

ISSN 0104-1347

Aplicação de modelo para geração de séries sintéticas de dados climáticos: Parte I - temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar global

Model application to generate synthetic series of climatic data: Part I - maximum and minimum temperatures and solar radiation

Luiz Gustavo Nascentes Baena¹, Fernando Falco Pruski², Gilberto Chohaku Sedyama³,
Demetrius David da Silva⁴, Michel Castro Moreira⁵

Resumo: Os geradores climáticos são modelos de simulação matemática utilizados, dentre outras aplicações, na modelagem hidrológica, simulação do crescimento de culturas e na predição do processo erosivo. Neste trabalho buscou-se a aplicação de um modelo para a geração de séries sintéticas de temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar global para as condições climáticas brasileiras. As variáveis foram geradas de forma conjunta, utilizando-se um processo estocástico multivariado contínuo. O modelo permitiu representar de forma precisa as séries observadas, sendo o módulo do erro relativo percentual sempre inferior a 10%, o índice de confiança sempre superior a 0,95 e os testes de aderência não significativos para todas as variáveis analisadas.

Palavras-chave: Climatologia, gerador de dados climáticos, modelos matemáticos

Abstract: The weather generators are mathematical models used, for example, to represent hydrologic processes, crop growth simulation and to predict soil erosion. In this paper a model to generate synthetic series of maximum and minimum temperatures and solar radiation was applied for the brazilian climatic conditions. The variables were generated jointly, using a continuous multivariate random process. The model allows representing the observed series with a good precision. The module of the relative error was lower than 10%; the agreement index higher than 0,95 and the K-S and chi-square tests were significant for all the analyzed variables.

Key words: climatology, mathematical model, weather generator.

¹ Doutor em Engenharia Agrícola, SQSW 101 BL. A apto. 304. Setor Sudoeste. Brasília - DF. Lbaena@aneel.gov.br

² Prof. Titular, PhD, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, ffpruski@ufv.br

³ Prof. Titular, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, g.sedyama@ufv.br

⁴ Prof. Adjunto, Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, david@ufv.br

⁵ Mestrando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, mmoreira@dpi.ufv.br

Introdução

Os geradores climáticos são modelos de simulação matemática que estimam a ocorrência de variáveis climáticas e tem por objetivo a geração de um conjunto de valores numéricos, denominado série sintética, com as mesmas características estatísticas da série histórica. São largamente utilizados em trabalhos de pesquisa e extensão no mundo inteiro. Essas ferramentas têm demonstrado ser úteis em muitas áreas, pois permitem, a um baixo custo, a obtenção de informações a respeito do clima local, permitindo, através de simulações, avaliar a sua influência tanto nos processos naturais como nos decorrentes da intervenção humana. Os dados climáticos simulados por estes geradores, dentre outras aplicações, são utilizados como dados de entrada em muitos modelos hidrológicos e de previsão do processo erosivo. De uma forma geral, as principais variáveis estudadas são: precipitação, radiação solar global, temperatura do ar, umidade relativa do ar e vento.

Vários modelos de simulação climática já foram desenvolvidos, dentre os quais pode-se citar: CLIGEN - Climate Generator (NICKS et al., 1995), WGEN - Weather Generator (RICHARDSON, 1985), USCLIMATE (HANSON et al., 1994), WeatherMan - Weather data Manager (PICKERING et al., 1994), MARKSIM, WM2 e LARS-WG.

Autores, como CECÍLIO et al. (2004) e AMORIM (2004), aplicaram para algumas localidades brasileiras os geradores climáticos desenvolvidos em países do Hemisfério Norte e constataram que estes apresentam diversas restrições de uso em regiões com características edafoclimáticas distintas daquelas verificadas nos países em que foram desenvolvidos, tendo, OLIVEIRA (2003) desenvolvido um gerador de precipitação, denominado ClimaBR, com base nas condições típicas de precipitação brasileiras.

O modelo desenvolvido por OLIVEIRA (2003) pode ser aplicado para o cálculo das taxas médias de erosão do solo em uma determinada localidade, porém, para diversas outras aplicações, como a simulação do desenvolvimento de culturas e a modelagem de ecossistemas, os geradores

climáticos necessitam da geração de outras variáveis climáticas, como temperaturas máxima e mínima do ar, radiação solar global, velocidade do vento e umidade relativa. Estas variáveis são imprescindíveis para o cálculo da evapotranspiração das culturas, evaporação de lagos, balanço hídrico, entre outros.

Considerando esta necessidade, o presente trabalho teve como objetivo a aplicação, para as condições climáticas brasileiras, do modelo para a geração de séries sintéticas de temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar global desenvolvido por RICHARDSON (1981).

Material e Métodos

Para a obtenção dos parâmetros de entrada necessários para a geração das variáveis climáticas foram utilizadas 170 estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Figura 1), com, no mínimo, 5 anos de séries de dados diários sem falhas. As séries de cada estação, contendo os dados de temperaturas máxima e mínima do ar, radiação foram separadas com base na condição do dia (seca ou chuvosa) e também por mês. A ocorrência ou não de chuva em determinado dia foi obtida pelo modelo desenvolvido por OLIVEIRA (2003), baseado na Cadeia de Markov.



Figura 1. Estações climatológicas utilizadas no estudo.

Para as temperaturas máxima e mínima do ar e a radiação solar global foram calculados a média e o desvio padrão para cada mês das séries de dias chuvosos e secos, sendo também calculadas as correlações com zero e um dia de defasagem entre estas três variáveis.

O modelo para a geração de séries sintéticas de temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar global foi aplicado com base em um processo estocástico multivariado contínuo, conforme metodologia proposta por MATALAS (1967) e aplicada para estas três variáveis por RICHARDSON (1981). As séries destas variáveis são geradas de forma conjunta, considerando o alto grau de associação existente entre elas, com base nas equações

$$T_{\text{máx}} = \bar{T}_{\text{máx}} + \sigma_{\text{máx}} T'_{\text{máx}} \quad (1)$$

$$T_{\text{mín}} = \bar{T}_{\text{mín}} + \sigma_{\text{mín}} T'_{\text{mín}} \quad (2)$$

$$\text{RAD} = \overline{\text{RAD}} + \sigma_{\text{rad}} \text{RAD}' \quad (3)$$

em que $T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{mín}}$ são os valores de temperaturas máxima e mínima do ar geradas para cada dia da série sintética, em °C; RAD é o valor de radiação solar global para cada dia, em J/m²; $\bar{T}_{\text{máx}}$ e $\bar{T}_{\text{mín}}$ são as médias das séries observadas de temperaturas máxima e mínima do ar, em °C; $\overline{\text{RAD}}$ é a média da série observada de radiação solar global, em J/m²; $\sigma_{\text{máx}}$ e $\sigma_{\text{mín}}$ são os desvios padrão das séries observadas de temperatura máxima, mínima, em °C; σ_{rad} é o desvio padrão da série observada de radiação solar global, J/m²; e $T'_{\text{máx}}$, $T'_{\text{mín}}$ e RAD' são os resíduos gerados para cada variável, adimensionais.

