

MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO SRTM E ASTER APLICADOS A ESPACIALIZAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Roberto D. B. dos Santos¹, Lislaine Sperandio², Kaio A. C. Gasparini², José F. de Oliveira
Júnior⁴, Gustavo B. Lyra⁴

1 Eng. Florestal, Depto. de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, UFRRJ, Seropédica - RJ, Fone: (0 xx 21) 2682-1128,
bezerraig@yahoo.com.br

2 Eng. Florestal, Estudante, Depto. de Ciências Ambientais, IF/UFRRJ, Seropédica - RJ.

3 Meteorologista, Prof. Adjunto, Depto. Ciências Ambientais, IF/UFRRJ, Seropédica, RJ

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 –
SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi analisar a estimativa da temperatura do ar mensal na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) baseados em modelos lineares aplicados aos modelos digitais de elevação SRTM e ASTER. Modelos de regressão linear múltipla foram ajustados a séries climáticas de estações meteorológicas localizadas no estado do Rio de Janeiro, em função da latitude, longitude e altitude. Os modelos de regressão mensais foram aplicados ao Modelo Digital de Elevação (MDE) através do SIG GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) apenas para parte da RMRJ. Os MDE's utilizados foram o SRTM e ASTER com resoluções espaciais de 90 m. Os resultados obtidos mostraram que ambos (SRTM e ASTER) estimam com precisão e acurácia satisfatória a temperatura do ar mensal para a RMRJ. Não foram observadas diferenças significativas das estimativas entre os MDE's.

PALAVRAS-CHAVE: regressão linear múltipla, sensoriamento remoto

DIGITAL ELEVATION MODELS SRTM AND ASTER APPLIED TO AIR TEMPERATURE MAPPING IN THE METROPOLITAN REGION OF THE RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: The aim of the present paper was to analyze the estimate of the monthly air temperature in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro (RMRJ) based on linear models applied to digital elevation models SRTM and ASTER. Models of multiple linear regression were adjusted to climatic series of six weather stations located in RMRJ, in function of the latitude, longitude and altitude. The monthly regression models were applied to Digital Elevation Model through SIG GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*). MDE's were generated starting from two devices of remote sensing, SRTM and ASTER that supplied the altitudes so that, together with the geographical coordinates it was possible to accomplish the estimate of the models. The obtained results showed that both (SRTM and ASTER) they esteem in a reliable way the monthly mean temperature of the air, due to accuracy of both sensors.

KEYWORDS: multiple linear regression, remote sensing

INTRODUÇÃO

Dentre os elementos meteorológicos, a temperatura do ar se destaca por seus efeitos diretos em diversos processos físico-fisiológicos de animais e plantas e por influenciar o clima regional. A temperatura do ar é determinante na distribuição de espécies vegetais nativas e de culturas agrícolas, sendo fundamental em estudos de zoneamento ecológico e agrícola, análise de risco agrícola e seguridade rural e impactos da variabilidade climática na produção agrícola (LYRA et

al., 2009). Contudo, para esses estudos, a densidade de estações meteorológicas a nível territorial, com longas séries de temperatura do ar, é limitada. Uma alternativa para a escassez de dados de temperatura do ar de determinada região e, ou para análises espaciais é a utilização de modelos determinísticos de efeito global (modelos lineares e não lineares múltiplos) em conjunto com Modelos Digitais de Elevação (MDE) (ARAÚJO et al., 2010). Os modelos lineares ou não lineares estimam a temperatura do ar em função das coordenadas geográficas: latitude e longitude, associadas com a altitude. Para a espacialização da temperatura do ar, esses modelos são aplicados a MDEs com auxílio de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) (SANTOS et al., 2008; LYRA et al., 2009). Os MDE's podem ser gerados através de levantamentos planialtimétricos, por técnicas de interpolação; ou por sensoriamento remoto (radar e imagens de satélite), com amostras coletadas uniformemente e em alta resolução. Os métodos de obtenção dos MDE's e suas resoluções espaciais influenciam significativamente na espacialização da temperatura do ar (SANTOS et al., 2008; LYRA et al., 2009). Atualmente, entre os MDE's em formato digital destacam-se o SRTM e o ASTER. A missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), realizou medidas de elevação com resolução espacial de 30 m na horizontal no formato *raster* e disponibilizou para América do Sul em um MDE de 90 m de resolução (SANTOS et al., 2008). O ASTER (*Advanced Thermal Emission and Reflection Radiometer Spaceborne*) foi usado para obter mapas detalhados das terras de reflectância de superfície, a temperatura e a altitude. Baseado nas suas medidas gerou-se um MDE de 30m de resolução, no formato *raster* (GeoTIFF) (USGS, 2010). O objetivo do presente trabalho é avaliar as estimativas da temperatura do ar mensal utilizando modelos lineares aplicados a dois diferentes MDE's, ASTER e SRTM.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu parte da região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), localizada entre as latitudes -22° 46'34" N e -23° 06' 40" S, longitudes -43° 07'45" L e -43° 44' 59" O e altitudes entre 0 e 2854m. O clima da região é caracterizado como Tropical Atlântico (Aw), segundo a classificação climática de Köppen. A temperatura do ar mensal para região de estudo foi estimada por modelos de regressão linear múltipla (eq.1) aplicados a dois MDE's: SRTM e ASTER. As regressões utilizadas no estudo estimaram a temperatura do ar mensal (variável dependente) em função da altitude, latitude e longitude (variáveis independentes), da seguinte forma:

