

Júlio Mannuel Tavares Diniz^{1*}

Francisco Cássio Gomes Alvino²

José Raimundo de Sousa Júnior³

José Alberto Calado Wanderley⁴

Edicarlos Pereira de Sousa⁵

Patrício Borges Maracajá⁶

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 15/07/2013. Aprovado em 24/09/2013.

¹ Mestrando em Meteorologia, DCA/UFCG, Campina Grande-PB. E-mail: julio_mannuel@hotmail.com

² Graduando em Agronomia, CCTA/UFCG, Pombal-PB

³ Engº Agrônomo, formado pelo CCTA/UFCG, Pombal-PB

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, Campina Grande-PB, Brasil. e-mail: alberto_agronomo@hotmail.com

⁵ Doutorando em Meteorologia, DCA/UFCG, Campina Grande-PB

⁶ Prof. Doutor, CCTA, UFCG, Pombal, PB.



Características térmicas do solo de João Pessoa-PB

RESUMO

Variações diurnas e sazonais na incidência de radiação solar fazem com que as condições térmicas do solo estejam em permanente alteração. O conhecimento das temperaturas e propriedades térmicas do solo de uma determinada região é de fundamental importância para o entendimento dos vários processos físicos existentes nesse ambiente. Logo, a presente pesquisa tem como objetivo o estudo do comportamento térmico diário do solo através de dados coletados na cidade de João Pessoa-PB, durante os meses de setembro a dezembro do ano de 2012. A partir da análise dos resultados, verificou-se uma progressiva diminuição da variabilidade diária das temperaturas do solo à medida que se avança em profundidade. As estimativas da difusividade térmica do solo, obtidas mediante o emprego de métodos distintos, apresentaram satisfatória concordância.

Palavras-Chaves: Radiação solar, temperatura do solo, variabilidade diária, difusividade térmica, João Pessoa.

Soil's thermal characteristics of João Pessoa-PB

ABSTRACT

SUMMARY: Diurnal and seasonal variations in the solar radiation input makes the thermal conditions of soil is in permanent change. The knowledge of temperatures and soil thermal properties of a given region is of fundamental importance for the understanding of the various physical processes that occurs in this environment. Soon, this research aims to study of daily thermal behavior of soil using data collected in the city of João Pessoa-PB, during the months from september to december of 2012. The estimates of soil thermal diffusivity, obtained by the use of different methods, showed satisfactory agreement.

Key words: Solar radiation, soil temperature, daily variability, thermal diffusivity, João Pessoa.

INTRODUÇÃO

De acordo com Oliveira et al. (2005), o solo é um dos fatores primordiais para a produção agrícola devido à sua capacidade de propiciar condições indispensáveis ao desenvolvimento vegetal (água, nutrientes e calor). Segundo Mota (1983), a temperatura do solo possui maior importância ecológica para a vida vegetal do que a própria temperatura do ar, como é o caso observado em regiões situadas próximas aos pólos e em altitudes elevadas (essas localidades certamente ficariam sem vegetação se não fosse o fato da temperatura do solo ser mais elevada que a do ar).

A temperatura do solo é uma propriedade de natureza física que influi diretamente em uma série de processos ambientais relacionados às plantas, tais como germinação de sementes, velocidade e duração de crescimento, desenvolvimento e atividade radicular, ocorrência e severidade de pragas, etc. (Hillel, 2004). Além disso, comanda a evaporação e arejamento bem como o tipo e a taxa das reações químicas que se realizam no solo (Brady, 1989).

O aquecimento demasiado do solo na fase inicial de estabelecimento das culturas compromete a absorção de nutrientes pelas plantas (Castro, 1989). As altas temperaturas também ocasionam efeitos nocivos sobre as raízes e a atividade microbiana (Furlani et al., 2008). Johnson & Lowery (1985), verificaram em estudos que a variação de 1°C na temperatura do solo pode afetar significativamente a taxa de crescimento do milho em regiões de clima temperado.

