
REVISTA DE GEOGRAFIA

Programa de pós-graduação em geografia da UFPE
www.ufpe.br/revistageografia

PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DOS SOLOS DO BRASIL COM BASE NA TEMPERATURA DO AR, USANDO INTERPOLAÇÃO E MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (SRTM)

Gustavo Souza Valladares¹; Marcos Gervásio Pereira²

¹Professor do Dep. de Ciências do Solo. Centro de Ciências Agrárias - UFC. valladares@ufc.br

²Professor do Dep. de Solos. Instituto de Agronomia - UFRRJ.gervasio@ufrj.br

Artigo recebido em 18/06/2010 e aceito em 23/11/2010

RESUMO

Em 2006 foi lançada a segunda edição do “Sistema Brasileiro de Classificação de Solos”, que já está bem estruturado até o quarto nível categórico. Porém os cientistas em taxonomia de solos do Brasil estão fazendo o esforço para definir o quinto e sexto níveis categóricos. Neste contexto o regime térmico pode ser utilizado, pois infere a respeito da gênese dos solos e da aptidão edafoclimática das culturas agrícolas. Devido à escassez de dados de temperatura do solo no Brasil, propõem-se empregar a temperatura do ar na classificação dos solos brasileiros quanto ao seu regime térmico. Técnicas de geoprocessamento, interpolação de dados espaciais e modelos digitais de elevação são ferramentas úteis no mapeamento de dados da temperatura do ar. O objetivo do presente trabalho é mapear e propor classes de regime térmico do ar para a classificação dos solos brasileiros nos níveis categóricos inferiores, para isso foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, interpolação, modelo digital de elevação (SRTM) e análise de regressão linear múltipla. A metodologia empregada no mapeamento mostrou-se adequada, proporcionando uma adequada classificação do regime térmico do ar, baseado na temperatura média e na amplitude térmica. As classes propostas e o mapeamento gerado poderiam ser empregados na classificação dos solos brasileiros.

Palavras-chave: Amazônia Regime térmico, MDE/SAR, regressão múltipla.

ABSTRACT

In 2006 was launched the second edition of the Brazilian System of Soil Classification, which is already well structured until the fourth level categorical. But the Brazilian scientists in soil taxonomy are making the effort to set the fifth and sixth levels categorical. In this context, the thermal regime can be used, because inferred on the soil genesis and the edaphic-climatic aptitude of the crops. Due to scarcity of data on soil temperature in Brazil, it's intend to employ the air temperature in the classification of Brazilian soils on thermic regime. Techniques of GIS, spatial data interpolation and digital elevation models are useful tools in mapping air temperature. The objective of this study is mapping and offer classes in thermic regime of air for the classification of Brazilian soils in lower levels, that were used for geoprocessing techniques, interpolation, digital elevation model (SRTM) and multiple regression. The methodology used in mapping showed adequate, providing a proper for classification of air thermic regime, based on average temperature

and temperature range. The classes generated proposals and mapping could be used in the classification of Brazilian soils.

Keywords: Thermic regime, DEM/SAR, multiple regression.

INTRODUÇÃO

Os parâmetros climáticos são utilizados no sistema americano de classificação dos solos “Soil Taxonomy” (SOIL SURVEY STAFF, 1999) com o objetivo de fornecer informações das limitações dos solos ao crescimento das plantas. Além disso, o clima é um dos fatores de formação do solo (JENNY, 1941; VIDIC, 1998) influenciando em várias de suas propriedades (VAN WAMBEKE, 1981; OLIVEIRA et al., 1992; NEUE et al., 1997; SOIL SURVEY STAFF, 1999; LEPSCH, 2002).

