

ESPACIALIZAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR MENSAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO BASEADA EM MODELOS LINEARES E DADOS SRTM

MAPPING MONTHLY AIR TEMPERATURE IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO BASED IN LINEAR MODELS AND SRTM DATA

Felippe Ferreira da Silva Araújo¹, Givanildo Miguel da Silva², Evandro Lima da Silveira Batista², José Francisco de Oliveira Júnior³, Gustavo Bastos Lyra¹

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, Rod. BR 465, Km 7, 23.890-970 - Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil, gblyra@gmail.com

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Instituto de Agronomia, Rod. BR 465, Km 7, 23.890-970 - Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Departamento de Meteorologia, Instituto de Geociências, Av. Prof. Athos da Silveira, 21.941-916, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO

Foi avaliada a variação espacial da temperatura do ar mensal no Estado do Rio de Janeiro. Modelos de regressão linear múltipla foram ajustados a séries (mínimo de 15 anos) de temperatura do ar mensal obtidas em 24 estações nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo, em função da latitude, longitude e altitude. Na geração dos mapas de temperatura do ar para o estado do Rio de Janeiro, os modelos de regressão mensais foram aplicados ao modelo de elevação do terreno SRTM, reamostrado para 900m, e a um *grid* com a latitude e a longitude. O coeficiente determinação para o ajuste dos modelos foi entre 0,71 e 0,87, indicando que os modelos explicaram a maior parte da variabilidade dos dados. A altitude foi a variável que explicou a maior parte da distribuição da temperatura. As temperaturas mínimas no estado do Rio de Janeiro foram observadas em julho e as máximas em fevereiro. Relativo às mesorregiões do Estado, as temperaturas mínimas ocorreram nas regiões Metropolitana, Centro e Sul Fluminense, pela área em que se estendem a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira. As máximas temperaturas ocorreram nas baixadas litorâneas, que abrangem do Norte Fluminense, Baixadas Fluminense até a Mesorregião Metropolitana e o Sul Fluminense, devido aos efeitos continentalidade e maritimidade, associados com baixas altitudes.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, modelo digital de elevação, geoestatística, engenharia florestal, mapeamento

ABSTRACT

The spatial variation of monthly air temperature in Rio de Janeiro was evaluated. Multiple linear regression models were fitted to long time series (minimum of 15 years) of monthly air temperature. The series were obtained at 24 weather stations located in the states of Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais and São Paulo, Southeast of Brazil, in function of latitude, longitude and altitude. In mapping of air temperature for the state of Rio de Janeiro, the monthly regression models were applied to the digital elevation model SRTM, resampled to 900 m, and a grid with the latitude and longitude. The determination coefficient for the models was between 0.71 and 0.87, indicating that the models explained most of the spatial variability of the data. The altitude was the variable that explained most of the temperature distribution. The minimum monthly air temperatures in the state of Rio de Janeiro were observed in July and the maximums air temperatures in February. For the Mesoregions on the state, the minimum temperatures occurred in Metropolitan regions, Central and South Fluminense, the area extending from the Mar Mountain and Mantiqueira Mountain. The maximum monthly air temperatures occurred in the coastal lowlands, which cover the North Fluminense until Metropolitan and South Fluminense Mesoregions, due to continental and maritime effects associated with low altitudes.

Keywords: Remote sensing, digital elevation model, geostatistic, forestry engineering, gridded mapping

INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é determinante em diversas atividades nos setores agrícola e florestal, pois, influencia diretamente nos processos físicos e fisiológicos de espécies vegetais e animais. Cada espécie vegetal possui temperatura mínima limitante, abaixo da qual não se desenvolve; e temperatura máxima, a qual excedida leva a suspensão das suas atividades vitais; e uma temperatura ótima, em torno da qual o desenvolvimento do indivíduo não é restringido (RIZZINI, 1997). A floração e frutificação das espécies vegetais ocorrem de acordo com a alternância da temperatura do ar, denominada termoperíodo. A temperatura pode afetar a indução da folhas ou modificar outras etapas da resposta floral, como a iniciação e o desenvolvimento das gemas florais. A temperatura é também fator condicionante na indução e quebra de dormência de sementes, quanto na germinação do embrião. Esse elemento meteorológico atua sobre a germinação, pela modificação da conformação e estrutura das moléculas, particularmente proteínas e lipídeos, envolvidos em reações químicas durante a germinação e na estrutura das membranas (BEWLEY e BLACK, 1994; LIMA *et al.*, 2006). A temperatura do ar possui importância significativa, como variável de entrada em diversos modelos empíricos ou físico-fisiológicos de determinação da evapotranspiração (ET). A temperatura do ar é também um dos fatores presentes no triângulo do fogo, conjunto de três fatores (temperatura, combustível e oxigênio) considerados em análises (observacional) de incêndios florestais e nas equações de incêndios (previsão).

