

USO DE REDES NEURAIIS PARA A PROJEÇÃO CLIMÁTICA NO BRASIL: TEMPERATURA MÍNIMA

Daniel Pereira Guimarães¹, Eduardo Delgado Assad², Elena Charlotte Landau¹, Thomaz Correa e Castro da Costa¹

¹Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, Bra. daniel@cnpms.embrapa.br. ²Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas – SP Bra. assad@cnptia.embrapa.br

RESUMO: O clima no planeta está mudando. A previsão dessas mudanças no futuro depende do uso de técnicas eficientes de projeções climáticas. Nessa área, tem sido crescente o uso de redes neurais artificiais para a detecção dessas mudanças. Este trabalho analisa as alterações da temperatura mínima no Brasil nos últimos cinquenta anos e determina as tendências de mudança nos próximos cem anos. Foram feitas análises de consistência de 171 séries históricas contendo dados diários de temperaturas entre os anos de 1960 até 2009. A arquitetura da rede (*perceptron*) foi determinada pelo uso de variáveis temporais (ano e mês) e variáveis espaciais (latitude, longitude e altitude) para explicar a variação espaço-temporal da temperatura usando como processo de aprendizado o algoritmo de *backpropagation*. A espacialização das tendências para visualização em mapas foi feita com o uso de SIG. Os resultados confirmam as tendências de aumento da temperatura mínima no Brasil e indica que os maiores impactos deverão ocorrer nas regiões sudeste e sul. Ao contrário das projeções feitas pelo IPCC, a região amazônica foi a que apresentou menor tendência de aquecimento. As temperaturas projetadas para o ano de 2050 apresentaram amplitudes de variação entre 0,4 e 2,1°C e sendo que para o ano de 2100 essa variação foi de 0,8 a 4,0°C.

Palavras-Chave: Mudança Climática, Redes Neurais Artificiais, Temperatura Mínima.

ABSTRACT: USE OF NEURAL NETWORKS TO PROJECT CLIMATIC CHANGES IN BRAZIL:
MINIMUM TEMPERATURE

The climate on the planet is changing. The prediction of these future changes depends on the use of efficient techniques for climate projections. For this purpose, it has been increasing the use of artificial neural networks to detect these changes. This study examines changes in minimum temperature in Brazil in the last fifty years and determines the trends of change over the next 50 and 100 years. It was made a consistency analysis of 171 historical series of daily temperature data between the years 1960 and 2009. The architecture of the network (*perceptron*) was determined by the use of temporal variables (year and month) and spatial variables (latitude, longitude and altitude) to explain the spatio-temporal variation of the temperature using the *backpropagation* algorithm as a process of learning. The spatial trend maps were generated using GIS. The results confirm the trends of increase of the minimum temperature in Brazil, and indicate that the greatest impacts will occur in the Southeastern and Southern regions. Unlike the projections made by the IPCC, the Amazon region showed the lower tendency to minimum temperature increase. The minimum temperatures predicted increase for the year 2050 is between 0.4 and 2.1 °C, while for the year 2100 this range is between 0.8 and 4.0 °C.

Key words: Climate Change, Artificial Neural Networks, Minimum Temperature.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos de origem antrópica, especialmente aqueles causados pela emissão de gases de efeito estufa, constituem a causa principal das mudanças climáticas (NOBRE et al. 2007). A modelagem climática permite a simulação de cenários futuros e constitui importante baliza para a formulação de medidas de mitigação. De modo geral, as análises de tendência nas mudanças do clima são feitas com a parametrização de modelos globais de circulação da atmosfera. O IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) disponibiliza vários cenários no site: http://www.mad.zmaw.de/IPCC_DDC/html/SRES_AR4/index.html.