As propriedades térmicas dos solos geralmente estudadas, dizem respeito a sua temperatura (ALFONSI et al., 1981; MURTHA; WILLIAMS, 1986; BRAGANOLO; MIELNICZUK, 1990; BERGAMASHI; GUADAGNIN, 1993; SCHNEIDER et al., 1993; ALFONSI; SENTELHAS, 1996; WANG et al., FENG; LI, 1997; 2000; LIMA; MAKINO, 2001), capacidade térmica, calor específico e condutividade térmica (OSCHNER et al., 2001; QUIRIJN, 2002; ABU-HAMDEH, 2003; BELTRAMI; KELLMAN, 2003). Vários fatores interferem nas propriedades térmicas do solo e no fornecimento de calor da atmosfera para o solo, dentre eles pode-se citar: a textura, a densidade do solo, a umidade, o volume de ar, o volume das partículas, o teor de material orgânico, a mineralogia, a cor, a cobertura e manejo do solo, sua posição na paisagem com relação aos raios solares, o tempo de insolação, a radiação solar, entre outras (MURTHA; WILLIAMS, 1986; BRAGANOLO; MIELNICZUK, 1990; MOROTE, et al., 1990; SCHNEIDER et al., 1993; ALFONSI; SENTELHAS, 1996; WANG et al., 2000; LIMA; MAKINO, 2001; OSCHNER et al., 2001; ABU-HAMDEH, 2003).

Oliveira et al. (1976) elaborou para o Estado de São Paulo um mapa de regime térmico do solo com base nas isolinhas da temperatura do ar. Van Wanbeke (1981) utilizando modelagem matemática sobre dados climáticos atmosféricos elaborou um mapa de regime térmico do solo, em pequena escala para toda a América do Sul. Dentre as dificuldades citadas pelo autor, está a escassez de dados básicos e a pouca informação da temperatura do solo, que demanda longo tempo de monitoramento. Nos dois mapas de temperatura elaborados pelos autores foram acrescentadas constantes aos dados de temperatura do ar, sendo que Van Wanbeke (1981) utilizou 2,5°C e Oliveira et al. (1976) 3°C, por serem valores médios da diferença entre a temperatura do solo a 50cm de profundidade e a temperatura do ar. Murpha e Williams (1986) questionam a utilização de

constantes para a determinação dos regimes térmicos de solos em ambiente tropical. Em seu trabalho com solos tropicais australianos os autores verificaram uma grande variação da diferença entre as temperaturas do solo e do ar, sendo esta diferença uma função da cobertura vegetal do solo e do regime hídrico.

Diante de tantas variáveis que influenciam as propriedades térmicas do solo e o seu regime térmico, que geram diferenças inconstantes entre a temperatura do solo e do ar, valores estes que podem variar em média entre 0,5 a 3,0 °C (ALFONSI; SENTELHAS, 1996) e 0,1 a 4,6 °C (MURTHA; WILLIAMS, 1986); da escassez de dados da temperatura do solo na maior parte do território brasileiro; e da maior disponibilidade de dados da temperatura do ar. O presente trabalho objetivou mapear e propor classes de regimes térmicos do ar que possam ser empregadas na classificação dos solos brasileiros.

Com a publicação da primeira edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 1999) e a segunda edição (EMBRAPA, 2006), que normatiza a classificação dos solos até o quarto nível categórico, com orientação de atributos para os quinto e sexto níveis, foi iniciado o processo de validação e aperfeiçoamento desse sistema. Entre outras ações, foram realizadas Reuniões de Correlação, Classificação e Aplicação de Levantamentos de Solos, bem como organizadas mesas redondas e simpósios em congressos. Dentre os temas discutidos, destacou-se a necessidade de elaboração e padronização da classificação dos solos nos 5º e 6º níveis categóricos e neste contexto parâmetros climáticos podem ser integrados ao SiBCS.

MATERIAL E MÉTODOS

Para espacializar a temperatura média do ar, em uma primeira etapa, foi executada análise de regressão linear múltipla (Equação 1), tendo como variável dependente a temperatura média do ar e como variáveis independentes a latitude, a longitude e a altitude. Utilizando como base o modelo digital de elevação (MDE) em formato raster (RABUS et al., 2003; SUN et al., 2003; FONI & SEAL, 2004) gerado pela missão SRTM, os resultados obtidos pela regressão múltipla foram aplicados e desta forma espacializada a temperatura do ar, assim como apresentado em outros trabalhos na literatura (VALLADARES et al., 2005; FERREIRA et al., 2006).

$$\text{Tar} = 26,6466 * + 0,1918 * \text{lat} - 0,0219 * \text{long} - 0,0039 * \text{alt} \quad (1)$$

onde: Tar = temperatura média anual do ar em °C; lat = latitude em graus decimais; long = longitude em graus decimais; alt = altitude em relação ao nível médio dos mares em metros. *=coeficiente significativo a 5% de probabilidade. O coeficiente de determinação foi de 0,67.