Os resíduos são gerados para cada dia da série sintética pela equação

$$\begin{bmatrix} T'_{\text{máx}} \\ T'_{\text{mín}} \\ \text{RAD}' \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} T'_{\text{máx},-1} \\ T'_{\text{mín},-1} \\ \text{RAD}'_{-1} \end{bmatrix} + B \begin{bmatrix} \epsilon_{T_{\text{máx}}} \\ \epsilon_{T_{\text{mín}}} \\ \epsilon_{\text{RAD}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

em que $T'_{\text{máx},-1}$, $T'_{\text{mín},-1}$ e RAD'_{-1} são os resíduos para o dia anterior, $\epsilon_{T_{\text{máx}}}$, $\epsilon_{T_{\text{mín}}}$, ϵ_{RAD} são os números aleatórios independentes e normalmente distribuídos, com média igual a zero e desvio padrão igual a um, gerados para cada dia da série sintética por meio do Método de Monte Carlo, adimensionais; e A e B são as matrizes de ordem três que consideram o grau de correlação entre as variáveis, sendo expressas pelas equações

$$A = M_1 \cdot M_0^{-1} \quad (5)$$

$$B \cdot B^T = M_0 - M_1 \cdot M_0^{-1} \cdot M_1^T \quad (6)$$

em que M_0 é a matriz de correlação entre as variáveis sem defasagem; e M_1 é a matriz de correlação considerando-se uma defasagem de um dia entre as variáveis consideradas.

Os resíduos de cada dia da série observada são calculados subtraindo-se a média e dividindo-se pelo desvio padrão da série observada, sendo que, para o primeiro dia da série, o resíduo do dia anterior é substituído pela média dos valores dos resíduos de cada variável.

O uso da equação 4 implica que os resíduos das variáveis são normalmente distribuídos e que a correlação serial de cada variável pode ser descrita por um modelo de autoregressão linear de primeira ordem (MATALAS, 1967). A matriz B pode ser qualquer matriz que seja a solução dessa equação, podendo ser obtida pelo método da decomposição triangular inferior de Cholesky (BRAS e RODRIGUEZ-ITURBE, 1985; PRESS et al., 1986), sendo que informações mais detalhadas sobre os mecanismos de ajuste deste modelo podem ser encontradas em MATALAS (1967), RICHARDSON (1981), WILKS (1995) ou WILKS (1999).

Para a validação do modelo foram geradas séries de temperaturas máxima e mínima e radiação solar com 100 anos de duração para as 94 estações climatológicas estudadas. A comparação dos resultados obtidos com a aplicação do modelo desenvolvido e os valores observados foi feita utilizando as médias mensais e desvios padrão de cada variável. Os testes utilizados nesta comparação foram: a) erros relativos percentuais; b) coeficiente

de correlação da equação de regressão linear entre os dados observados e gerados pelo modelo; c) índice de concordância, proposto por WILLMOTT (1981); índice de confiança, proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997); e d) testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado.

Resultados e Discussão

Temperatura máxima

A distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP) ao longo das sete regiões homogêneas para a média e o desvio padrão da temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$) é apresentada na Figura 2. Os valores do MERP foram muito baixos ao longo de todo o território brasileiro, se situando, em geral, entre 0 e 1,2% para a média e entre 0 e 4,2% para o desvio padrão.

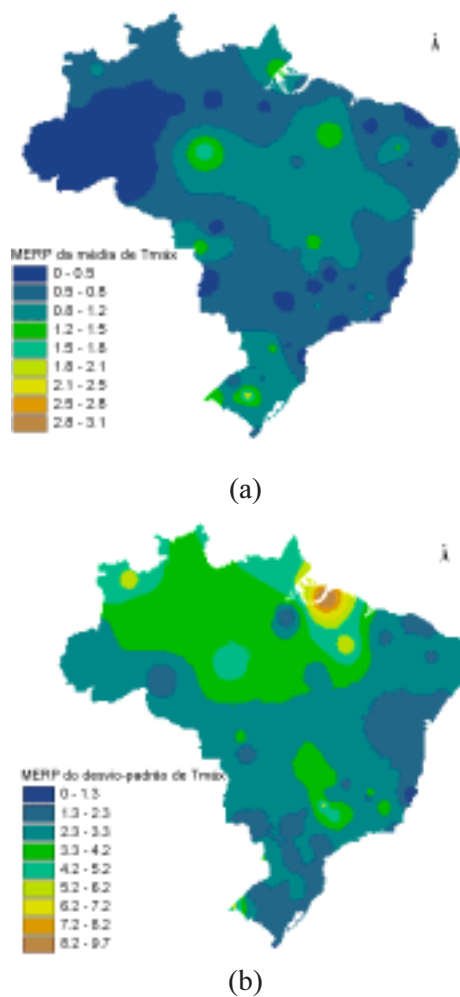


Figura 2. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) para a temperatura máxima.