As redes neurais constituem um ramo da inteligência artificial e constituem importante alternativa para a modelagem climática (GARDNER & DORLIN, 1998 e HSIEH & TANG, 1998). HALL et al. 1999

mostram a eficiência das redes neurais artificiais para a previsão de chuvas na região de Dallas - Fort Worth, Texas. TANGANG et al. (1998) usaram essa técnica para prever a ocorrência do fenômeno El Niño.

2. METODOLOGIA

Para a execução deste estudo foram usadas 171 séries históricas de estações meteorológicas convencionais do INMET (maioria) e de outras instituições como a CEMIG, CPTEC, EMBRAPA, FEPAGRO, LAMEPE/ITEP, SEDAM, SIMEPAR, UNESP e USP. Essas estações fazem parte do acervo de dados administrados pelo Sistema AgriTempo (www.agritempo.gov.br). A seleção das estações teve como base análises de consistência envolvendo a identificação de *outliers*, falhas de coleta e/ou anotação dos dados, alterações na dispersão dos dados (ocorrência de dados estimados) e alterações bruscas de tendências (identificação de mudança no posicionamento da estação). A Figura 1 apresenta a localização geográfica das estações meteorológicas.

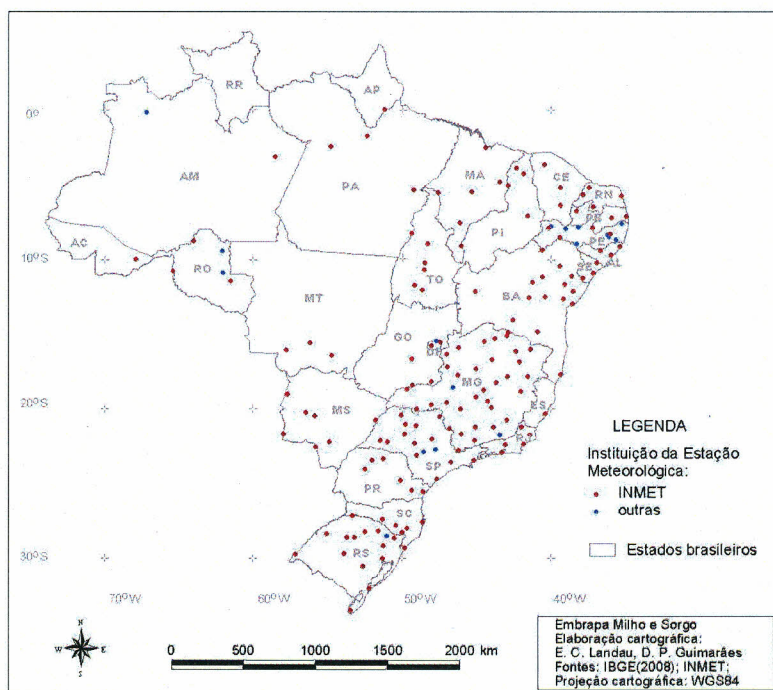


Figura 1. Localização geográfica das estações meteorológicas

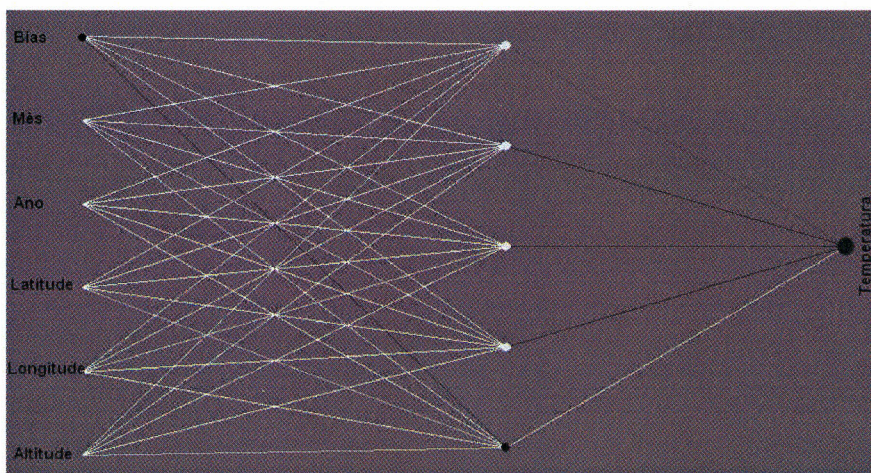


Figura 2. Arquitetura da Rede Neural Artificial para a modelagem das variações espaço-temporais da temperatura.