Foi realizada a interpolação da amplitude térmica do ar entre os meses mais frios (junho,

julho e agosto) e os mais quentes (dezembro, janeiro e fevereiro) do ano utilizando o método do inverso do quadrado das distâncias. Os dados climáticos utilizados referem-se as normais climatológicas, tendo sido utilizados resultados de 588 estações meteorológicas.

Executou-se interseção entre o mapa de solos do Brasil (IBGE, 2001) e os mapas das classes de temperatura média e de amplitude térmica, para se obter dados das áreas com cada unidade de mapeamento de solo. Os solos foram agrupados para a avaliação com base no primeiro componente das associações e considerada sua classificação até o segundo nível categórico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho está sendo proposta uma classificação tendo como base três intervalos de variação da temperatura média do ar e dois da variação da amplitude térmica, resultando em cinco regimes térmicos. A nomenclatura das classes foi baseada nas classificações climáticas de Köppen e de Thornthwaite. A seguir são apresentados os regimes térmicos propostos.

Regime microtérnico

O regime denominado microtérnico se refere às áreas com temperaturas médias anuais inferiores a 21°C e amplitude térmica igual ou superior a 6° C.

O regime microtérnico representa 8,5% do Brasil (Tabela 1 e Figura 1), ocorrendo em todos os estados da Região Sul. Neste regime térmico ocorre 84% dos latossolos brunos, 59% dos cambissolos húmicos, 51% dos nitossolos háplicos e 100% dos chernossolos ebânicos, mapeados no país como primeiros componentes de associações (Tabela 2), todos solos típicos de regiões com climas mais amenos caracterizados por processos de goethização e horizonte superficial A, espesso (como os húmicos, os chernozêmicos e os proeminentes), com elevados teores de material orgânico e cores escuras (KER, 1995). Estes solos estão geralmente relacionados às coberturas com goethita nos horizontes superiores, as sialféricas (argilas 2:1) ou as com hematita e goethita associadas, conforme apresentado por Melfi e Pedro (1977) e por Melfi et al. (1979).

Tabela 1 - Percentual das classes de regime de temperatura no Brasil.

	<21° C	21 a 24° C	>24° C	Total
<6° C	9,0	23,7	58,4	91,1
>6° C	8,5	0,4	-	8,9
Total	17,5	24,1	58,4	100,0

Nesse regime térmico também ocorre os Latossolos Vermelhos com elevados teores de ferro das coberturas hematíticas (MELFI et al., 1979) originários de rochas básicas, assim como cambissolos háplicos e NEOSSOLOS Litólicos de áreas montanhosas com grande variabilidade de materiais de origem.

Nas planícies sulinas ocorre 53% dos planossolos hidromórficos associados a organossolos, pois as temperaturas mais amenas e o hidromorfismo favorecem a formação dos horizontes hísticos (PEREIRA et al., 2005; VALLADARES et al., 2007; VALLDARES et al., 2008).

A vegetação nativa potencial (IBGE) verificada nessas regiões são predominantemente as estepes, savanas estépicas, floresta ombrófila mista, floresta ombrófila densa, floresta estacional decidual e áreas das formações pioneiras com influências marinhas e flúvio-marinhas.