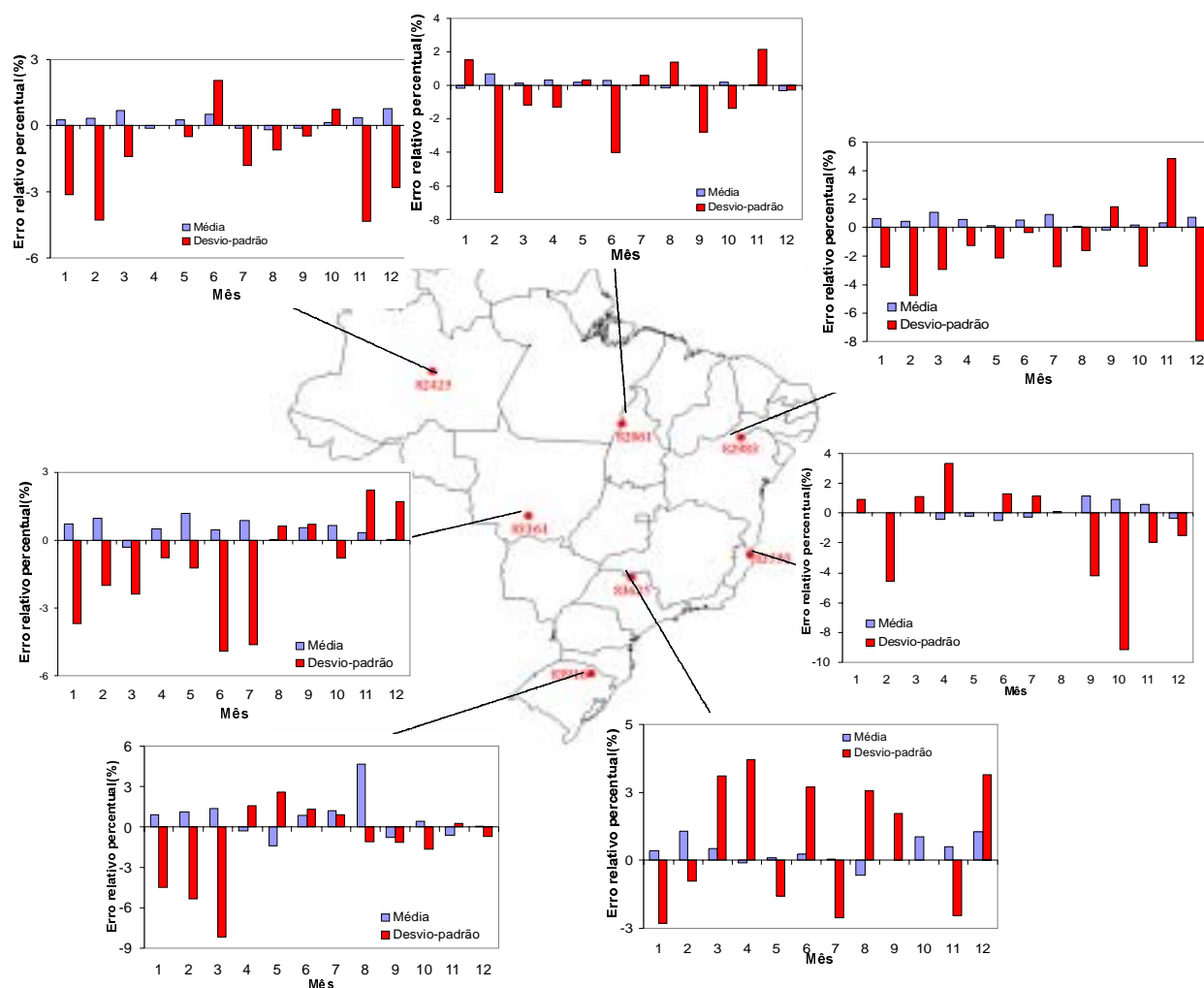
Na Figura 3 são apresentados os erros relativos para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país (Coari–82425, Conceição do Araguaia–82861, Petrolina–82983, Cuiabá–83361, São Mateus–83550, Barretos–83625 e Lagoa Vermelha–83916).

Evidencia-se que ocorreu uma tendência de subestimativa do desvio padrão e de superestimativa da média em quatro estações. Apesar dessas tendências, os erros foram muito baixos, variando de 2% para os erros médios anuais a -9% (no mês de junho para o desvio padrão da estação Petrolina) considerando os valores mensais. Nas estações São Mateus, Barretos e Lagoa Vermelha não foi evidenciada uma tendência definida de subestimativa ou superestimativa dos MERP, tanto para a média como para o desvio padrão.

Em relação à variação ao longo do ano, não se evidenciou, ao contrário de RICHARDSON (1981), uma tendência definida de variação dos MERP. Este autor, utilizando metodologia semelhante para três localidades dos Estados Unidos, encontrou erros relativos percentuais para a média da temperatura máxima que variaram entre 2 e 190%. Os erros relativos mais altos foram encontrados nos meses com temperaturas mais baixas, em uma localidade em que a temperatura máxima nos meses mais frios varia entre zero e um grau, o que mostra que o erro relativo percentual é muito sensível à magnitude dos valores analisados.

No Quadro 1 são apresentados os valores do coeficiente de correlação (r) e dos índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média e o desvio padrão da temperatura máxima das sete estações climatológicas. Os valores foram muito superiores a 0,85, que corresponde, conforme o critério proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997), a um desempenho considerado como ótimo. Em todas as estações, com exceção da estação Cuiabá, os valores do índice de confiança para a média foram superiores aos observados para o desvio padrão, de forma semelhante ao já observado na análise dos erros relativos percentuais.

Na Figura 4 são apresentadas as distribuições de frequência para os eventos observados e gerados