A temperatura do ar é determinante na distribuição de espécies vegetais nativas e de culturas agrícolas, sendo fundamental em estudos de zoneamento agrícola e ecológico (RIZZINI, 1997; LYRA *et al.*, 2009). E assim, o conhecimento da sua distribuição espacial e dos padrões que a condicionam, são essenciais nas avaliações citadas anteriormente. Como na maioria dos estados brasileiros, a densidade espacial de estações meteorológicas no estado do Rio de Janeiro mostra-se insipiente, o que dificulta estudos sobre os temas abordados anteriormente. Uma alternativa para a escassez de dados de temperatura do ar para a região e, ou para as 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). Essa técnica permite a interpolação regional da temperatura do ar com resultados satisfatórios (SANTOS *et al.*, 2008; LYRA *et al.*, 2009).

A concordância da espacialização da temperatura está condicionada, particularmente, à resolução, à fonte de dados e ao método de obtenção do MDE (SANTOS *et al.*, 2008). O MDE consiste em uma representação numérica digitalizada, da distribuição espacial da elevação da superfície e pode ser gerado de duas formas distintas, a partir de dados planialtimétricos, com auxílio de técnicas de interpolação ou através de dados de sensoriamento remoto, neste as amostras sendo coletadas uniformemente e com alta resolução. Um dos principais MDE disponíveis em formato raster é o SRTM, o qual a missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), utilizou-se de um radar com abertura sintética por interferometria para realizar medidas de elevação com resolução espacial de 30 m na horizontal e disponibilizou um MDE de 90 m para América do Sul (SANTOS *et al.*, 2008).

O presente trabalho tem os seguintes objetivos: (i) aplicar modelos lineares associados ao modelo de elevação SRTM para espacializar a temperatura do ar mensal para o Estado do Rio de Janeiro com suporte de plataforma de Sistema de Informação Geográfica (SIG), (ii) avaliar a variação espacial e mensal da temperatura do ar e (iii) baseado nesses, disponibilizar um banco de dados confiável para subsidiar estudos e tomadas de decisão nos setores agrícola e florestal no Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a espacialização e análise da variabilidade espacial da temperatura do ar mensal no estado do Rio de Janeiro ajustaram-se para cada mês um modelo de regressão linear múltipla as séries de temperatura do ar média mensal. As séries de temperatura do ar mensal foram obtidas em 24 estações meteorológicas localizadas nos estados do Rio de Janeiro (RJ), Espírito Santo (ES), São Paulo (SP) e Minas Gerais (MG) (Figura 1, Tabela 1). Foram consideradas estações dos estados ES, SP e MG e próximas a divisa com o Rio de Janeiro, com objetivo de obter nos modelos melhor correlação da temperatura do ar com a latitude e, ou

longitude (LYRA *et al.*, 2009). As estações utilizadas apresentaram séries temporais de temperatura do ar de no mínimo 15 anos, com máximo de 40 anos. As estações pertenciam 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, 1990).