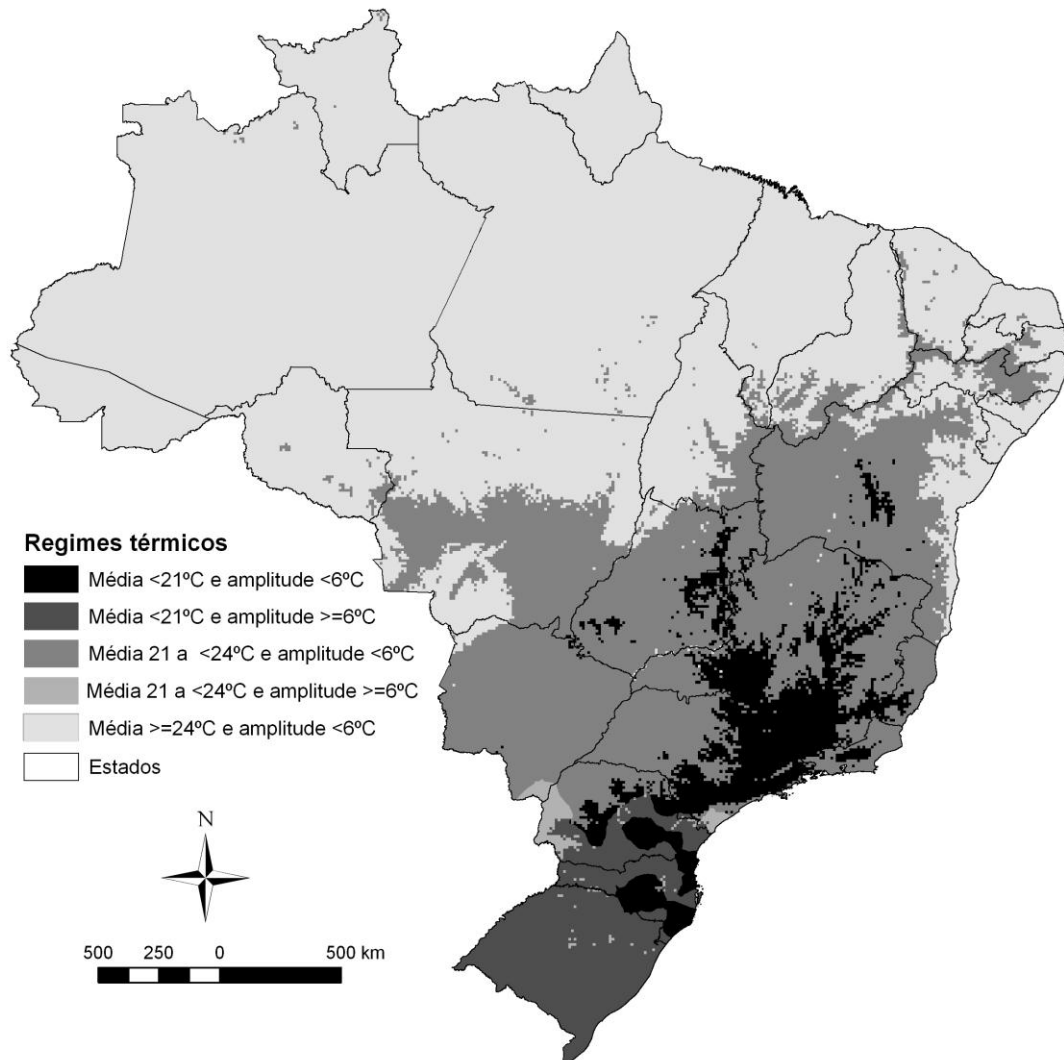


Figura 1 - Mapa dos regimes de temperatura do ar do Brasil obtido por interpolação.

Regime isomicrotérnico

O regime considerado isomicrotérnico se refere às áreas com temperaturas médias anuais inferiores a 21°C e amplitude térmica inferior a 6°C.

O regime isomicrotérnico representa 9,0% do país, ocorrendo nas regiões montanhosas e de mares de morros dos estados do Sudeste, Paraná e Santa Catarina, com menor expressão também ocorre em regiões elevadas de Goiás e Bahia, o mapeamento somente foi possível nessas áreas devido ao detalhe do MDE. A menor latitude onde ocorre este regime é de aproximadamente 11°10' S. Nesse ambiente também ocorrem os cambissolos húmicos (como componentes primários e secundários das associações), cambissolos háplicos e neossolos litólicos em ambientes montanhosos e de elevadas altitudes. Ocorre nesse regime os latossolos brunos, latossolos vermelhos, latossolos vermelho-amarelos, nitossolos vermelhos, nitossolos háplicos, argissolos vermelhos e argissolos vermelho-amarelos. São comuns os afloramentos de rochas A densidade de drenagem na maior parte dessa região é alta, ocorrendo solos hidromórficos no fundo dos vales, principalmente os Gleissolos. Predomina nessa região a cobertura com hematita e goethita associada (MELFI et al., 1979), a cobertura sem gibbsita e a sialítica mista (MELFI; PEDRO, 1977).