$$T_{m,i} = \beta_0 + \beta_1 \text{LAT}_i + \beta_2 \text{LONG}_i + \beta_3 \text{ALT}_i \quad (1)$$

em que, T_m (°C) é a temperatura do ar média mensal; LONG (graus) é a longitude; LAT (graus) é a latitude, ALT (m) é a altitude e β_0 , β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes da regressão e o termo subscrito i representa o i -ésimo mês. Os coeficientes da regressão foram ajustados previamente por Araújo et al. (2010). Para cada mês, as regressões foram aplicadas à longitude, latitude e a cada MDE (SRTM ou ASTER), com auxílio da ferramenta *raster map calculator* do aplicativo *Geographic Resources Analysis Support System – GRASS* (GRASS, 2009), obtendo-se assim os mapas de temperatura mensal do ar da região.

Os dados de radar do SRTM utilizados na espacialização da temperatura do ar para a área de estudo foram tratados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para eliminar falhas, sombras e distorções (MIRANDA, 2005) e com resolução espacial de 90 m. Os produtos ASTER GDEM são um resultado de um consórcio entre a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e o Ministério da Economia, Comércio e Indústria do Japão (METI) em *Earth Resources Data Analysis Center* (ERSDAC) e o *United States Geological Survey* (USGS) para construção de um MDE global de livre acesso. Esse modelo foi construído a partir de pares estereoscópicos de imagens oriundas da plataforma EOS AM1 (USGS, 2010). Este produto apresenta uma resolução espacial de 30m e recobre todo globo

terrestre. No presente trabalho o ASTER foi reamostrado pelo método bilinear para a resolução de 90 m.

Os MDE's foram tratados para remoção de depressões espúrias utilizando o software ArcGIS Desktop 9.3. Para isso, aplicou-se a função SINK para identificação das depressões espúrias e a função FILL para o preenchimento dessas depressões, ambas as funções do *Spatial Analyst Tools* do ArcToolBox.

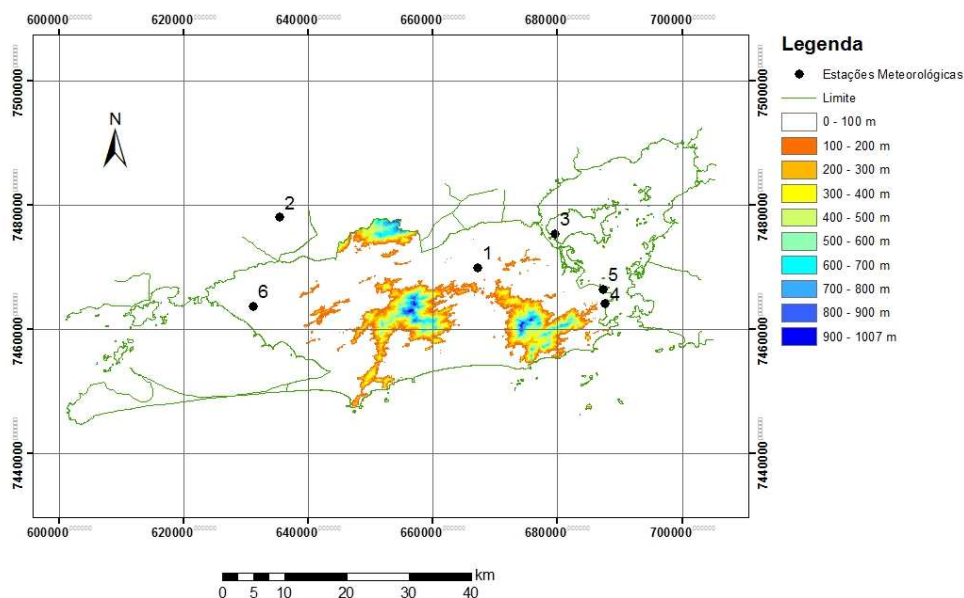


Figura 1 – Distribuição das estações meteorológicas da região metropolitana do Rio de Janeiro selecionadas para o estudo.