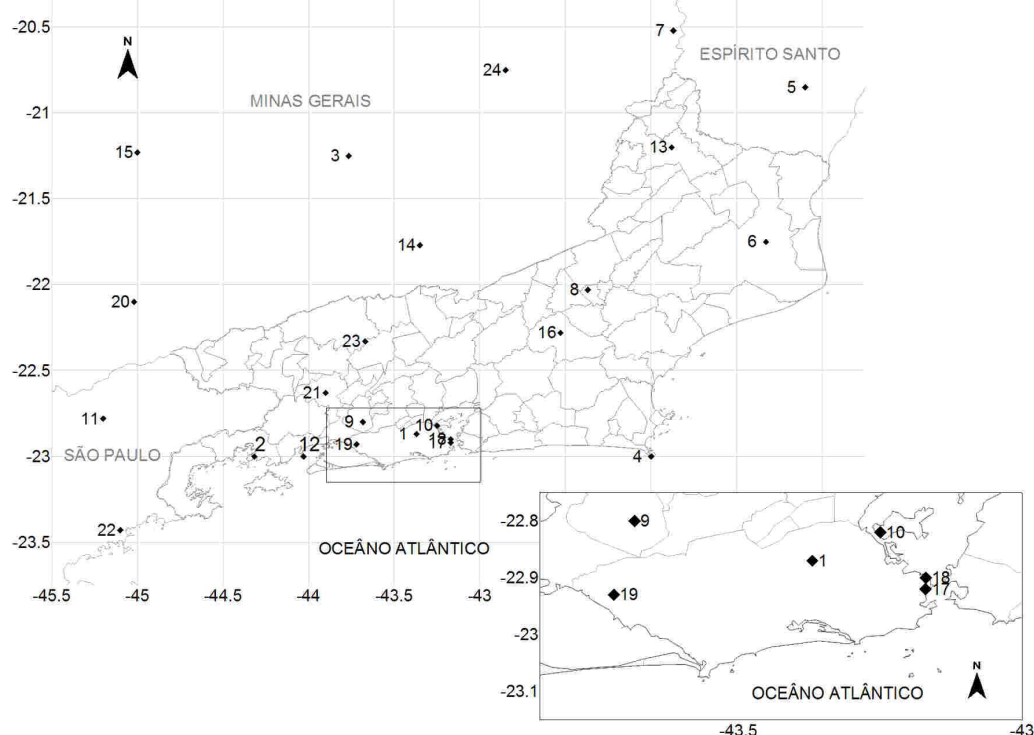


Figura 1. Localização das estações meteorológicas dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais utilizadas no ajuste dos modelos lineares.

Figure 1. Location of the weather stations in the states of Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo and Minas Gerais, Southeast of Brazil and used in fitting of linear models.

Tabela 1. Identificador e nome da estação meteorológica relacionada ao mapa da Figura 1, estado em que estava localizada e série da temperatura do ar.

Table 1. Handle and name of the weather station linked to the map of Figure 1, the state it was located and time series of air temperature.

| ID | Estação | Estado | Série | ID | Estação | Estado | Série |
|----|-------------------------|--------|-----------|----|-----------------------|--------|-----------|
| 1 | Afonso (Aero) | RJ | 1973-2008 | 13 | Itaperuna | RJ | 1969-1990 |
| 2 | Angra dos Reis | RJ | 1961-2009 | 14 | Juiz de Fora | MG | 1950-2009 |
| 3 | Barbacena | MG | 1961-1990 | 15 | Lavras | MG | 1965-1990 |
| 4 | Cabo Frio | RJ | 1961-1990 | 16 | Nova Friburgo | RJ | 1961-1990 |
| 5 | Cachoeira do Itapemirim | ES | 1961-1991 | 17 | Rio de Janeiro | RJ | 1950-1989 |
| 6 | Campos | RJ | 1973-2009 | 18 | Rio de Janeiro (Aero) | RJ | 1973-2009 |
| 7 | Caparaó | MG | 1973-1990 | 19 | Santa Cruz (Aero) | RJ | 1973-2009 |
| 8 | Cordeiro | RJ | 1972-1990 | 20 | São Lourenço | MG | 1961-1990 |
| 9 | Ecologia Agrícola | RJ | 1961-1990 | 21 | Tremembé (Pirai) | RJ | 1961-1990 |
| 10 | Galeão | RJ | 1973-2008 | 22 | Ubatuba | SP | 1961-1991 |
| 11 | Guaratinguetá | SP | 1983-2009 | 23 | Vassouras | RJ | 1961-1992 |
| 12 | Ilha Guaiúba | RJ | 1972-1990 | 24 | Viçosa | MG | 1961-1993 |

O modelo determinístico global utilizado no ajuste entre a temperatura do ar mensal (variável dependente) e as variáveis independentes, latitude, longitude e altitude, foi um modelo de regressão linear múltipla apresentado a seguir:

$$T_i = \beta_0 + \beta_1 \text{LAT}_i + \beta_2 \text{LONG}_i + \beta_3 \text{ALT}_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que, T_i (°C) é a temperatura média mensal do ar; LONG (graus) é a longitude; LAT (graus) é a latitude, ALT (m) é a altitude, ε_i é o erro aleatório, suposto independente e com distribuição normal da média e variância constante, e β_0 , β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes do modelo a serem determinados no ajuste. O termo subscrito i representa a i -ésima estação meteorológica ($i = 1, 2, \dots, 24$). Considerou-se o sinal da longitude e da latitude como negativo, para representar Leste do meridiano de *Greenwich* e Hemisfério Sul, respectivamente. O ajuste dos modelos foi avaliado pelo coeficiente de determinação (R^2) e pela análise de variância (ANOVA) a $p < 0,05$.