A vegetação nativa potencial (IBGE) nessa área é predominantemente do tipo floresta ombrófila densa, floresta estacional semidecidual e savana.

Regime mesotérnico

O regime considerado mesotérnico se refere às áreas com temperaturas médias anuais entre 21 e menor do que 24°C e amplitude térmica igual ou superior a 6°C.

O regime mesotérnico ocorre somente em 0,4% do Brasil, esse regime é verificado ao sul do Trópico de Capricórnio, na latitude média de 24°24' nos estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, aparece como uma faixa transicional entre o regime microtérnico e o isomesotérnico. Os principais solos na porção oeste dessa classe estão relacionados ao material de origem de rochas básicas, sendo latossolos vermelhos, argissolos vermelhos e nitossolos vermelhos das coberturas unicamente hematíticas (MELFI et al., 1979). Na parte leste da área, na planície litorânea ocorrem solos hidromórficos como organossolos, gleissolos e espodossolos. Em outras áreas ocorrem argissolos vermelho-amarelos, cambissolos háplicos e neossolos litólicos.

Com vegetação nativa potencial do tipo floresta estacional semidecidual e floresta ombrófila densa.

Regime isomesotérnico

O regime considerado isomesotérnico se refere às áreas com temperaturas médias anuais

entre 21 e menor do que 24°C e amplitude térmica inferior a 6°C.

O regime isomesotérmico é o segundo mais frequente e representa 23,7% do país, sendo o regime predominante nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás e Bahia, ocorrendo também no norte do Estado do Paraná, no Mato Grosso, Paraíba, Pernambuco e Piauí. Ocorre também em outros estados do Nordeste e Norte, porém em pequenas extensões e sempre associados a áreas elevadas como serras e chapadas. No leste do país a extensão deste regime é maior, pois atinge latitudes menores quando comparado ao oeste, onde ocorrem planícies como o Pantanal. Pela grande abrangência dessa classe em diferentes regiões do país, ocorrem solos muito variados, representativos de diferentes condições edafoclimáticas, como gleissolos sálicos, espodossolos, neossolos quartzarênicos e organossolos da planície litorânea; latossolos e argissolos amarelos e plintossolos dos tabuleiros costeiros; latossolos vermelho-amarelos, argissolos vermelho-amarelos, cambissolos háplicos, neossolos litólicos e afloramentos de rochas típicos das diferentes situações dos mares de morros; luvisolos crômicos, planossolos nátricos e háplicos, neossolos regolíticos e litólicos, vertissolos e chernossolos que ocorrem tanto no semi-árido nordestino como no pantanal do Mato Grosso do Sul; latossolos variados e demais solos que ocorrem nos cerrados brasileiros.

A vegetação nativa potencial nessa classe é muito variada podendo ocorrer floresta estacional semidecidual, floresta estacional decidual, floresta ombrófila densa, savana e savana estépica.

Regime isomegatérmico

O regime considerado isomegatérmico se refere às áreas com temperaturas médias anuais iguais ou superiores a 24°C e amplitude térmica inferior a 6°C.

O regime isomegatérmico ocupa a maior área do país com 58,4% do território nacional, representando mais de 6 milhões de km², ocorrendo desde o hemisfério Norte até os estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul e São Paulo, no vale do Rio Paraná. A maior abrangência dessa classe se deve à maior extensão territorial brasileira nos paralelos de baixa latitude, e caracterizada por planícies com pequenas altitudes. Essa classe abrange quase que a totalidade da Região Norte e conseqüentemente da Amazônia brasileira, maior parte do Semi-Árido brasileiro, abrangendo também o Pantanal, a Região do Cerrado e a planície litorânea desde o Estado da Bahia até o norte do país.