Tabela 1. Identificador, nome da estação meteorológica, responsável pela estação (Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica – REDEMET e Instituto Nacional de Meteorologia - INMET) e série da temperatura do ar

ID	ESTAÇÃO	RESPONSÁVEL	SÉRIE
1	Afonso (Aeroporto)	REDEMET	1973-2008
2	Ecologia Agrícola	INMET	1961-1990
3	Galeão	REDEMET	1973-2008
4	Rio de Janeiro	INMET	1950-1989
5	Rio de Janeiro (Santos Dumont)	REDEMET	1973-2009
6	Santa Cruz (Aeroporto)	REDEMET	1973-2009

As estimativas da temperatura do ar mensal para cada MDE foram avaliadas em relação as médias observadas da temperatura do ar mensal de seis estações meteorológicas localizadas na RMRJ (Tabela 1) e (Figura 1). As estações utilizadas apresentaram séries de temperatura do ar de no mínimo 30 anos e máximo de 40 anos. As estações pertencem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Rede Meteorológica do Comando da Aeronáutica (REDEMET), disponibilizadas nas bases de dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO), da *National Climatic Data Center* da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCDC/NOAA) e nas normais climatológicas do INMET (INMET, 1992). A temperatura do ar mensal estimada foi obtida para cada MDE e mês nas coordenadas das estações meteorológicas. Nas avaliações da influência do MDE nas estimativas da temperatura do ar

mensal aplicou-se a análise de regressão linear simples ($Y = aX + b$), entre a temperatura do ar mensal estimada (Y) e a observada (X) e o Erro Padrão de Estimativa (EPE, °C).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes da regressão linear obtidos entre os dados observados e os estimados de temperatura do ar mensal utilizando o MDE SRTM foram 0,950 (intercepto) e 0,810 (angular), esses valores indicaram boa aproximação das estimativas do valor ideal (reta 1:1). Enquanto para o MDE ASTER, os coeficientes da regressão ajustados foram 0,950 (intercepto) e 0,806 (angular). Notou-se que os interceptos dos MDE's ASTER e SRTM foram iguais e com coeficientes angulares próximos, com diferença de apenas 0.4 % entre seus valores.

O coeficiente de determinação (r^2) foi 0,93 para ambos os MDE's. O r^2 igual para ambos indicou que não houve diferença significativa na dispersão das estimativas de temperatura do ar entre os MDE's.

Santos et al. (2008), ao analisar a espacialização da temperatura mínima do ar para o estado de Alagoas, utilizando MDE's gerados a partir do SRTM e do GTOPO 30, obtiveram r^2 para a regressão entre os valores observados e estimados próximos de 0,70, para o SRTM e 0,71 para o GTOPO 30. Apesar da dispersão similar das estimativas pelos dois modelos, a análise gráfica mostrou que o SRTM apresentava estimativas mais próximas da linha 1:1 entre os dados observados e os estimados do que o GTOPO 30.

No presente trabalho não ocorreu diferenças significativas entre as estimativas dos dois MDE's, como confirmado pela análise gráfica da dispersão das estimativas (Figura 2). O EPE para o SRTM foi de 0,67 °C, enquanto para o ASTER foi de 0,68 °C. O EPE representou em torno de 2,83% da média da temperatura do ar observada para o ASTER e 2,78% para o SRTM. De forma geral, independente do MDE utilizado, a temperatura do ar mensal mostrou subestimativa em relação aos valores observados. Santos et al. (2008) observaram para os valores de temperatura mínima do ar estimados utilizando GTOPO 30 EPE = 0,33 e de 0,18 quando estimados a partir do SRTM. Assim a estimativa da temperatura mínima do ar através de dados proveniente do SRTM apresentou melhores resultados em relação aos valores estimados pelo GTOPO 30.