Medições de temperatura em diferentes profundidades do solo são rotineiras em estações meteorológicas, porém, são poucos os estudos que têm feito uso de tais observações. Em geral, a não utilização de tal acervo de dados deve-se principalmente por não considerar o fator térmico como limitante na produção agrícola, dando-se maior ênfase ao fator hídrico.

Em particular, a difusividade térmica do solo está diretamente relacionada à capacidade desse meio em conduzir calor através de seu perfil vertical, ou seja, é um indicativo da rapidez com que o calor difunde-se no solo. Como se verifica em Bellaver (2010), diferentes métodos vêm sendo propostos na busca de estimar a magnitude dessa propriedade. A difusividade térmica é função da constituição, granulometria, densidade e estrutura do solo (Silans et al. 2006).

Sabendo-se da sua importância e uma vez que cada tipo de solo possui características próprias, faz-se necessário que sejam identificadas para cada situação particular as suas propriedades térmicas (Rao et al., 2005; Danelichen & Biudes, 2011). Até então, poucos estudos dessa natureza foram realizados pela comunidade científica para os solos da região Nordeste do Brasil. Logo, a presente pesquisa tem como objetivo específico, investigar a variabilidade espaço-temporal das temperaturas e difusividade térmica do solo da cidade de João Pessoa-PB.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados dados obtidos através de uma estação meteorológica automática em funcionamento na cidade de João Pessoa (7,11°S; 34,86°O). Os dados empregados são provenientes de observações realizadas ao longo dos meses de setembro a dezembro do ano de 2012.

Com o objetivo de monitorar o regime térmico diário do solo foram utilizados sensores de temperatura que operam durante 24 horas por dia, instalados em três profundidades distintas do solo dessa região. Os sensores encontram-se, mais especificamente, nas profundidades de 10, 20 e 50 centímetros.

De acordo com Spiegel (1993), o grau ao qual os dados numéricos tendem a dispersar-se em torno de um valor médio chama-se variação ou dispersão dos dados. Dispõe-se de várias medidas de dispersão ou variação, sendo a utilizada nesta pesquisa denominada de coeficiente de variação (CV). A fim de verificar para cada profundidade a variabilidade diária das temperaturas do solo em torno dos respectivos valores médios (referentes a cada ciclo diário), fez-se uso da seguinte equação (Thurman, 2012):

$$\text{Coeficiente de Variação} = \frac{s}{\bar{X}} \times 100\%$$

Em que, s é o desvio padrão e \bar{X} são as médias diárias da temperatura do solo para cada profundidade. Segundo Larson e Farber (2004), pode-se interpretar o resultado do coeficiente de variação da seguinte maneira: quanto menor o CV mais homogêneo é o conjunto de dados e quanto maior o CV mais heterogêneo é o conjunto de dados.

A fim de estimar a difusividade térmica diária média mensal considerou-se o solo um meio homogêneo, isotrópico, sem fontes ou sumidouros de calor, restringindo a análise apenas aos processos que ocorrem na direção vertical. A partir dessas considerações irá ser aplicado o tratamento clássico de condução de calor a um meio homogêneo proposto por Fourier, que permite conhecer as amplitudes e fases da onda de calor (Fideles Filho, 1988).

Uma vez que a difusividade térmica do solo é calculada para certas camadas específicas do solo, faz-se necessário que sejam destacados os critérios adotados nesta pesquisa. Devido à disponibilidade de dados as estimativas foram realizadas para as porções do solo denominadas de camada 1 (estende-se desde 0,1 até 0,2 metros de profundidade), camada 2 (estende-se desde 0,2 até 0,5 metros de profundidade) e camada 3 (estende-se desde 0,1 até 0,5 metros de profundidade).

Mediante as informações e considerações anteriores empregam-se determinados métodos a fim de obter a magnitude da difusividade térmica do solo, cujos detalhes podem ser encontrados em Gao et al. (2009). Os métodos

utilizados recebem a nomenclatura de método do arco tangente e método logarítmico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura-1 expõe o comportamento térmico diário do solo observado em João Pessoa-PB, entre os meses de setembro e dezembro do ano de 2012, nas profundidades de 10 (A), 20 (B) e 50 (C) cm.