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

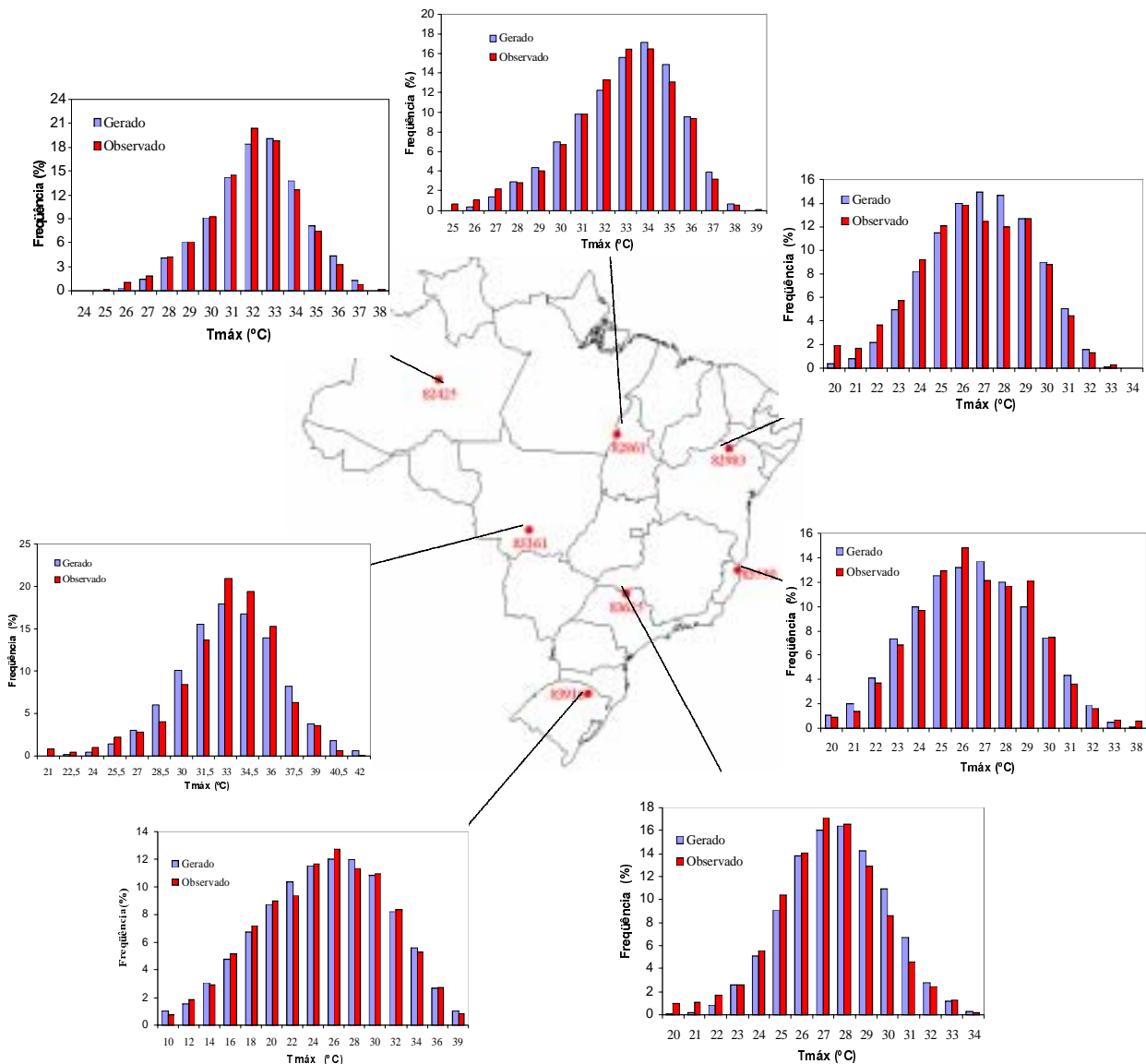
Figura 3. Erros relativos percentuais da temperatura máxima para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país.

Quadro 1. Coeficiente de correlação (r) e índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média (\bar{x}) e o desvio padrão (σ) da temperatura máxima

Estação	r		d		c	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Coari	0,989	0,982	0,991	0,982	0,980	0,964
Conceição do Araguaia	0,998	0,990	0,999	0,994	0,997	0,984
Petrolina	0,998	0,971	0,997	0,980	0,995	0,952
Cuiabá	0,992	0,995	0,989	0,997	0,981	0,992
São Mateus	0,996	0,972	0,998	0,984	0,994	0,956
Barretos	0,996	0,988	0,996	0,993	0,992	0,982
Lagoa Vermelha	0,996	0,989	0,998	0,992	0,994	0,981
Média	0,995	0,984	0,995	0,989	0,990	0,973

de temperatura máxima nas sete estações climatológicas analisadas, sendo evidenciado que o perfil de distribuição das sete estações se aproxima do perfil da distribuição de probabilidade normal, com uma leve assimetria negativa. Os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado não foram significativos, a 20 e 5% de significância, respectivamente, comprovando a similaridade entre as distribuições observada e gerada da temperatura máxima.

A análise do erro relativo percentual, sempre inferior a 10%, do índice de confiança, sempre superior a 0,95, e da distribuição de frequência dos dados observados e gerados, que mostrou aderência em todas as estações, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov (20%) e Qui-quadrado (5%), permite constatar a eficiência do modelo para a geração da temperatura máxima, já que todos os testes apresentaram resultados considerados muito bons.



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 4. Distribuições de frequência dos valores observados e gerados pelo modelo para a temperatura máxima ($T_{máx}$).

Temperatura mínima

Na Figura 5 é apresentada a distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP) ao longo do território brasileiro, para a média (Figura 5a) e o desvio padrão (Figura 5b) da temperatura mínima (T_{\min}).

Os valores do MERP não excederam 1% para a média, exceto na região Sul do país, na qual os valores foram mais altos, chegando a 4,3% no extremo Sul. Os valores do MERP para o desvio padrão foram mais altos, variando entre 0 e 7,5%, com os valores mais altos apenas em localidades isoladas, variando, em geral, entre 0,8 e 3,3%.

