

USO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA A ESTIMATIVA DAS NORMAIS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS MENSIS E ANUAL NA REGIÃO NORDESTE

Michel Castro Moreira¹, Roberto Avelino Cecílio², José Luiz Cabral da Silva Júnior³, Francisco de Assis Carvalho Pinto⁴, Salomão de Sousa Medeiros⁵

ABSTRACT - Air temperature has great importance on agricultural planning in areas where its availability is limited. Thus, many researches make use of regression equations to predict air temperature using geographical coordinate data. Nevertheless, many times these equations are not sufficiently accurate to be used. In this paper artificial neural networks (RNAs) were developed intending to predict mean mensal and annual air temperature to Brazil's Northeast Region. The developed RNAs showed "Excellent" and "Very Good" performances, with maximum mean relative error equals to 4.23% and maximum errors between 1.3 and 2.1°C, in way that they can be used to predict mean air temperatures in the studied area.

INTRODUÇÃO

Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar é o que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em plantas e animais; sendo seu conhecimento fundamental em estudos de planejamento agrícola. Em zoneamentos de aptidão climática das culturas, por exemplo, as informações das condições térmicas regionais são elementos imprescindíveis e sua escassez em grandes áreas limita estudos suficientemente detalhados sobre o planejamento agrícola, como é o caso da região Nordeste do Brasil (Sediyama & Melo Júnior, 1998).

O ajuste de equações de regressão múltipla tem possibilitado estimar os valores médios mensais e anual das temperaturas do ar em função da longitude, latitude e altitude. Essa metodologia é bastante prática e vem sendo aplicada em diferentes regiões do Brasil. Todavia, muitas vezes as equações de regressão não possuem acurácia suficiente para serem aplicadas (Lima & Ribeiro, 1998; Marin et al., 2003) ou não apresentam estimativas confiáveis quando aplicadas próximas a limites das coordenadas geográficas (Cavalcanti & Silva, 1994).

A utilização de redes neurais artificiais (RNAs) é hoje uma alternativa potencial para estimativa de variáveis climáticas em substituição às equações de regressão e aos métodos tradicionais de interpolação, pois sua capacidade de "aprender" respostas para diferentes parâmetros de entrada as habilita a descrever problemas de maior complexidade, como a distribuição das temperaturas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo a estimativa das normais das temperaturas médias mensais e anual para a Região Nordeste utilizando-se RNAs.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se dados das normais das temperaturas médias mensais e anual, latitude,

longitude e altitude de 74 estações climatológicas listadas nas normais climatológicas dos estados do Nordeste brasileiro, fornecidos pelo INMET (BRASIL, 1992). Para o treinamento das RNAs foram escolhidas aleatoriamente 52 estações, enquanto as 22 estações restantes foram utilizadas para teste (Figura 1).



Figura 1. Mapa da região Nordeste do Brasil, com as estações utilizadas para treinamento e teste das RNAs.

Para aumentar a capacidade de generalização da RNA e com a finalidade de reduzir o problema de tamanho da amostra, utilizou-se uma variante da técnica de treinamento por validação cruzada conhecida como deixando um de fora (*leaving one out*). Dessa forma definiram-se as melhores arquiteturas e números de ciclos de treinamento que se ajustassem melhor ao problema para então realizar o treinamento de 13 RNAs, sendo uma para cada mês e uma para a média anual. As arquiteturas testadas foram do tipo 3- n_1 - n_2 -1 onde 3 representa o número de entradas do problema (latitude, longitude e altitude), n_1 e n_2 o número de neurônios artificiais nas camadas 1 e 2, respectivamente, e 1 a saída da RNA (valor da temperatura média mensal ou anual). Visando garantir que cada parâmetro de entrada recebesse igual atenção durante o treinamento, tanto os dados de entrada quanto os de saída foram padronizados para o intervalo entre -1 e 1 (MatLab, 2000).

A RNA foi treinada utilizando o algoritmo de aprendizado de retropropagação do erro, com funções de ativação do tipo tangente hiperbólica sigmóide nas camadas intermediárias e linear na de saída. A regra de treinamento utilizada foi a Levenberg-Marquardt. Dentre as RNAs treinadas, utilizou-se o critério de

¹ B. S. Ciência da Computação, Mestrando em Eng. Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG, (0xx31) 3899.1925, (mmoreira@dpi.ufv.br)

² Engº Agrícola, Doutorando em Eng. Agrícola, Bolsista CAPES, DEA/UFV, Viçosa - MG.

³ Meteorologista, Doutorando em Meteorologia Agrícola, Bolsista CNPq, DEA/UFV, Viçosa - MG

⁴ Engº Agrícola, Prof. Adjunto, Bolsista CNPq, DEA/UFV, Viçosa - MG.

⁵ Engº Agrícola, Doutor em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande - PB

escolha da melhor a que apresentasse o menor erro relativo médio (ERM) e que apresentasse erro absoluto máximo ($EA_{m\acute{a}x}$) entre os valores observados e estimados para a amostra de teste menor que 2,5°C.

