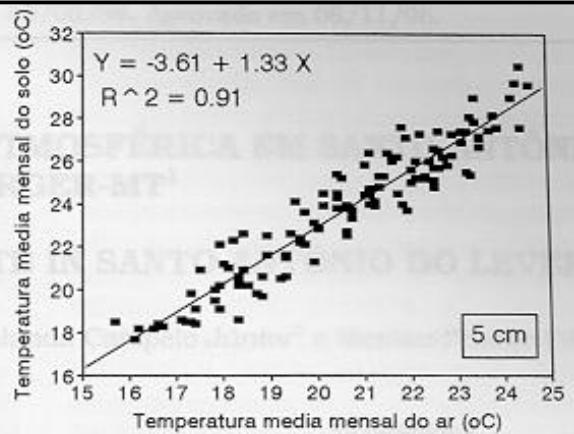
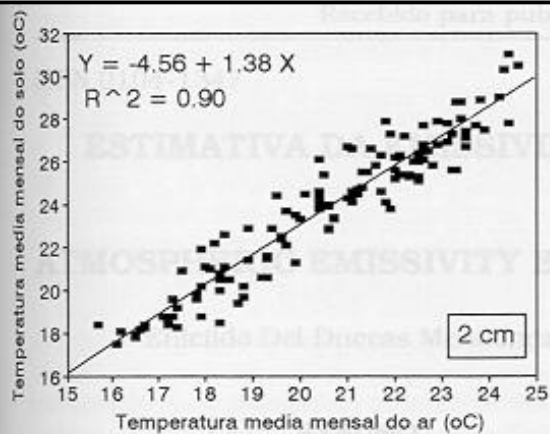


Figura 2. Relação entre a média da temperatura média mensal do solo, a várias profundidades (2, 5, 10, 20, 40, 100 cm), e a média da temperatura média mensal do ar. (Campinas, SP, 1981-1990).

Tabela 1. Valores médios mensais e anual de temperatura do solo e do ar para período de 10 anos (1981 a 1990), em Campinas, SP.

Meses	Temperatura do Solo (°C)						Temperatura do ar (°C)
	Profundidade (cm)						
	2	5	10	20	40	100	
Jan	26,9	26,8	26,7	26,3	26,0	25,6	22,9
Fev	27,8	27,6	27,5	27,0	26,9	26,4	23,1
Mar	27,0	26,9	27,0	26,7	26,8	26,6	23,0
Abr	23,9	23,9	24,2	24,1	24,6	25,5	20,6
Mai	21,1	21,3	21,6	21,6	22,2	23,6	18,5
Jun	18,8	19,1	19,4	19,4	20,1	21,6	17,5
Jul	18,9	19,0	19,1	19,0	19,3	20,5	17,1
Ago	21,5	21,4	21,4	21,1	21,0	21,3	18,9
Set	23,2	23,0	23,0	22,6	22,5	22,5	20,2
Out	24,2	24,0	23,8	23,4	23,3	23,2	20,7
Nov	26,0	25,7	25,6	25,3	24,9	24,5	21,5
Dez	26,3	26,1	25,9	25,6	25,4	25,0	22,3
Ano	23,8	23,7	23,8	23,5	23,6	23,8	20,5

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R.R., PEDRO JÚNIOR, M.J., VILLA NOVA, N.A. et all. Estimativa da temperatura média diária do solo, através de observações convencionais em posto meteorológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 150-152, 1981.
- ALFONSI, R.R., PEDRO JÚNIOR, M.J., PEREIRA, A.R. Variação da difusividade térmica, profundidade de amortecimento e camada de extinção da onda de calor para solo da região de Campinas. **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, p. 172-179, 1984.
- BATES, C.G. **Forest types in the Central Rocky Mountains as affected by climate and soil**. U.S. Department of Agriculture, 1924. p. 84-102. (Bull 1233).
- BERGAMASCHI, H., GUADAGNIN, M.R. Modelo de ajuste para médias de temperatura do solo, em diferentes profundidades. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 95-99, 1993.
- BRUNINI, O., SANTOS, J.M., PEDRO JÚNIOR, M.J. et al. Estudo micrometeorológico com cenouras (var. Nantes). II. Influência da temperatura do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 35, p. 49-54, 1976.
- COSTA, A.O.L., GODOY, H. Contribuição para o conhecimento do clima do solo de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v. 21, p. 689-742, 1962.
- DECICO, A. Velocidade de propagação e camada de extinção da onda de temperatura do solo. In:

- CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, SP, 1975. **Anais...**, Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1975. p. 51-54.
- DECICO, A., SANTOS, J.M. Comportamento térmico do solo sob diferentes condições de cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, SP, 1975. **Anais...**, Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1975. p. 55-62.
- DECICO, A., SANTOS, J.M., RIBEIRO, M.N. et al. Estudos climatológicos da reserva florestal Ducke, Manuas - AM. I. Geotemperaturas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 7, p. 485-497, 1977.
- KUSTAS, W.P., DAUGHTRY, C.S.T. Estimation of the soil heat flux / net radiation ratio from spectral data. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 49, p. 205-223, 1990.
- MASSMAN, N.J. Correcting error association with soil heat flux measurements and estimating soil thermal properties from soil temperature and heat flux plate data. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 59, p. 249-266, 1992.
- OLIVEIRA, F.R., SEDIYAMA, G.C., VIEIRA, M. et al. Temperatura do solo, a 2 cm de profundidade, como resposta à temperatura do ar. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 26, n. 144, p. 205-215, 1979.
- ORTOLANI, A.A., PINTO, H.S. Temperatura do solo. In: MONIZ, A. C. Coord. **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Polígono, 1972. p. 59-76.
- OUELLET, C.E. Analysis of the anual cycles of soil and air temperatures in Canada. **Naturaliste Can.**, Ottawa, v. 99, p. 621-634, 1972.
- OUELLET, C. E. **Soil and air temperatures at Ottawa**. Canada: Department of Agriculture, 1975. 30 p. (Bull ,1541)
- ROODENBURG, J. Estimating 10cm soil temperatures under grass. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 23, p. 205-216, 1985.
- SCHNEIDER, F.M., BURIOL, G.A., ANDRIOLO, J.L. et al. Modificação na temperatura do solo causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 37-42, 1993.
- STATHERS, R.J., BLACK, T.A., NOVAK, M.D. Modelling soil temperature in forest clearcuts using climate station data. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 36, p. 157-164, 1985.