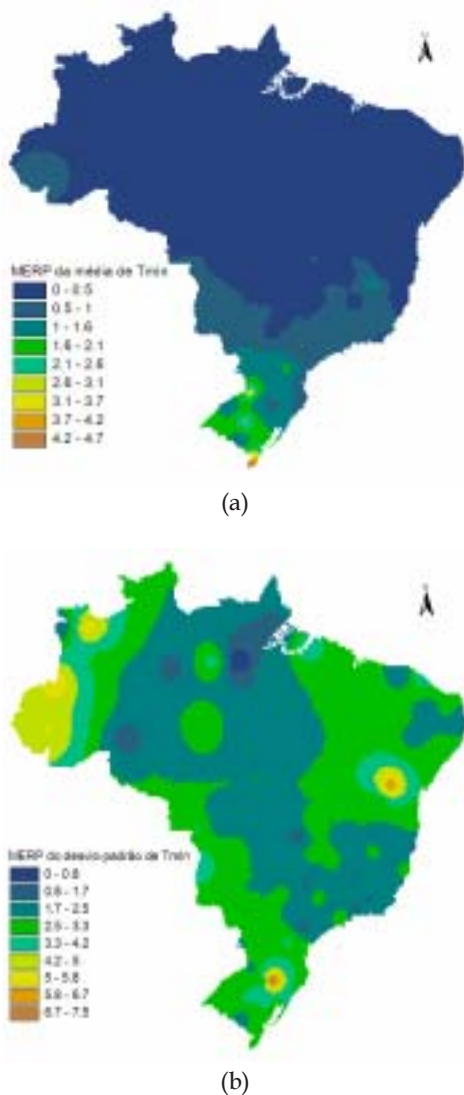


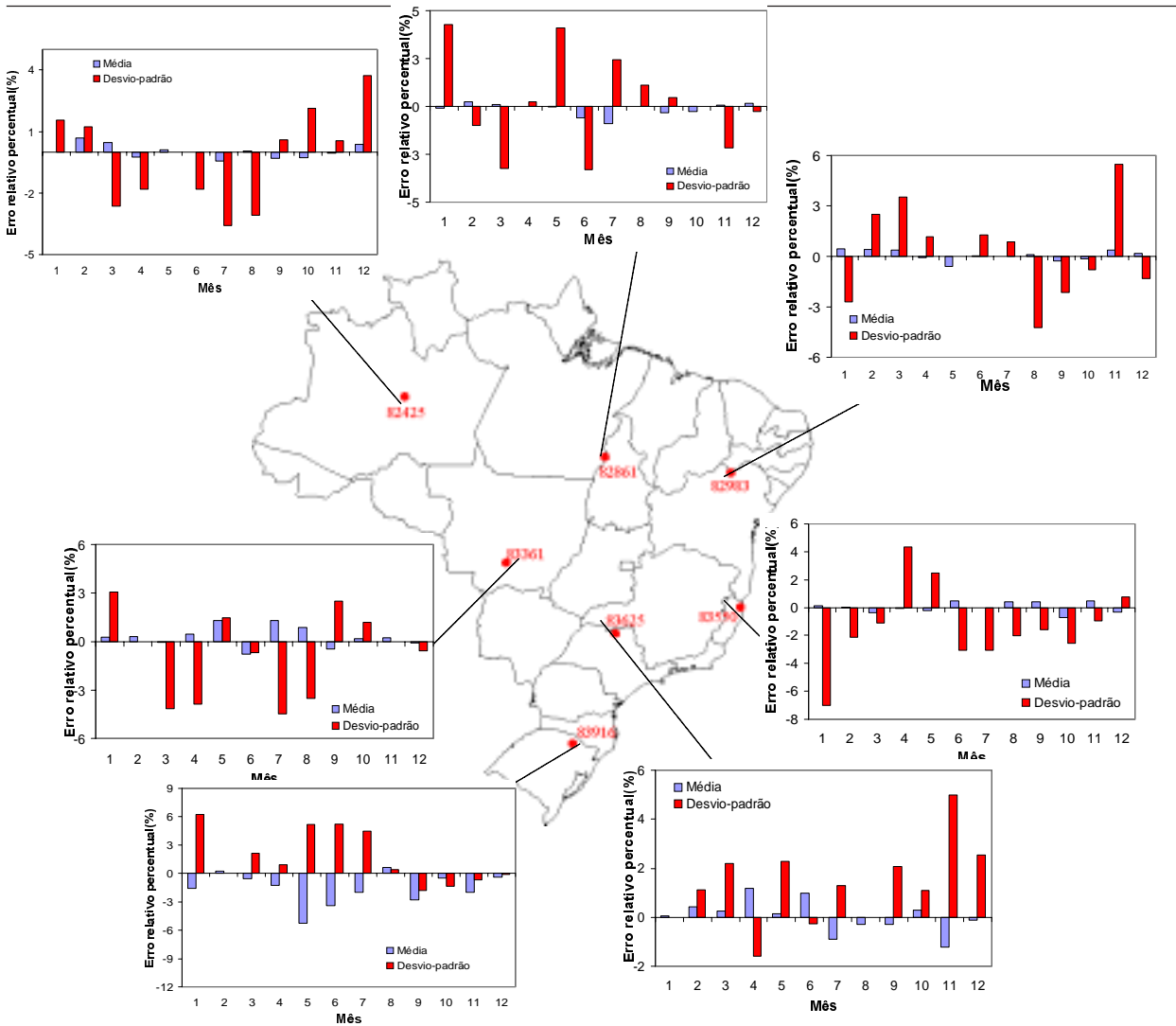
Figura 5. Módulo dos erros relativos percentuais (MERP) da média (a) e do desvio padrão (b) para a temperatura mínima.

Na Figura 6 são apresentados os erros relativos percentuais para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país. Observou-se uma tendência de superestimativa do desvio padrão e de subestimativa da média nas estações Lagoa Vermelha, Barretos, São Mateus e Petrolina, de forma inversa à tendência observada na temperatura máxima. Nas demais estações não foi observada nenhuma tendência definida. Os valores foram todos muito baixos, variando em torno de 3% para os erros médios anuais, com valores mensais de até 7%.

No Quadro 2 são apresentados os valores do coeficiente de correlação e dos índices de concordância e de confiança para a média e o desvio padrão da temperatura mínima de sete estações climatológicas. Os valores foram superiores a 0,97 para todas as sete estações, o que corresponde a um desempenho ótimo, sendo que se evidenciou a mesma tendência observada para os erros relativos percentuais, com a média apresentando valores mais expressivos que o desvio padrão, com exceção da estação Coari. Os menores valores de c , tanto para a média quanto para o desvio padrão, foram observados na estação Conceição do Araguaia que, entretanto, não apresentou erros relativos percentuais mais altos do que as outras estações.

Na Figura 7 são apresentadas as distribuições de frequência dos eventos observados e gerados para sete estações climatológicas. O perfil de distribuição das sete estações se aproxima do perfil da distribuição de probabilidade normal, porém a assimetria negativa observada anteriormente para a temperatura máxima é ainda mais evidente para a temperatura mínima, principalmente nas estações Cuiabá e Barretos. Os testes de aderência de K-S e Qui-quadrado não foram significativos a 20 e 5% de significância, respectivamente, para todas as estações.

A análise do erro relativo percentual, sempre inferior a 8%, do índice de confiança, sempre superior a 0,95, e da distribuição de frequência dos dados observados e gerados, que mostrou aderência pelos testes de K-S (20%) e Qui-quadrado (5%), demonstram a eficiência do modelo para a geração da temperatura mínima, já que os testes apresentaram resultados bons.