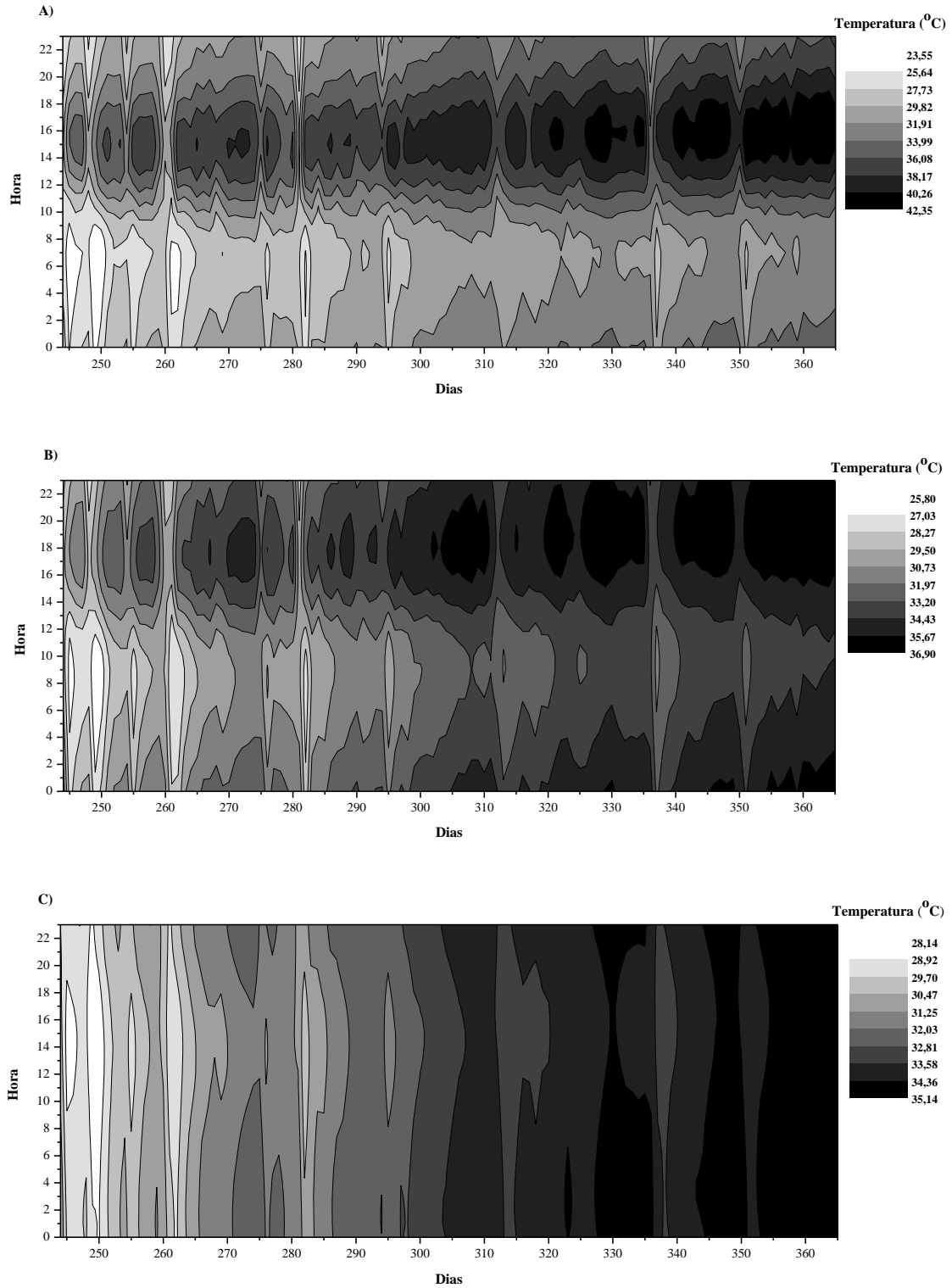


Figura 1. Comportamento térmico diário do solo (°C) nas profundidades de: a) 10 cm, b) 20 cm e c) 50 cm, observado entre os meses de setembro e dezembro de 2012.