Na avaliação do desempenho das RNAs utilizou-se o índice de confiança (c), proposto por Camargo & Sentelhas (1997), obtido por intermédio do produto entre o coeficiente de correlação (r) e o índice de concordância (d), proposto por Willmott (1981). Os índices ERM , $EA_{m\acute{a}x}$, c , r e d foram calculados utilizando-se apenas os valores de temperatura observados e estimados para as 22 estações utilizadas na amostra de teste. Para comparar a RNA com equações de regressão existentes para a Região Nordeste, calculou-se ainda o valor do coeficiente de determinação ajustado (R^2) utilizando-se os valores de temperatura observados e estimados para as 74 estações, e não apenas os valores da amostra de teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a arquitetura final de cada RNA treinada, os índices c , ERM e $EA_{m\acute{a}x}$ e a classificação do desempenho, segundo os critérios de Camargo & Sentelhas (1997), além dos valores de R^2 (para os dados da 74 estações).

Os altos valores de R^2 obtidos para as RNAs foram superiores àqueles obtidos por Marin et al. (2003) e por Medeiros et al. (2005) que ajustaram equações de regressão para a estimativa das temperaturas médias na Região Nordeste, sugerindo que a RNA é mais indicada para este propósito. Todavia, os valores de R^2 das RNAs foram inferiores àqueles encontrados por Cavalcanti & Silva (1994), que dividiu a região em três sub-áreas para o ajuste de equações de regressão. Contudo, vale ressaltar que já era de se esperar maiores valores de R^2 para as equações de Cavalcanti & Silva (1994), uma vez que estas foram ajustadas utilizando-se um maior número de estações, sendo que todas as estações foram utilizadas para o ajuste das equações, diferentemente das RNAs, em que parte das estações foi utilizada para teste. Os maiores valores de R^2 apresentados pelas equações de Cavalcanti & Silva (1994) de forma alguma indicam que há superioridade delas em relação à RNA, uma vez que já é fato conhecido que as equações apresentam sérios desvios quando aplicadas nos Estados do Maranhão e do Piauí (Medeiros et al., 2005).

Ainda analisando os dados da Tabela 1, verifica-se que o ERM máximo apresentado pelas RNAs foi de 4,23% no mês de junho, representando um erro relativamente baixo. Observa-se também que praticamente todas as RNAs apresentaram $EA_{m\acute{a}x}$ inferior a 2°C, exceção feita ao mês de outubro e novembro, com 2,1 e 2,0 °C, respectivamente, sendo estes valores próximos aos erros máximos observados por Ferreira et al. (1971) no Rio Grande do Sul. No geral as RNAs apresentaram excelente acurácia, obtendo 11 classificações de desempenho "Ótimo" (c maior que 0,85) e duas "Muito bom" (c entre 0,76 e 0,85). Estes fatos indicam que as RNAs desenvolvidas podem ser utilizadas com segurança para a estimativa das normais de temperatura do ar médias mensais e anual na Região Nordeste.

Tabela 1. Arquitetura e desempenho das RNAs desenvolvidas para estimativa das temperaturas

Mês	Ciclos	n_1	n_2	ERM *	$EA_{m\acute{a}x}$ (°C)	c *	Desempenho	R^2 **
Jan	125	4	5	2,56%	1,3	0,89	Ótimo	0,90
Fev	150	4	2	3,37%	1,9	0,80	Muito bom	0,82
Mar	50	4	2	2,74%	1,4	0,86	Ótimo	0,88
Abr	100	5	3	3,08%	1,5	0,88	Ótimo	0,90
Mai	200	3	4	2,17%	1,3	0,93	Ótimo	0,92
Jun	125	4	3	4,23%	1,9	0,88	Ótimo	0,92
Jul	100	5	3	4,07%	1,9	0,91	Ótimo	0,93
Ago	150	5	3	3,63%	1,9	0,92	Ótimo	0,93
Set	75	4	2	3,94%	1,9	0,91	Ótimo	0,93
Out	150	4	4	3,81%	2,1	0,91	Ótimo	0,92
Nov	50	5	5	2,99%	2,0	0,91	Ótimo	0,91
Dez	125	4	1	3,55%	1,9	0,80	Muito bom	0,78
Ano	125	3	4	2,04%	1,8	0,94	Ótimo	0,94

* calculado com dados das 22 estações da amostra de teste

** calculado com dados de todas as 74 estações

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas (1961-1990). Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.
- Camargo, A.P.; Sentelhas, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Rev. Bras. Agrometeorologia, 5:89-97, 1997.
- Cavalcanti, E.P.; Silva, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, 7, 1994, Belo Horizonte. Anais..., Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994, p.154-157.
- Ferreira, M.; Buriol, G.A.; Estefanel, V.; Pinto, H.S. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. Rev. Centro Ciências Rurais, 1(4):21-52, 1971.
- Lima, M.G.; Ribeiro, V.Q. Equações de estimativa da temperatura do ar para o Estado do Piauí. Rev. Bras. Agrometeorologia, 6(2):221-227, 1998.
- MATLAB software. Version 6.0, The MathWorks, Inc., Natick, MA. 2000.
- Marin, F.R.; Pandorfi, H.; Ferreira, A.S. Estimativa das temperaturas máximas, mínimas e médias mensais para o Brasil. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13., Santa Maria, 2003. Anais..., Santa Maria, 2003. (CD-ROM)
- Medeiros, S.S.; Cecílio, R.A.; Melo Júnior, J.C.F.; Silva Júnior, J.L.C. Estimativa e espacialização das normais das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental, 2005 (no prelo)
- Sediyama, G.C.; Melo Júnior, J.C.F. Modelos para Estimativas das Temperaturas Normais Mensais Médias, Máximas, Mínimas e Anual no Estado de Minas Gerais. Rev. Eng. Agricultura, 6(1):57-61, 1998.
- Willmott, C.J. On the validation of models. Physical Geography, 2:184-194, 1981.