A análise de tendência foi feita pelo treinamento de uma rede neural artificial usando o algoritmo de *backpropagation* relacionando as variações de temperatura com alterações locais (latitude, longitude e

altitude) e alterações temporais (ano e mês). A Figura 2 mostra a arquitetura da rede usada no treinamento. A determinação da contribuição das variáveis de *input* para a explicação das alterações na temperatura se baseou na correlação *scrambled* e a definição da arquitetura efetiva da rede foi feita com o uso dos procedimentos de exclusão de outliers e o uso de podas nas unidades de conexão (*pruning method*) menos eficientes.

A opção por uma única camada de neurônios objetivou maior estabilidade nas projeções e maior facilidade na interpretação da contribuição das variáveis de *input* do sistema em relação à variável sob modelagem (temperatura). A duração do treinamento da rede se baseou na completa estabilização do erro sendo minimizado.

3. RESULTADOS

A Figura 3 mostra os valores observados e estimados de temperatura mínima pela aplicação da rede neural artificial.

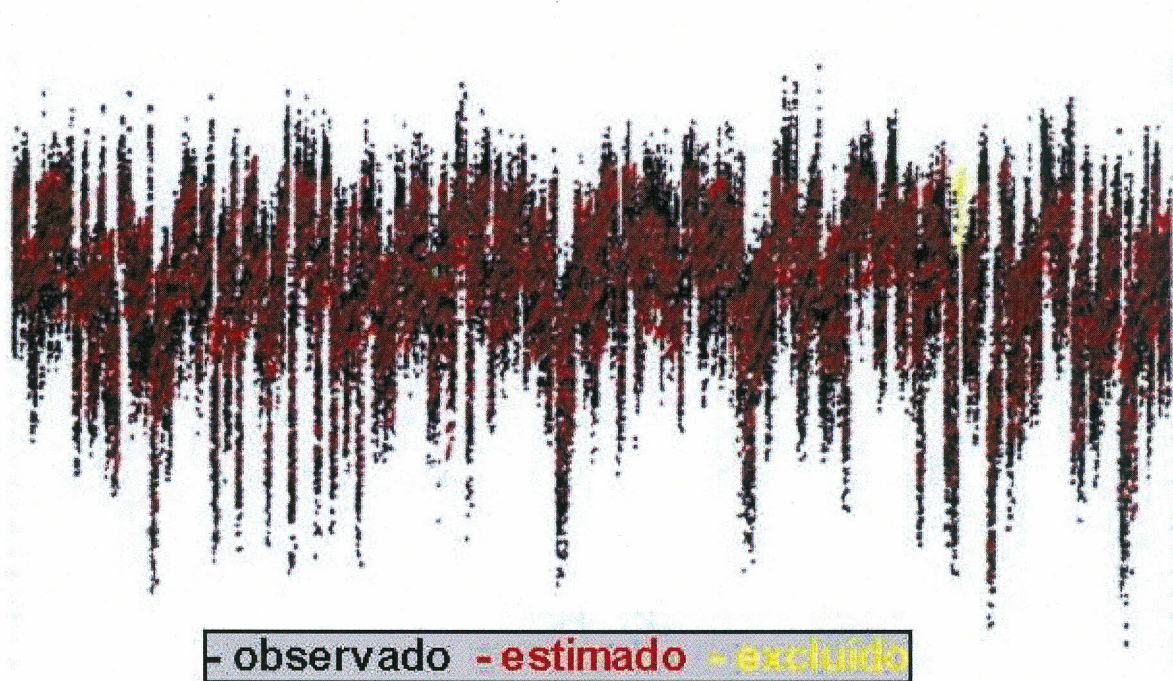


Figura 3. Estimativa da temperatura mínima mensal em 171 estações meteorológicas no Brasil.