A partir da análise da figura acima se verifica que em geral até meados das 10 horas da manhã há um progressivo aumento das temperaturas à medida que se avança em profundidade, com os valores máximos sendo observados em 50 cm. Após esse período, em consequência da incidência mais acentuada de radiação solar, a temperatura da superfície do solo e regiões adjacentes passa a apresentar um significativo aumento de suas magnitudes. As temperaturas máximas observadas durante os ciclos diários são oriundas da profundidade de 10cm (Figura-1A), registradas em torno das 15 horas, com valores que chegam a ultrapassar 40°C. De acordo com Diniz et al. (2013a), o decréscimo das temperaturas observadas em seguida é consequência do decaimento da disponibilidade energética.

Outro aspecto que merece destaque é o fato das máximas temperaturas diárias não ocorrerem simultaneamente nas profundidades de 10cm e 20cm. A partir da Figura-1B verifica-se que nessa profundidade as temperaturas máximas observadas durante o ciclo diário ocorrem em torno das 19 horas. De acordo com Geiger (1980), esta mudança em comparação à camada mais superficial é consequência do fluxo de calor no interior do solo ocorrer de maneira relativamente lenta.

Verifica-se também na Figura-1 que as temperaturas do solo permanecem quase que constante durante o ciclo diário na profundidade de 50cm (Figura-1C). Segundo Oliveira et al. (2010), as variações acentuadas observadas nas porções mais próximas a superfície estão associadas ao fato de sua maior facilidade em ganhar e perder calor durante o ciclo diário. Gasparim et al. (2005), observou fenômeno semelhante ao estudar o comportamento térmico do solo em experimento realizado e conduzido na Estação Experimental Agrometeorológica da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

As variações diárias de temperatura do solo estão diretamente relacionadas à disponibilidade energética e inversamente a profundidade. Entretanto, os fenômenos meteorológicos que ocorrem sob a superfície do solo afetam diretamente o seu regime de temperatura. De acordo com Diniz et al. (2013b), uma maneira eficaz de verificar a variabilidade das temperaturas do solo com relação aos respectivos valores médios diários é através da estimativa do coeficiente de variação (CV). A Figura-2 apresenta os coeficientes de variação das temperaturas do solo para os ciclos diários e profundidades de estudo.