Representa a região mais quente do país e com as menores amplitudes térmicas. Pela grande abrangência, assim como na classe anterior a diversidade dos solos é imensa, ocorrendo solos característicos das regiões do Cerrado, Semi-Árido, Pantanal e planície litorânea. Solos mais

comuns na Amazônia como os plintossolos e os alissolos (Embrapa, 1999) ocorrem em grande maioria nessa classe, assim como os latossolos amarelos e vermelho-amarelos, argissolos vermelho-amarelos, cambissolos háplicos, gleissolos, nitossolos vermelhos, neossolos e até mesmo chernossolos. Segundo Melfi et al. (1979) predominam as coberturas com goethitas e hematitas associadas.

A vegetação nativa potencial nessa classe também é muito variada podendo ocorrer floresta estacional decidual, floresta ombrófila densa, floresta ombrófila aberta, savana, savana estépica, região da campinarana, áreas com formações pioneiras com influência fluvial ou lacustre e áreas com formações pioneiras com influência marinha ou flúvio-marinha.

A Figura 1 apresenta o mapa do Brasil com as classes dos regimes térmicos propostos. Devido às elevadas temperaturas do ar no Brasil, a proposição de uma classificação tendo como base três intervalos de variação da temperatura média anual e dois intervalos de amplitude térmica, mostra-se viável e adequada espacialmente ao território brasileiro (Figura 1), pois quando comparada a classificação do Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 1999) empregada por Van Wanbeke (1981) contribui com uma maior riqueza de informações nos ambientes de clima tropical.

A Tabela 1 apresenta as áreas ocupadas com cada regime térmico e a Tabela 2 as áreas ocupadas pelos solos primeiros componentes de cada unidade de mapeamento em cada classe de regime térmico.

Quanto a acurácia, os dados estimados de temperatura do ar tiveram boa correlação ($r=0,82$) e 77% de acerto quanto a distribuição espacial dos pontos amostrais nas classes de temperatura média do ar (Figura 2). Os dados de amplitude de temperatura tiveram uma correspondência ainda maior, com acerto de 99%.

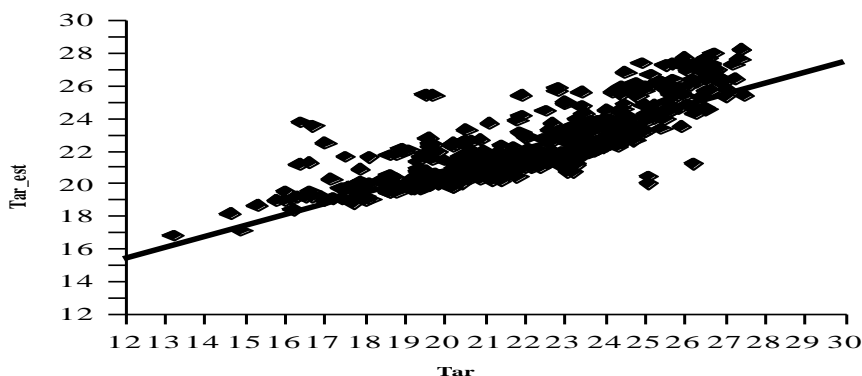


Figura 2 - Diagrama de dispersão apresentando os dados medidos de temperatura do ar (Tar) e os dados estimados (Tar_est) em °C.

Tabela 2 - Áreas (km²) das classes de regime de temperatura no Brasil por tipo de solo.