A análise das tendências evidencia a capacidade da rede neural em descrever as variações médias das temperaturas mínimas sem, no entanto, explicar as variações extremas, as quais estão associadas a eventos de curta duração determinadas pela ação de massas de ar quentes ou frias, as quais não podem ser explicadas pelas variáveis de input do sistema e não fazem parte dos objetivos desse tipo de estudo. As variáveis que melhor explicaram as variações de temperatura foram: “mês”, “altitude” e “latitude”. As variáveis “longitude” e “ano” também apresentaram contribuições significativas no processo de modelagem. A inclusão no modelo da variável temporal “ano” indica que o processo de modelagem indica tendências de mudança na temperatura ao longo do tempo e que essa tendência é positiva, ou seja, de aquecimento.

As figuras 4 e 5 mostram as tendências de aumento da temperatura mínima esperadas para os anos de 2050 e 2100 em relação às condições observadas no ano de 2000. Nota-se que as maiores variações de temperatura foram obtidas para as regiões sudeste e sul, especialmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Santa Catarina.

Tendência de Aumento da Temperatura Mínima no Brasil nos próximos 50 anos

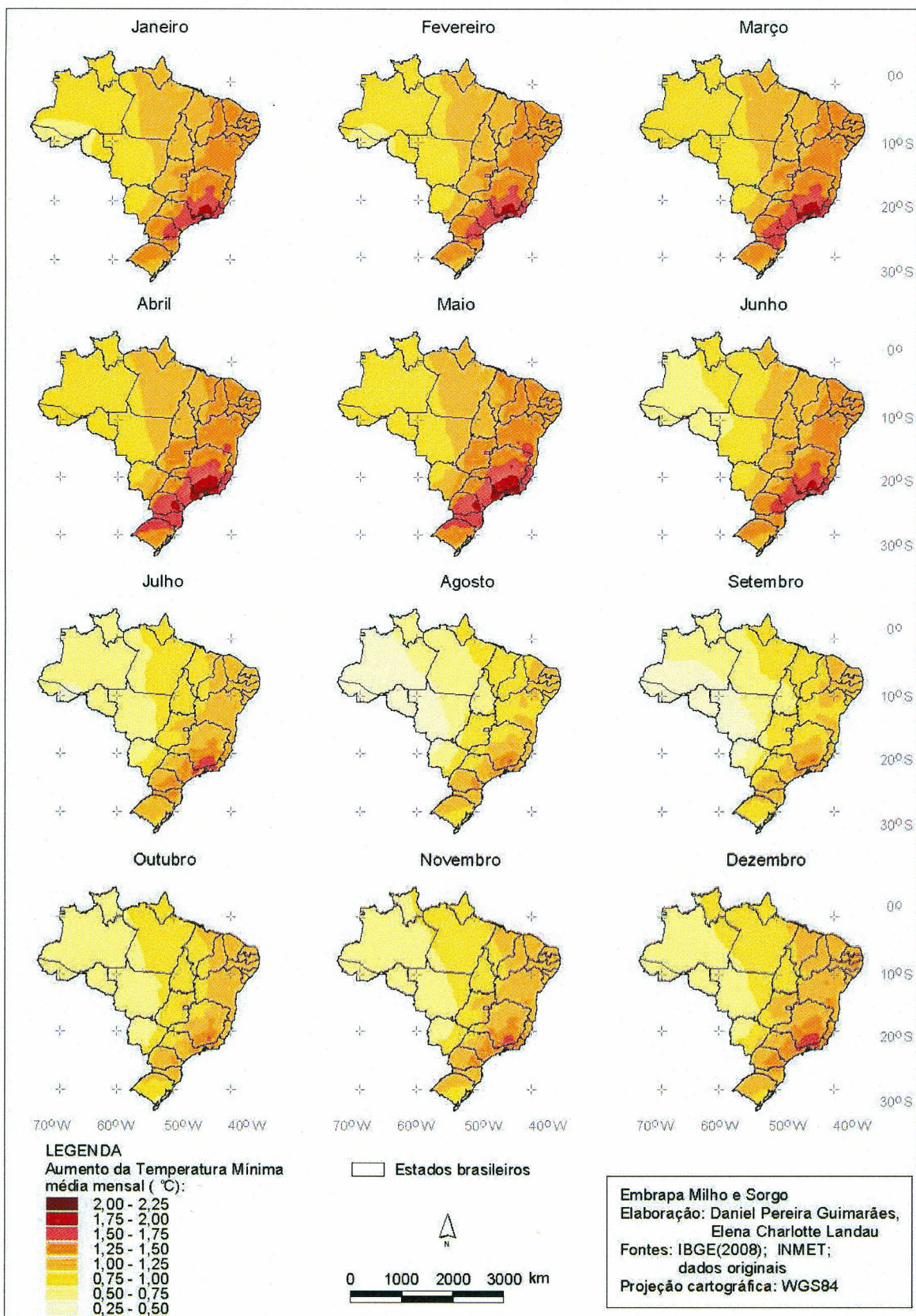


Figura 4. Tendência de aumento da temperatura mínima em 2050 com relação a observada no ano 2000.