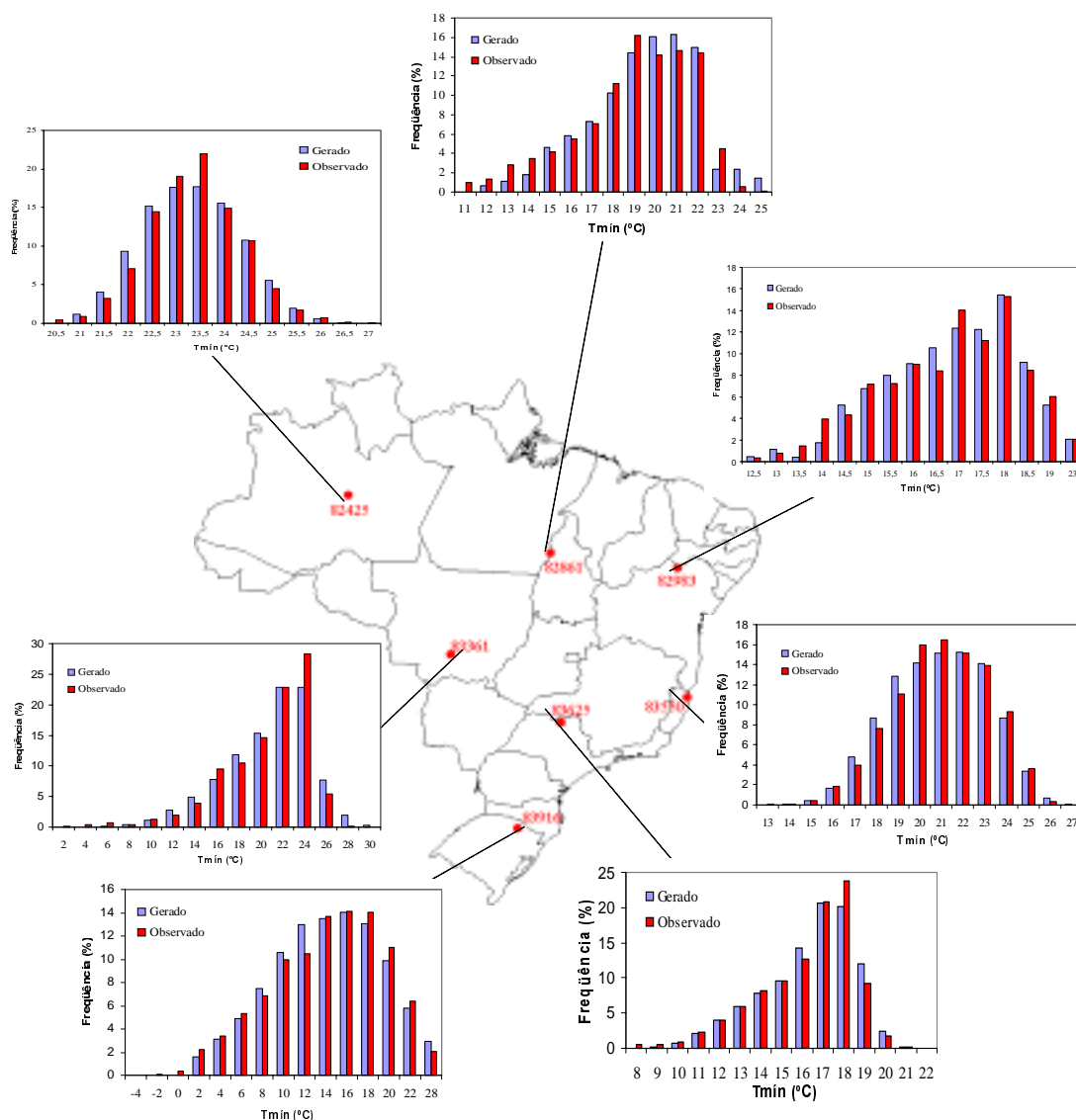


Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83914

Figura 6. Erros relativos percentuais da temperatura mínima para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país.

Quadro 2. Coeficiente de correlação (r) e índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média (\bar{x}) e o desvio padrão (σ) da temperatura mínima

Estação	r		d		c	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Coari	0,972	0,988	0,985	0,993	0,958	0,980
Conceição do Araguaia	0,999	0,997	0,999	0,998	0,999	0,995
Petrolina	0,999	0,986	0,999	0,991	0,998	0,977
Cuiabá	0,999	0,998	0,999	0,998	0,998	0,996
São Mateus	0,999	0,989	0,999	0,992	0,999	0,981
Barretos	0,999	0,998	0,999	0,998	0,999	0,995
Lagoa Vermelha	0,999	0,994	0,999	0,995	0,997	0,989
Média	0,995	0,993	0,997	0,995	0,993	0,988



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 7. Distribuições de frequência dos valores observados e gerados pelo modelo para a temperatura mínima (T_{\min}).

Radiação solar global

A distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP), ao longo do território brasileiro, estão apresentados nas Figuras 8a e 8b, para a média e o desvio padrão, respectivamente, da radiação solar global (RAD). Os valores do MERP variaram, em geral, entre 1,7 e 3,5% para a média e entre 1,5 e 2,5% para o desvio padrão.

Na Figura 9 são apresentados os erros relativos

percentuais para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país, sendo que ocorreu uma tendência de superestimativa da média em todas as estações, com exceção da estação São Mateus, onde não foi observada uma tendência definida. Essa tendência é igual à observada para a temperatura máxima, demonstrando a forte associação existente entre essas duas variáveis. Com relação ao desvio padrão, ocorreram tendências de subestimativa nas estações Conceição do Araguaia e Lagoa Vermelha, e de superestimativa na estação São Mateus.