Tmédia Gradiente	21 a 24° C					Total Resultado
	<21° C <6° C	<21° C >6° C	<6° C	>6° C	>24° C <6° C	
Afloramento de Rocha	1219		1794		9042	12054
Dunas		4893			1449	6342
Alissolo Crômico					239308	239308
Argissolo Acinzentado					2122	2122
Argissolo Amarelo			25483		5402	30886
Argissolo Vermelho	19491	50244	147956	7038	26469	251199
Argissolo Vermelho- Amarelo	136044	69044	264853	4072	1332717	1806730
Cambissolo Háptico	186510	115390	191097	3501	73379	569877
Cambissolo Húmico	26800	38219	178			65197
Chernossolo Argilúvico	4	4330	13570		9734	27638
Chernossolo Ebânico		11788				11788
Chernossolo Rêndzico			5606		748	6354
Espodossolo	1825	1985	29983	1102	142854	177748
Gleissolo Háptico	4546	8760	15209	435	518986	547936
Gleissolo Sáfico	113		336		15510	15959
Gleissolo Tiomórfico					6085	6085
Latossolo Amarelo	13658		204496		774366	992520
Latossolo Bruno	9078	50954		299		60331
Latossolo Vermelho	202048	92340	428502	6430	12693	742012
Latossolo Vermelho- Amarelo	146237	3185	234796		717785	1102004
Luvissolo Crômico	116	1223	40789		190946	233074
Neossolo Flúvico		42	8740		16895	25678
Neossolo Litólico	70787	168913	164803	2797	370904	778204
Neossolo Quartzarênico	7215	2703	243731	37	226752	480437
Neossolo Regolítico			12891		6397	19288
Nitossolo Háptico	17971	18852		259		37082
Nitossolo Vermelho	8656	21419	38496	5898	27231	101701
Organossolo México	2122	1000	258	431		3811
Planossolo Hidromórfico		42358	19634	0	18289	80282
Planossolo Háptico		60430	46217		64394	171041
Planossolo Nátrico			22477		12045	34522
Plintossolo Háptico	29	7919	24462		414311	446721
Plintossolo Pétrico	156		223			380
Plintossolos Pétrico	882		22904		130003	153788
Vertissolo Cromado			407		3796	4203
Vertissolo Ebânico		3826	9498		744	14067
Vertissolo Hidromórfico					1804	1804
Total (km²)	855508	779818	2219391	32298	5373161	9260175
Total (%)	9,2	8,4	24,0	0,3	58,0	100

CONCLUSÕES

As classes propostas são adequadas para a divisão dos regimes térmicos dos solos no território brasileiro, pois há boa correlação entre essas classes e os tipos de solos, principalmente os

solos das regiões mais frias do país. Sua interpretação pode ser relacionada a potencialidades dos solos e riscos ambientais no que se refere a aptidão e zoneamento agrícola.

O uso da regressão múltipla e do modelo digital de elevação SRTM foram eficientes no mapeamento das classes de temperatura média do ar. A interpolação dos dados de amplitude térmica pelo inverso do quadrado das distâncias teve alto nível de acerto. Portanto as geotecnologias empregadas aumentaram a precisão do mapeamento dos regimes de temperatura do ar.

REFERÊNCIAS

ABU-HAMDEH, N.H. Thermal properties of soils as affected by density and water content. **Biosystems Engineering**, v.86, n.1, p.97-102, 2003.

ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; VILLA NOVA, N.A.; PEREIRA, A.R. Estimativa da temperatura média diária do solo através das observações convencionais em posto meteorológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, n.1, p.150-152, 1981.

ALFONSI, R.R.; SENTELHAS, P.C. Estimativa da temperatura do solo através da temperatura do ar em abrigo meteorológico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.4, n.1, p.57-61, 1996.

BELTRAMI, H.; KELLMAN, L. An examination of short- and long-term air-ground temperature coupling. **Global and Planetary Change**, v.38, n.3-4, p.291-303, 2003.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. Modelo de ajuste para médias de temperatura do solo, em diferentes profundidades. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, n1, p.95-99, 1993.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palhas de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, n.3, p.369-373, 1990.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p. 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 2 ed. 306p. 2006.

FENG, Y.; LI, X. Calculating temperature response of soil processes. **Soil Biology & Biochemistry**, v.29, n.9, p.1601-1603, 1997.

FERREIRA, W.P.M. ; VALLADARES, G. S. ; HOTT, M.C. Estimativa da Temperatura Média Mensal do Ar para os Estados de Minas Gerais e do Pará, utilizando-se Modelos Digitais de Elevação. **Engenharia na Agricultura**, v. 14, n.4, p. 293-303, 2006.

FONI, A.; SEAL, D. Shuttle Radar Topography Mission: an innovative approach to shuttle orbital control. **Acta Astronautica**, v.54, n.8, p.565-570, 2004.

IBGE; Embrapa. **MAPA de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE: Embrapa Solos, 2001. 1 Mapa. Escala 1:5.000.000. 2001.