Tendência de Aumento da Temperatura Mínima no Brasil nos próximos 100 anos

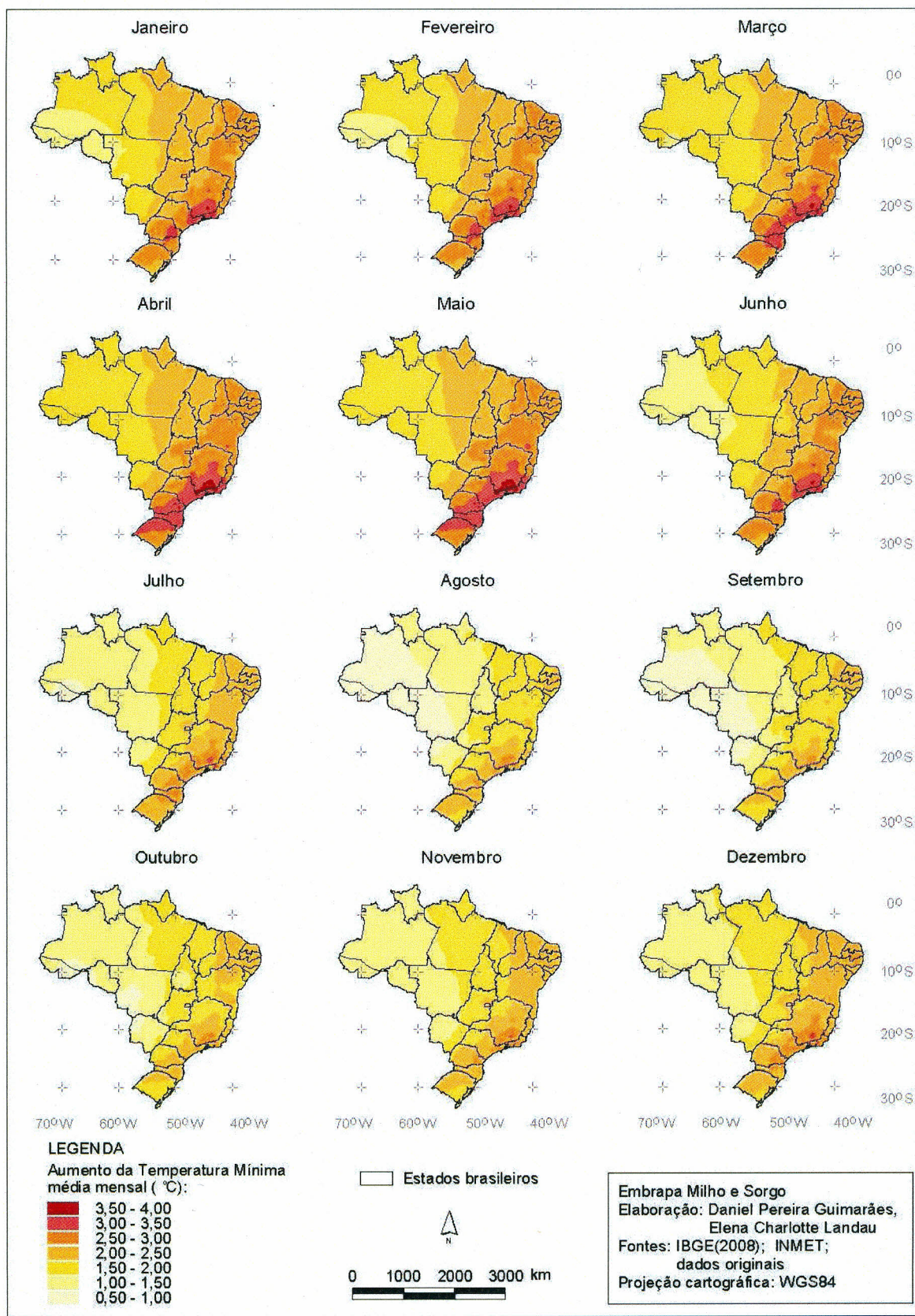


Figura 5. Tendência de aumento da temperatura mínima em 2100 com relação a observada no ano 2000.

4. CONCLUSÕES

O uso de redes neurais artificiais permitiu a modelagem das variações espaço-temporais da temperatura mínima no Brasil e a projeção das tendências futuras.

- As variações da temperatura mínima no Brasil são afetadas pelas condições espaciais na seguinte ordem: altitude, latitude e em menor escala a longitude.

- A época do ano (mês) foi identificada como a principal causa de variação da temperatura mínima.

- Existe uma tendência de aumento da temperatura ao longo do tempo e essa é diferenciada em termos regionais. Os maiores aumentos estão ocorrendo nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina sendo menos evidentes nas regiões Norte e Centro-Oeste.

- Os meses de abril e maio foram identificados como os de maior tendência de aumento da temperatura mínima.