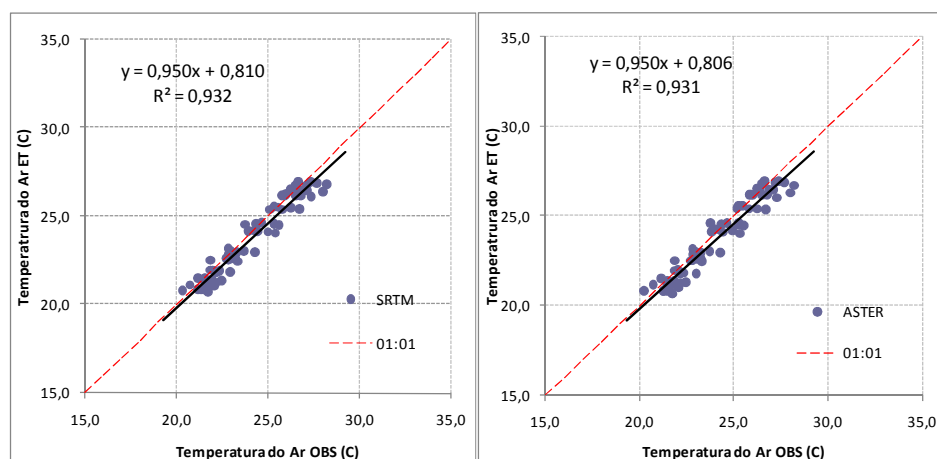


Figura 2 - Relação entre as temperaturas do ar mensais observadas e estimadas para a RMRJ, a partir dos modelos digitais de elevação SRTM e ASTER.

Em razão de não haver diferença significativa entre os MDE's, optou-se pela utilização do ASTER para gerar os mapas de temperatura média dos meses de fevereiro (mais quente) e julho (mais frio) da RMRJ (Figura 3). Os valores encontrados foram entre 21,5 e 27°C (fevereiro) e de 14,5 a 21°C (julho). Notou-se que as temperaturas menores ocorreram nos maciços, em ambos os meses, enquanto as maiores, próximas ao nível do mar e nas regiões de baixada.

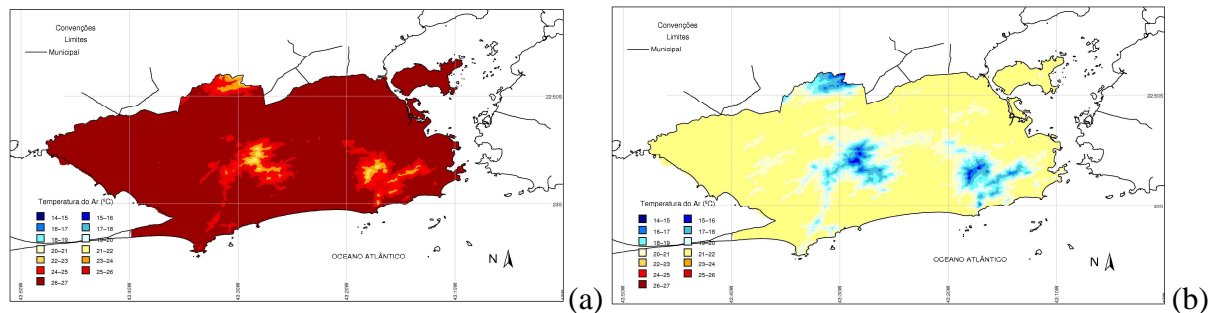


Figura 3 – Mapas de distribuição da temperatura média mensal do ar para os meses de fevereiro (a) e julho (b) na RMRJ gerados a partir do MDE ASTER.

CONCLUSÕES

Conclui-se a partir dos resultados apresentados que, a temperatura do ar mensal estimada pelos MDE's (SRTM e ASTER) não apresentam diferença significativa entre si, sendo ambos, boas fontes de dados de elevação para a estimativa da temperatura do ar para Região Metropolitana do Rio de Janeiro. As menores temperaturas do ar mensal são observadas nos maciços da Pedra Branca, Tijuca e Gericinó.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F.F.S. et al. Espacialização da temperatura do ar mensal no estado do Rio de Janeiro baseada em modelos lineares e dados SRTM. **Anais...** In: IX SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 2010, Curitiba.

GRASS - Geographic Resources Analysis Support System. GRASS 6.5 manual pages. Disponível em <http://grass.osgeo.org>. Acesso em: 3 de junho de 2009.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84p.

LYRA, G. B. ; OLIVEIRA JUNIOR, J. F. ; SOUZA, J.L. ; LYRA, G.B. ; SANTOS, M.J. ; SANTOS, P.J. . Variação espacial e temporal da temperatura mensal do ar no estado de Alagoas. 2009. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: Viçosa, 2009.

MIRANDA, E. E. Brasil em Relevo. Campinas: EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>> Acesso em: 2 de outubro de 2010.

SANTOS, M.J. et al. Espacialização da temperatura mínima do ar anual para o estado de Alagoas utilizando dois modelos digitais do terreno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008, São Paulo. **Anais...** Sociedade Brasileira de Meteorologia: Rio de Janeiro, 2008.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Disponível em: https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/aster_products_table/routine/global_digital_elevation_model/v1/astgtm . Acesso em setembro de 2010.