ISBELL, R.F. **The Australian soil classification**. Collingwood, CSIRO, 1996. 143p. 1996.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: Mc Graw-hill, 1941, 281p. 1941.

KER, J.C. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de latossolos do Brasil**. Viçosa, 181f. 1995. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). 1995.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo, Oficina de Textos. 2002. 192p.

LIMA, K.C.; MAKINO, M. Método de diferenças finitas aplicado a geotermia rasa em solos de pastagem em Marabá-PA. **Revista Virtual de Iniciação Acadêmica da UFPA**, v.1, n.1, p.1-9, 2001. Disponível em: <http://www.ufpa.br/reistaic>

MELFI, A J.; PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte 1 Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeológica. **Revista Brasileira de Geociências**. v.7, n.4, p.271-286.. 1977.

MELFI, A J.; PEDRO, G; VOLKOFF, B. Natureza e distribuição dos compostos ferríferos no Brasil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.3, n.1, p.47-54. 1979.

MOROTE, C.G.B.; VIDOR, C.; MENDES, N.G.. Alterações na temperatura do solo pela cobertura morta e irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, n.1, p.81-84, 1990.

MURTHA, G.G.; WILLIAMS, J. Measurement, prediction and interpretation of soil temperature for use in soil taxonomy: tropical Australian experience. **Geoderma**, v.37, n.3, p.189-206, 1986.

NEUE, H.U.; GAUNT, J.L.; WANG, Z.P.; BECKER-HEIDMANN, P. Carbon in tropical wetlands. **Geoderma**, v.79, n.1-4, p.163-185, 1997.

OLIVEIRA, J.B. de; ALFONSI, R.R. ; PEDRO JR., M.J. Regimes hídricos e térmicos dos solos do Estado de São Paulo. In: XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, 1976. **Anais**. p.359-362, 1997.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p. 1992.

OSCHNER, T.E.; HORTON, R.; REN, T. A new perspective on soil thermal properties. **Soil Science Society American Journal**, v.65, n.6, p.1641-1647, 2001.

PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; VALLADARES, G.S. Organossolos: ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.4, n.1, p.233:276, 2005.

QUIRIJN, J.L. Modelo de diferenças finitas para a simulação do movimento de energia térmica no solo. In: XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água (CD), Cuiabá, 2002. **Anais**. 2002.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing (ISPRS)**, v. 57, n.4, p. 241-262, 2003.

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. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, n.1, p.37-42, 1993.

SOIL SURVEY STAFF. **A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys** (2nd ed.), US Dep. Agricult. Nat. Res. Cons. Serv., Washington, DC (1999) Agriculture Handbook 436. 1999.

SUN, G.; RANSON, K. J.; KHARUK, V. I.; KOVACS, K. Validation of surface height from shuttle radar topography mission using shuttle laser altimeter. **Remote Sensing of Environment**, v.88, n.4, p. 401-411, 2003.

VALLADARES, G. S. ; MARIN, Fábio Ricardo ; OSHIRO, Osvaldo Tadatomo ; GOUVÊA, Júlia Ferreira Ribeiro . Uso de Imagens de Radar na Estimativa da Temperatura do Ar. In: XXII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005. **Anais**. 2005.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; BENITES, V.M.; EBELING, A.G.; MOUTA, R.O. Humic Substance Fractions and Attributes of Histosols and Related High-Organic-Matter Soils from Brazil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, n.5-6, p.763-777, 1997.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G. Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico. **Magistra**, v.20, n.1, p.95-104, 2008.

VAN WAMBEKE, A. **Calculated soil moisture and temperature regimes of South America**. New York State College of Agriculture and Life Sciences; U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, DC. 25p. 1981. SMSS Technical Monograph 2. 1981.

VIDIC, N.J. Soil-age relationships and correlations: comparison of chronosequences in the Ljubljana Basin, Slovenia and USA. **Catena**, v.4, n.1-2, p.113-129, 1998.

WANG, D.; SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M.; YATES, S.R. Soil water and temperature regimes in drip and sprinkler irrigation, and implications to soybean emergence. **Agricultural Water Management**, v.43,n.1, p.15-28, 2000.