- As projeções indicaram tendências de aumento da temperatura mínima entre 0,4 e 2,1°C em 2050 dependendo da localização geográfica. Para o ano de 2100 as variações esperadas situam-se entre 0,8 e 4,0°C.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIBIKE, Y. B.; COULIBALY, P. Temporal neural networks for downscaling climate variability and extremes. *Neural Network*. 19(2):135-44, 2006.

GARDNER, M.W.; DORLING, S.R. Statistical surface ozone models: an improved methodology to account for non-linear behavior, *Atmospheric Environment* 34 p. 21–34, 2000.

HALL, T., BROOKS, H.E.; DOSWELL, C.A. Precipitation Forecasting Using a Neural Network. *Weather Forecasting*. 14:338-345, 1999.

HSIEH, W. W.; TANG, B. Applying neural network models to prediction and data analysis in meteorology and oceanography. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 79 1855-1870, 1999.

NOBRE, C. A; SAMPAIO, G; SALAZAR, L. **Mudanças climáticas e Amazônia.** *Ciência e Cultura*. 59(3): 22-27, 2007.

TANGANG, F.T., B. TANG, A.H. MONAHAN, AND W.W. HSIEH, Forecasting ENSO Events: A Neural Network–Extended EOF Approach. *J. Climate*, 11, 29–41, 1998.