Na geração dos mapas de temperatura do ar para o estado do Rio de Janeiro aplicou-se o modelo de regressão linear múltipla de cada mês a um *grid* da latitude e longitude e outro com o MDE. Esta operação se deu com o auxílio do módulo *Math* do aplicativo SURFER 8.0. O MDE considerado na espacialização foi o SRTM tratados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para eliminar falhas, sombras e distorções (MIRANDA, 2005; LYRA *et al.*, 2009) e com resolução espacial original de 90 m. Seguindo metodologia utilizada por Lyra *et al.* (2009), as imagens do SRTM disponibilizados pela EMBRAPA foram transformadas do formato TIFFGEO para *grid* e depois reamostradas, pelo método da interpolação bilinear, para uma resolução espacial de 900 m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos de regressão linear ajustados explicaram a maior parte da variabilidade espacial da temperatura do ar mensal para a região de estudo, com coeficientes de determinação (R^2) entre 0,71 (outubro) e 0,88 (março) (Tabela 2). Valores similares para a análise da temperatura do ar mensal foram obtidos em outros estudos, por exemplo, Lyra *et al.* (2009) para o estado de Alagoas (0,73 - 0,90), Sediya e Melo Jr. (1998) para o estado de Minas Gerais (0,74 - 0,92) e por Pezzonapane *et al.* (2004) (0,89 - 0,92) para o Espírito Santo. Os maiores R^2 ($\geq 0,86$) mensais foram obtidos entre março e maio, compreendendo os meses de outono, enquanto que os menores ($\leq 0,78$) ocorreram nos meses de primavera (setembro a novembro). O erro padrão de estimativa (EPE) variou de 0,86 (março) a 1,25 °C (julho), e representou no máximo 6,7 % da média da temperatura do ar mensal para os locais utilizados nos ajustes dos modelos. Em relação à média, os maiores EPE ($> 5,6$ %) foram observados nos meses de inverno (junho a agosto), enquanto que os menores (3,5 %) nos meses de janeiro a março (verão e do outono). Os maiores EPE coincidiram com os meses de maiores coeficientes de variação das séries de temperatura do ar observada, sendo esse resultado condicionado pela maior variabilidade espacial dos dados nos meses de janeiro (maior aquecimento) a março (transição).

Tabela 2. Coeficientes da regressão linear múltipla ajustada à temperatura média mensal do ar na região de estudo. Coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa da regressão (EPE, °C).

Table 2. Coefficients of the multiple linear regression fitted to monthly air temperature in the study area. Coefficient of determination (R^2) and standard error of estimation of regression (EPE, °C).

| Mês | β_0 (°C) | β_1 (latitude) | β_2 (longitude) | β_3 (altitude) | R^2 | EPE (°C) |
|-----------|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------|-------------|
| Janeiro | 22,48(±7,54) | 0,1764(±0,4020) | -0,1854(±0,2438) | -0,0056(±0,0007) | 0,85 | 0,93 |
| Fevereiro | 22,23(±7,60) | 0,1925(±0,4054) | -0,2089(±0,2459) | -0,0057(±0,0007) | 0,85 | 0,94 |
| Março | 26,52(±6,94) | 0,0856(±0,3700) | -0,0377(±0,2245) | -0,0055(±0,0007) | 0,88 | 0,86 |
| Abril | 22,96(±7,66) | 0,1478(±0,4084) | -0,1154(±0,2477) | -0,0059(±0,0007) | 0,86 | 0,95 |
| Maio | 27,10(±7,82) | 0,1592(±0,4171) | 0,0199(±0,2530) | -0,0062(±0,0008) | 0,87 | 0,97 |
| Junho | 25,96(±8,95) | 0,0927(±0,4773) | 0,0604(±0,2896) | -0,0063(±0,0009) | 0,85 | 1,11 |
| Julho | 24,78(±10,08) | 0,0874(±0,5378) | 0,0444(±0,3262) | -0,0064(±0,0010) | 0,82 | 1,25 |
| Agosto | 21,73(±8,82) | 0,4189(±0,4705) | -0,2140(±0,2854) | -0,0059(±0,0009) | 0,81 | 1,09 |
| Setembro | 21,15(±7,81) | 0,5462(±0,4167) | -0,3055(±0,2528) | -0,0050(±0,0008) | 0,78 | 0,97 |
| Outubro | 22,41(±8,28) | 0,6400(±0,4416) | -0,3517(±0,2679) | -0,0046(±0,0008) | 0,71 | 1,03 |
| Novembro | 24,35(±8,38) | 0,3655(±0,4469) | -0,1890(±0,2711) | -0,0047(±0,0008) | 0,74 | 1,04 |
| Dezembro | 19,03(±7,93) | 0,1566(±0,4232) | -0,2313(±0,2567) | -0,0050(±0,0008) | 0,81 | 0,98 |