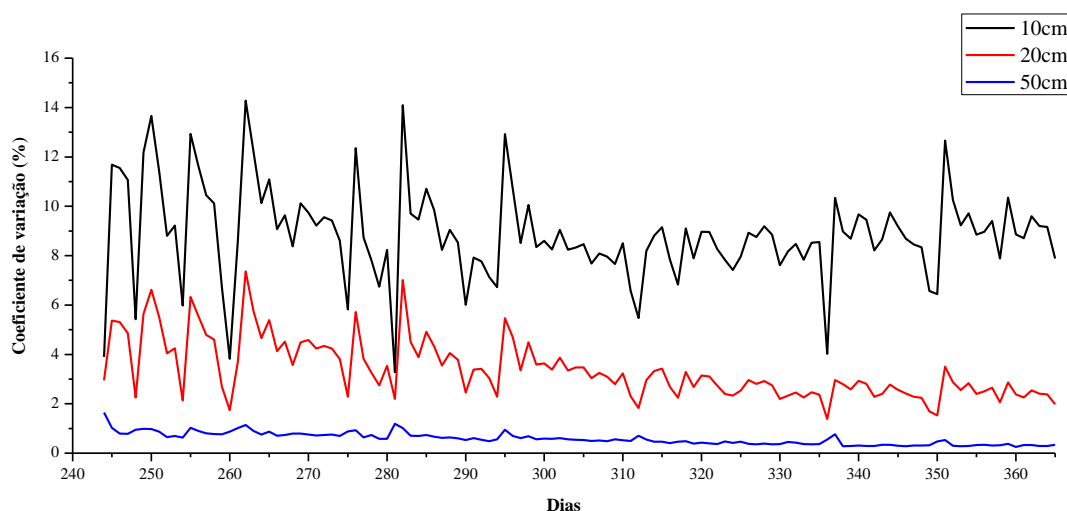


Figura 2. Variabilidade diária das temperaturas do solo para o período compreendido entre setembro e dezembro do ano de 2012.

Conforme o observado anteriormente, verifica-se com base na análise da figura acima que as temperaturas do solo se mantêm quase que constante ao longo do dia na profundidade de 50 cm, apresentando variações bastante sutis ao comparar com as oriundas das regiões mais próximas a superfície. Esse comportamento faz com que nessa profundidade o coeficiente de variação assuma valores, para todo o período de estudo, inferiores a 2% (baixa variabilidade diária das temperaturas do solo).

À medida que se aproxima da superfície observa-se que as condições térmicas do solo passam a se alterar de

formar mais significativa durante os ciclos diários, de tal modo que o coeficiente de variação chega a assumir valores da ordem de 15%. As temperaturas do solo em regiões próximas a superfície apresentam maior variabilidade que as demais, reflexo da sua maior facilidade em perder (período noturno) e ganhar (período diurno) calor durante os ciclos diários.

Os dados de temperatura foram utilizados para estimar a difusividade térmica diária média mensal do respectivo meio. A Tabela-1 apresenta esses valores para três camadas específicas do solo, obtidos mediante o emprego

de métodos distintos (método do arco tangente e método logarítmico).

Tabela 1. Difusividade térmica diária média mensal (m^2/s), estimada para três camadas específicas do solo, a partir de métodos distintos.

Mês	Método	Camada 1	Camada 2	Camada 3
Setembro	Arco tangente	0,66E-06	1,65E-06	1,31E-05
	Logarítmico	0,50E-06	1,12E-06	0,88E-06
Outubro	Arco tangente	0,57E-06	1,69E-06	1,64E-05
	Logarítmico	0,45E-06	1,10E-06	0,85E-06
Novembro	Arco tangente	0,43E-06	1,90E-06	3,76E-05
	Logarítmico	0,29E-06	0,98E-06	0,67E-06
Dezembro	Arco tangente	0,33E-06	2,44E-06	5,29E-04
	Logarítmico	0,21E-06	0,85E-06	0,54E-06

Observa-se a partir da análise da tabela acima que, com exceção daqueles associados à camada 3, os valores obtidos concordaram satisfatoriamente entre si. De acordo com Silans et al. (1999), o método Harmônico proporciona bons resultados quando a condição de estabilidade da periodicidade é satisfeita, no entanto, durante dias com condições climáticas muito variáveis o mesmo deve ser substituído pelo método da Transformada de Laplace corrigida.

Em geral, ao contrário do que ocorre com as temperaturas, a difusividade térmica decai progressivamente com os valores mínimos sendo observados em cada camada no mês de dezembro. Novos estudos devem ser conduzidos utilizando uma maior amostra de dados a fim de verificar e justificar as causas desse fenômeno.

Constata-se também que, ao comparar com os oriundos da camada 1, os valores da difusividade térmica do solo são mais elevados na camada 2 (0,2 – 0,5 m de profundidade). Logo, conclui-se que essa região do solo possui maior capacidade de transferir calor através de seu perfil vertical. Essa característica pode ser associada ao maior teor de água nessa região particular do solo, entretanto esta afirmativa não pode ser tomada como correta devido à falta de sensores que se destinam a aferir a umidade do solo.

CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados verificou-se um gradativo aumento das temperaturas do solo com o decorrer dos meses, de modo que os valores máximos foram observados no mês de dezembro. Pode-se concluir que conforme se avança em profundidade, a variabilidade diária das temperaturas do solo tende a diminuir, de modo que a temperatura permaneceram quase que constante durante os ciclos diários na profundidade de 50cm. A amplitude térmica para o período de análise também foi menor para a região mais profunda, em torno de 7°C,

enquanto que para a profundidade mais próxima a superfície chegou a ultrapassar 18°C.

Os métodos utilizados mostram-se adequados ao cálculo da difusividade térmica do solo, apresentando valores que concordam satisfatoriamente entre si (com exceção daqueles obtidos para a camada 3). Quando uma mesma intensidade de radiação solar incide em diferentes superfícies de solo o processo de aquecimento e resfriamento pode ser bastante variável em virtude das características particulares do solo em estudo. Portanto, é de fundamental importância que estudos semelhantes a este sejam realizados em localidades que não se tenha nenhum conhecimento acerca das características térmicas do solo da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) pelo fornecimento dos dados utilizados neste estudo, bem como ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Apoio ao Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, O. M. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989.
- BELLAVER, V. **Difusividade térmica do solo em área monodominante de cambará no norte do Pantanal Matogrossense**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – UFMT, Mato Grosso. 2010.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

- DANELICHEN, V. H. M.; BIUDES, M. S. Avaliação da difusividade térmica de um solo no norte do Pantanal. **Ciência e Natura**, v. 33, n. 2, p. 227-240, 2011.
- DINIZ, J. M. T.; SOUSA, E. P.; WANDERLEY, J. A. C.; FIDELES FILHO, J.; MARACAJÁ, P. B. Variabilidade diária da temperatura do solo: Um estudo de caso. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2013a.
- DINIZ, J. M. T.; CARNEIRO, R. G.; ALVINO, F. C. G.; SOUSA, E. P.; SOUSA, E. P.; SOUSA Júnior, J. R. Avaliação do comportamento térmico diário do solo de Campina Grande-PB. **Agropecuária Científica no Semi-árido**, v. 9, n. 2, p. 77-82, 2013b.
- FIDELES FILHO, J. **Estrutura térmica de solos do Nordeste do Brasil**. 1988. 85 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1988.
- FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; SILVA, R. P.; CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 375-380, 2008.
- GAO, Z.; WANG, L.; HORTON, R. Comparison of six algorithms to determine the soil thermal diffusivity at a site in the Loess Plateau of China. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 6, p. 2247-2274, 2009.
- GASPARIM, E.; RICIÉRI, R. P.; SILVA, S. L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum**, v. 27, p. 107-115, 2005.
- GEIGER, R. **Manual de Micrometeorologia**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1980.
- HILLEL, D. **Introduction to environmental soil physics**. Massachusetts: Elsevier Science, 2004.
- JOHNSON, M. D.; LOWERY, B. Effect of three conservation tillage practices on soil temperature and thermal properties. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, p. 1547-1552, 1985.
- LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada**. 2ª Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 476 p.
- MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel S/A, 1983.
- OLIVEIRA, S. S.; FIDELES FILHO, J.; OLIVEIRA, S. V.; ARAÚJO, T. S. Difusividade térmica do solo de Campina Grande para dois períodos do ano. **Revista de Geografia**, v. 27, n. 2, 2010.
- OLIVEIRA, M. L.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 535-539, 2005.
- RAO, T. V. R.; SILVA, B. B.; MOREIRA, A. A. Características térmicas do solo em Salvador, BA. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 554-559, 2005.
- SILANS, A. M. B. P.; MONTENY, B. A.; LHOMME, J. P. Apparent soil thermal diffusivity, a case study: HAPEX – Sahel experiment. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.81, p.201-216, 1999.
- SILANS, A. P.; SILVA, F. M.; BARBOSA, F. A. R. Determinação in loco da difusividade térmica num solo da região de caatinga (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 41-48, 2006.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 3ª Ed. São Paulo: Makron Books, 1993. 643 p.
- THURMAN, P. W. **Estatística**. São Paulo: Saraiva, 2012. 232 p.