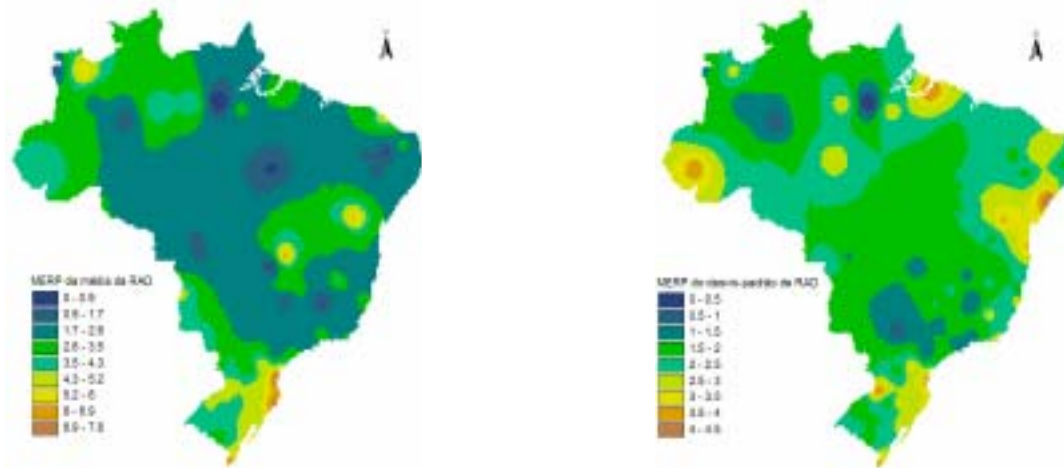
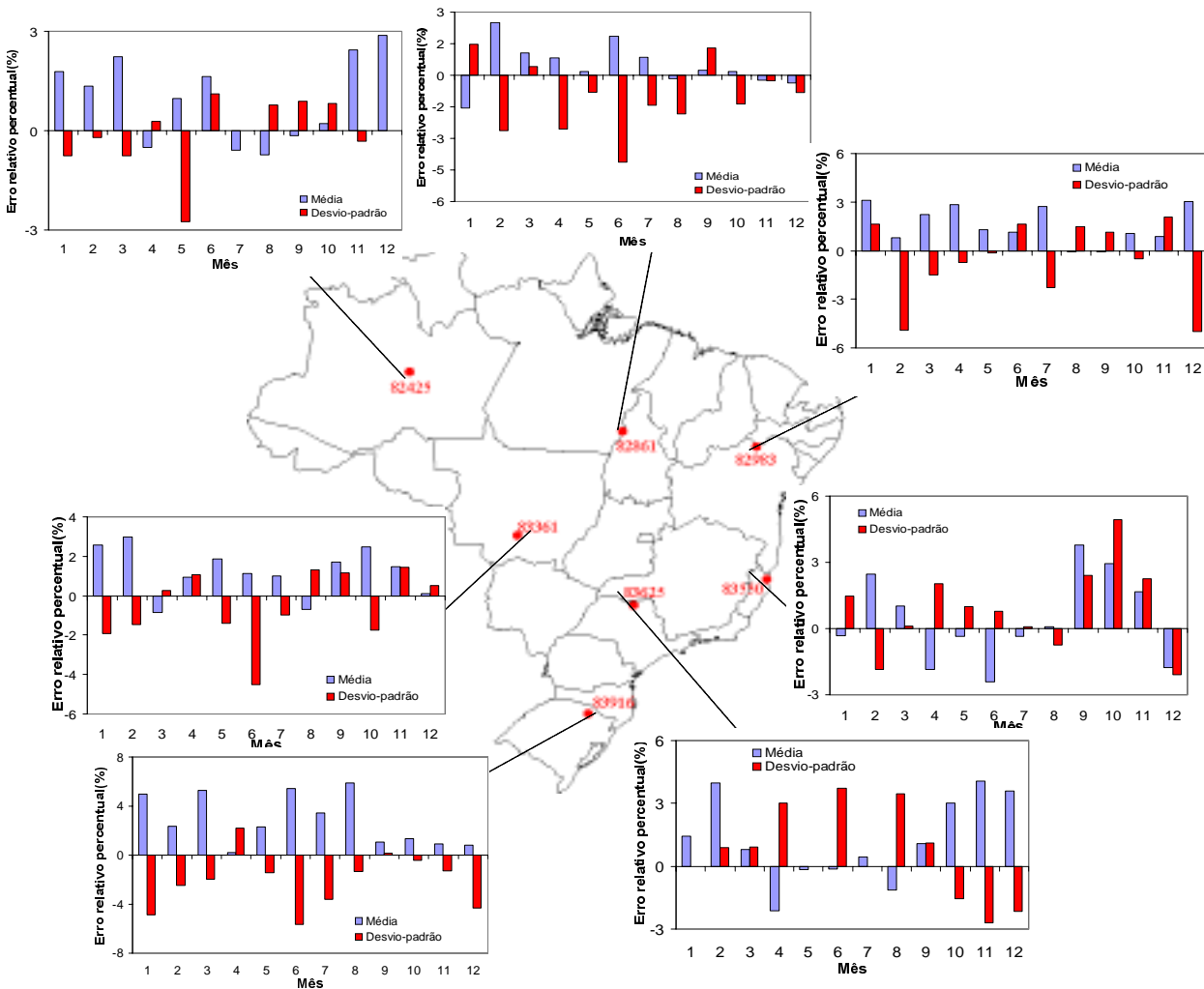


Figura 8. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) para a radiação solar global.