Para todos os meses, tanto o intercepto (β_0), quanto o gradiente vertical da temperatura do ar (β_3), se mostraram estatisticamente significativos (teste-t, $p < 0,05$) para os modelos, o mesmo não ocorreu para os coeficientes de latitude (β_1) e longitude (β_2), que foram estatisticamente não significativos ($p < 0,05$) em todos os meses. O gradiente vertical de temperatura apresentou valores próximos a adiabática úmida (em média $-0,60$ °C /100m). De janeiro a março, o gradiente oscilou entre $-0,56$ °C /100 m, com amplitude inferior ao seu erro padrão de estimativa. A partir de abril, β_3 apresentou tendência crescente até julho ($-0,64$ °C /100 m), tornando a diminuir de agosto ($-0,59$ °C /100 m) a outubro, onde atingiu o mínimo mensal ($-0,46$ °C /100 m). Posterior a outubro, o padrão foi novamente de diminuição. A variação mensal do gradiente foi inversamente proporcional a variação da chuva mensal, com exceção de novembro e dezembro, onde se observam aumento dos totais mensais de chuva (COSTA, 2009), resultado da maior ocorrência de sistemas meteorológicos no estado do Rio de Janeiro, mas β_3 apresentou tendência de aumento. Esse padrão entre chuva e β_3 é esperado, devido ao aumento de umidade de uma parcela de ar em ascensão na atmosfera resultar em diminuição no gradiente de variação vertical de temperatura, ou seja, o resfriamento da parcela com a altitude é menor. Os valores de β_3 apresentados foram próximos aos determinados por Sediya e Melo Jr. (1998) ($-0,47$ a $-0,60$ °C/100m) e Pezzopane *et al.* (2004) ($-0,65$ a $-0,76$ °C/100m) e inferiores ao intervalo obtido por Lyra *et al.* (2009) ($-0,60$ a $-0,90$ °C /100m). As diferenças entre os resultados observados por Lyra *et al.* (2009) foram condicionados pelas diferenças entre os regimes pluviométricos das regiões analisadas. No presente caso, os totais mensais de precipitação pluvial (COSTA, 2009) foram superiores aos observados na região considerada por Lyra *et al.* (2009) e, assim, os β_3 foram mais próximos da adiabática úmida.

Para todos os meses, os coeficientes dos modelos referentes à latitude (β_1) foram positivos, o que indicou declínio da temperatura do ar, em função do aumento da latitude, visto que nos ajustes dos modelos a latitude foi considerada negativa para o Hemisfério Sul. Ou seja, a temperatura do ar diminui de norte para sul. Isto se deve, principalmente, a menor incidência de radiação solar, nas localidades mais afastadas do Equador, as quais recebem menor densidade de fluxo de energia. Verificou-se que a orientação da cadeia montanhosa existente no estado do Rio de Janeiro, em relação ao ângulo de incidência da radiação solar tem influência importante, pois mostrou padrões (núcleos) frios ao longo da cadeia que permanecem na região, independente da sazonalidade (Figura 2 e 3). Resultados análogos foram observados por Lyra *et al.* (2009) para o estado de Alagoas, apesar da influência do planalto da Borborema (< 600 m) ser menor em comparação as Serras do Mar e da Mantiqueira (estado do Rio de Janeiro). Os valores do coeficiente da longitude (β_2) foram negativos de janeiro a abril, e de agosto a dezembro. Como considerado longitudes negativas para localidades a leste do meridiano de *Greenwich*, estes resultados sugerem aumento da temperatura do ar com aumento da longitude, ou seja, aumenta de leste para oeste, que no caso do estado do Rio de Janeiro representa aumento do continente em direção ao oceano. Isso ocorre em devido o continente, nesta época do ano (verão), se encontrar mais quente do que o oceano adjacente. Nos meses de maio, junho e julho, β_2 apresentou valores positivos, o que sugere diminuição da temperatura conforme aumenta a longitude. O resultado obtido confirma a transição do outono para o inverno (maio) e o inverno (junho e julho), quando o continente se encontra mais frio do que o oceano, o que causa menores temperaturas no continente.

Na média, as menores temperaturas do ar mensais ocorreram em julho ($18,6$ °C), e aumentaram nos meses seguintes até atingir os máximos mensais em fevereiro ($24,9$ °C), dependendo da mesorregião. Posterior a fevereiro, as temperaturas tornaram a diminuir nos meses seguintes. Relativo às mesorregiões, as maiores temperaturas ocorreram nas altitudes mais baixas, referentes a baixada litorânea, próximos do ambiente costeiro; no Sul Fluminense, na divisa com São Paulo; na região Metropolitana do Rio de Janeiro; e no Norte Fluminense, na divisa com o Espírito Santo, com temperaturas superiores a 23 °C. Essas mesorregiões recebem influência direta dos efeitos continentalidade e maritimidade. As menores temperaturas ocorreram principalmente nas regiões de maior altitude do estado do Rio de Janeiro, com altitudes superiores a 500 m; nas regiões que compreendem a Serra do Mar (Sul Fluminense, Metropolitana do Rio de Janeiro, Centro-Sul Fluminense e Norte Fluminense); e a Serra da Mantiqueira (Sul Fluminense), particularmente a soltando dessas Serras. As temperaturas nessas regiões não ultrapassaram 19 °C no mês mais frio (julho). A amplitude da temperatura do ar mostrou seus maiores valores no mês de junho ($7,4$ °C), enquanto o mês de outubro registrou a menor amplitude ($4,5$ °C).