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

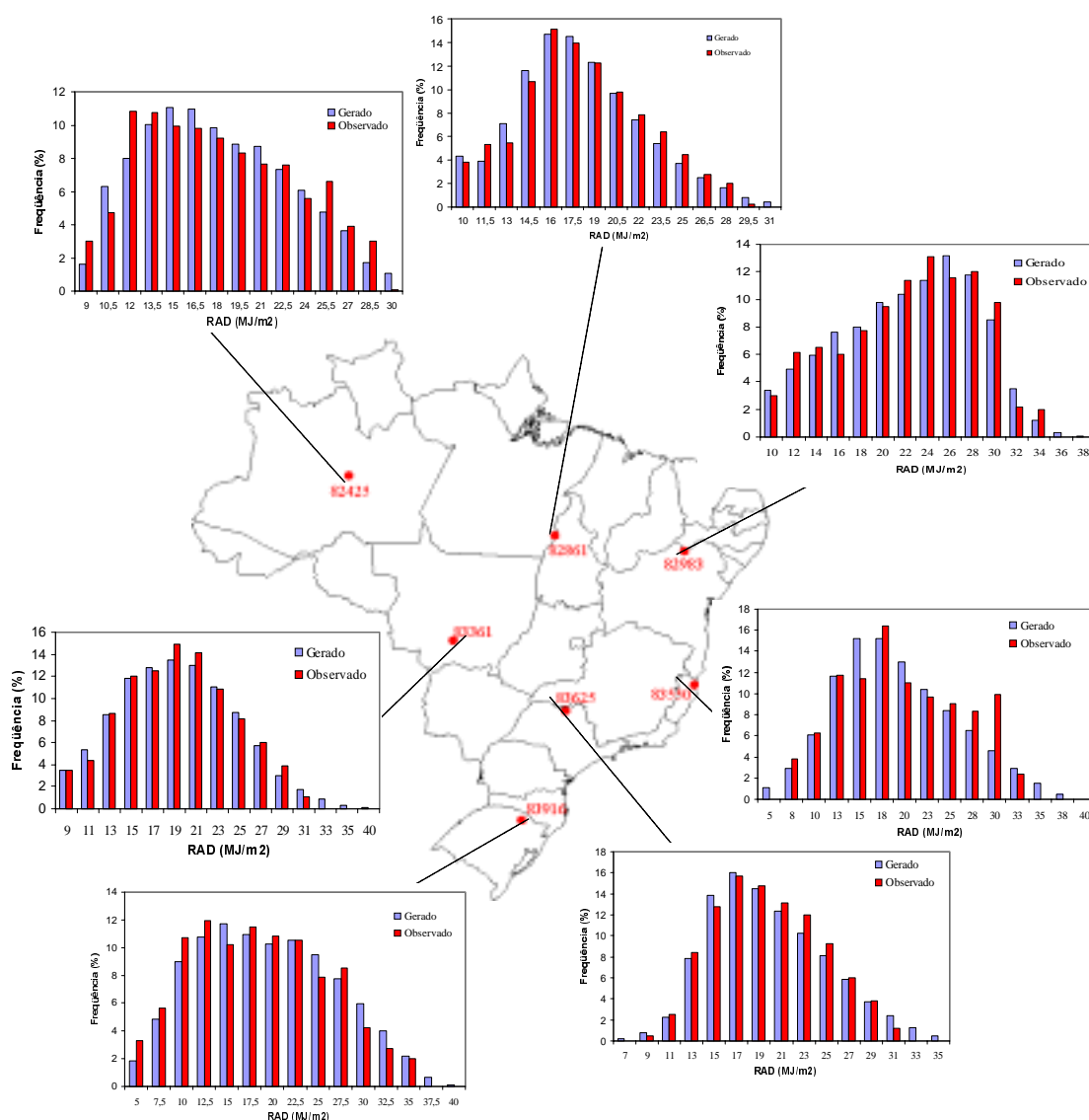
Figura 9. Erros relativos percentuais da radiação solar global para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país.

Assim como para a temperatura mínima não foi observada uma variação expressiva dos valores do MERP ao longo do ano para nenhuma das duas estatísticas, sendo que os valores foram todos muito baixos, variando em torno de 2% para os erros médios anuais, com valores mensais de até 6% (no mês de agosto para a média da estação Lagoa Vermelha).

No Quadro 3 são apresentados os valores do coeficiente de correlação e dos índices de concordância e de confiança para a média e o desvio padrão da radiação solar global de sete estações

climatológicas. Os valores foram sempre superiores a 0,98, o que pode ser considerado como um desempenho ótimo. Observa-se, também, que não ocorreu uma tendência bem definida dos valores do índice de confiança serem superiores para a média em relação ao desvio padrão, de forma semelhante ao evidenciado para os erros relativos percentuais que também não apresentaram uma tendência definida.

Na Figura 10 são apresentadas as distribuições de freqüência dos eventos observados e gerados das sete estações climatológicas analisadas. O perfil de



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 10. Distribuições de freqüência dos valores observados e gerados pelo modelo para a radiação solar global (RAD).

Quadro 3. Correlação (r) e índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média (\bar{x}) e o desvio padrão (s) da radiação solar global

Estação	r		d		c	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Coari	0,998	0,998	0,998	0,999	0,996	0,997
Conceição do Araguaia	0,996	0,999	0,997	0,999	0,993	0,998
Petrolina	0,999	0,992	0,998	0,995	0,997	0,987
Cuiabá	0,997	0,998	0,997	0,999	0,994	0,996
São Mateus	0,996	0,997	0,998	0,998	0,994	0,995
Barretos	0,996	0,998	0,994	0,999	0,991	0,997
Lagoa Vermelha	0,998	0,996	0,996	0,996	0,994	0,992
Média	0,997	0,997	0,997	0,998	0,994	0,994

distribuição das sete estações se aproxima do perfil da distribuição de probabilidade normal, com uma leve assimetria negativa, mais evidente nas estações Conceição do Araguaia e Barretos, tanto para os dados observados quanto para os gerados. Além disso, os testes de aderência de K-S e Qui-quadrado não foram significativos a 20 e 5% de significância, respectivamente, em todas as estações.

A análise do erro relativo percentual, sempre inferior a 8%, do índice de confiança, sempre superior a 0,98, e da distribuição de frequência dos dados observados e gerados, que mostrou aderência em todas as estações, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov (20%) e Qui-quadrado (5%), permite constatar a eficiência do modelo para a geração da radiação solar global, já que todos os testes apresentaram resultados considerados muito bons.

Conclusões

A análise dos resultados permitiu verificar que o modelo para a geração de séries sintéticas de temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar global permite representar de forma precisa as séries observadas destas variáveis para as condições climáticas brasileiras, conforme comprovado pela análise do módulo do erro relativo percentual, índice de confiança e pelos testes de aderência, que não foram significativos para todas as variáveis.

Referências Bibliográficas

BRAS, R.; RODRIGUEZ-ITURBE, I.. **Random**

functions and hydrology. Addison-Wesley, Reading, MA, 1985. 559p.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

MATALAS, N.C.. Mathematical assessment of synthetic hydrology. **Water Resources Research**, v.3, p.937-945, 1967.

OLIVEIRA, V.P.S. **Modelo para geração de séries sintéticas de precipitação.** 2003. 156p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

PRESS, W.H., et al. **Numerical recipes, the art of scientific computing.** Cambridge, 1986. 818p.

RICHARDSON, C.W. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation. **Water Resources Research**, v.17, p.182-190, 1981.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ. 1991. 449p.

WILKS, D.S. Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction. **International Geophysics Series**, v.59, Academic Press, 464p. 1995.

WILKS, D.S. Simultaneous stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation at multiple sites in complex terrain. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.96, p.85-101, 1999.

WILLMOTT, C.J.. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, n.2, p.184-194, 1981.