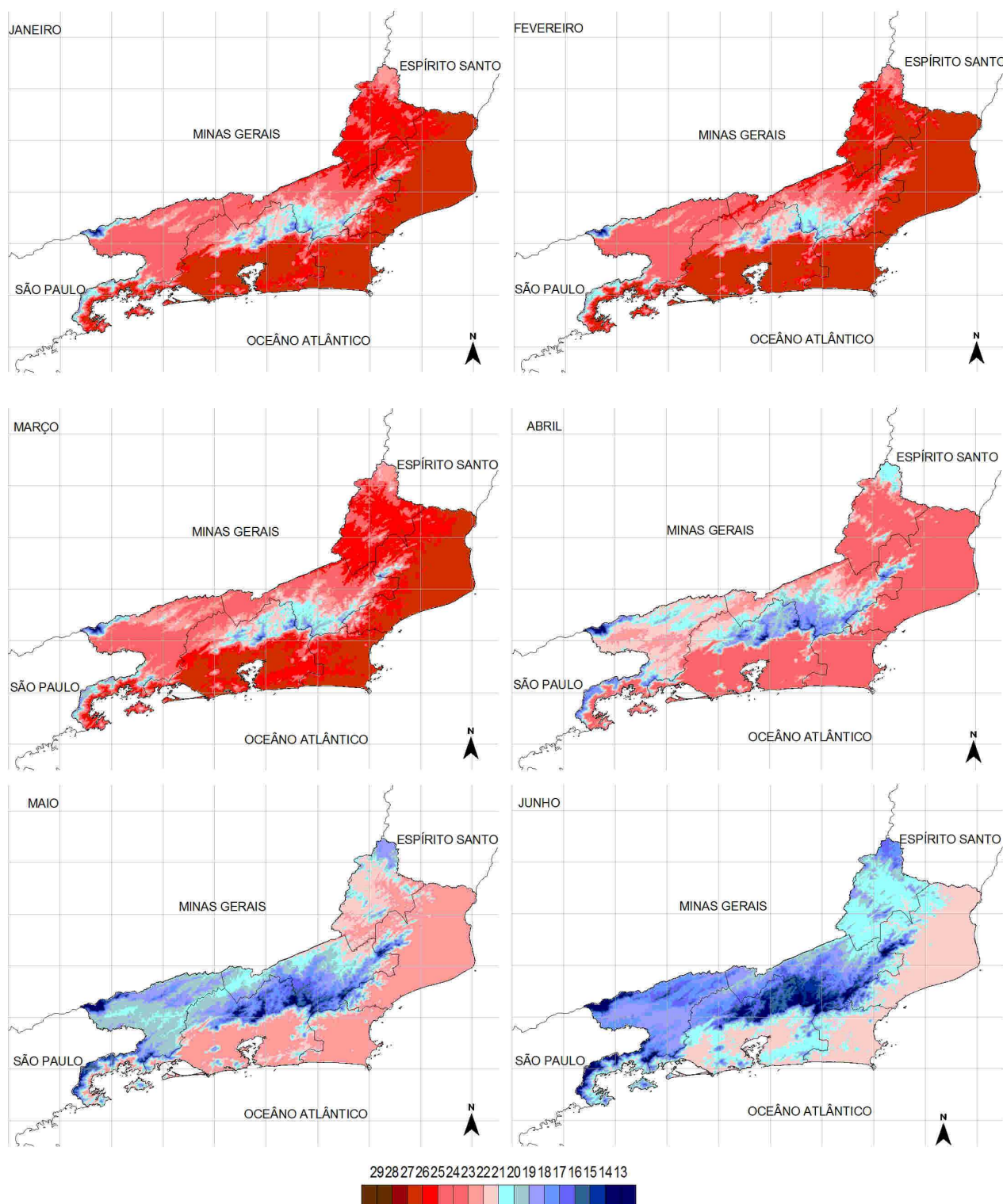


Figura 2. Distribuição espacial da temperatura do ar média mensal no estado do Rio de Janeiro nos meses de janeiro a junho.

Figure 2. Spatial distribution of monthly air temperature in the state of Rio de Janeiro on month of January to June.

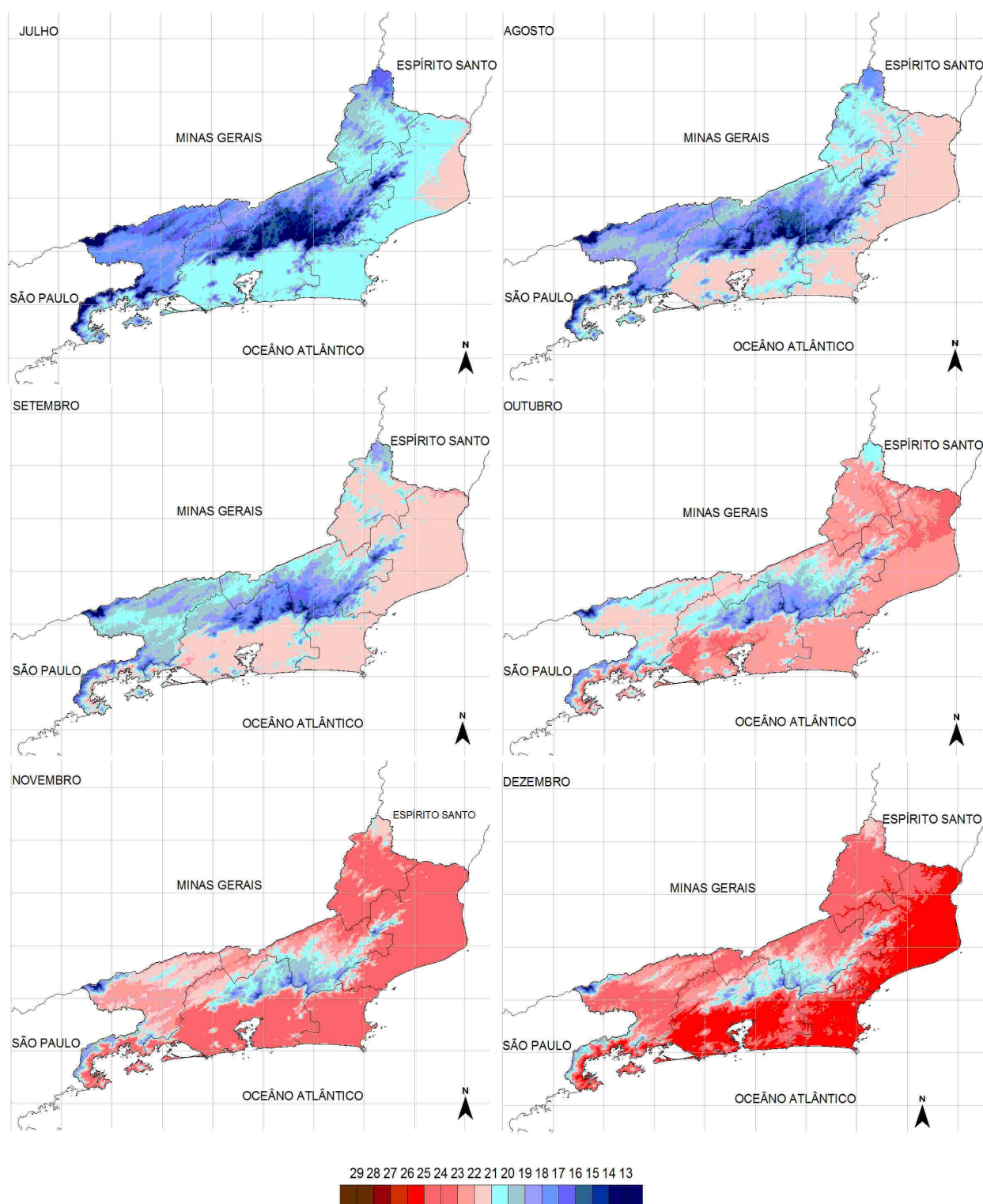


Figura 3. Distribuição espacial da temperatura do ar média mensal no estado do Rio de Janeiro nos meses de julho a dezembro.

Figure 3. Spatial distribution of monthly air temperature in the state of Rio de Janeiro on month of July to December.

CONCLUSÕES

Os modelos lineares múltiplos explicam de forma satisfatória a variabilidade da temperatura do ar mensal no estado do Rio de Janeiro. Nesses modelos, a altitude é a variável que descreve a maior parte da distribuição espacial da temperatura do ar.

As temperaturas do ar mensal no estado do Rio de Janeiro diminuem de norte para sul, e de leste (oceano) para oeste (continente) na transição do outono para o inverno e no inverno (maio, junho e julho) e na direção inversa nos demais meses, devido ao aquecimento diferenciado de oceano e continente com a sazonalidade.

As menores temperaturas do ar mensal são observadas em julho e as maiores em fevereiro. As mesorregiões Metropolitana, Centro e Sul Fluminense apresentaram as temperaturas mínimas nas áreas em que se distribui a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira. Nas áreas de baixadas litorâneas, que abrangem do Norte Fluminense, Baixadas Fluminense até a Mesorregião Metropolitana e o Sul Fluminense, ocorrem as máximas temperaturas mensais, devido os efeitos continentalidade e maritimidade, associada com as baixas altitudes (100 m).

REFERÊNCIAS

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Physiology and biochemistry of seed in relation to germination: viability, dormancy and environmental control. *Berlin: Springer-Verlag*, 1982.375 p.

COSTA, C.D. *Variabilidade intranual da precipitação pluvial mensal no estado do Rio de Janeiro*. Monografia (Engenharia Florestal), Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica: UFRRJ, 2009, 42 p.

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

PEZZOPANE, J.E.M. *et al.* Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.

LIMA, J. D. *et al.* Efeito da temperatura e do substrato na germinação de Sementes de *caesalpinia ferrea* mart. *Ex tul. (leguminosae, Caesalpinoideae)*, *Revista Árvore*, v.30, n.4, p.513-518, 2006.

LYRA, G. B. *et al.* Variação espacial e temporal da temperatura mensal do ar no estado de alagoas, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16, 2009. Belo Horizonte. *Anais do XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Belo Horizonte, 2009.

MIRANDA, E.E.; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 1 jun. 2007.

RIZZINI, C. T. In: RIZZINI, C. T. *Tratado de Fitogeografia do Brasil*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1997, Cap. D, p. 614 – 616.

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 do XV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, São Paulo, 2009.

SEDIYAMA, G.C.; MELO JUNIOR, J.C.F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de Minas Gerais. *Engenharia na Agricultura*, v. 6, n. 1, p. 57-61, 1998.