

PROGNÓSTICO DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO VIA REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS

F. C. CONDE^{1,2}, L. T. A. MELLO¹, A. M. RAMOS², P. S. LUCIO^{2,3}

¹Instituto de Nacional de Meteorologia - INMET, Brasília – DF-Brasil

²Centro de Geofísica de Évora – Portugal

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte-Centro de Ciências Exatas e da Terra

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo verificar o prognóstico do armazenamento de água no solo proposto por Thornthwaite & Mather via redes neurais. A rede foi construída com as variáveis de precipitação total, temperatura média e periodicidade utilizando o algoritmo de aprendizagem backpropagation. Os valores gerados pela rede detectam bem a variabilidade diária e sazonal do armazenamento de água no solo, porém, os valores tendem a subestimar (superestimar) abaixo (acima) do 50° percentil. Ainda assim, os resultados foram satisfatórios, demonstrando a capacidade do método reconhecer o comportamento padrão dos dados produzindo soluções regulares e consistentes.

PALAVRAS-CHAVE: balanço hídrico, reconhecimento de padrão, análise de sensibilidade

PROGNOSTIC OF SOIL WATER STORAGE VIA ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ABSTRACT: The objective of this work is to verify the prognostic of the soil water storage according to Thornthwaite and Mather via neural network. The network was constructed by total precipitation, average temperature and periodicity variables using the backpropagation learning algorithm. The values generated by network detected the daily and seasonal variability of the soil water storage, however, the values tended to underestimate (overestimate) below (above) of 50° percentile. Nevertheless, the results were satisfactory, indicating the capacity of the method to recognize the data pattern producing regular and consistent solutions.

KEYWORDS: hydric balance, pattern recognition, sensitivity analysis.

INTRODUÇÃO

O balanço hídrico é uma ferramenta que pode ser usada para monitorar o armazenamento de água no solo. Com o conhecimento da massa de água que sai e que entra em um volume de controle é possível se contabilizar a água no solo sem a necessidade de medições diretas das suas condições. Thornthwaite & Mather (1955) desenvolveram um procedimento de cálculo para o balanço hídrico climatológico, um modelo hidrológico simples e eficiente que depende apenas de três variáveis: precipitação (PREC), evapotranspiração potencial (ETP) e capacidade de armazenamento de água do solo em função da profundidade efetiva das raízes (CAD). O resultado oferece estimativas de evapotranspiração real (ETR), déficit (DEF), excedente hídrico (EXC) e armazenamento de água no solo (ARM). Os autores também sugerem o balanço em uma escala seqüencial diária que segundo Rolin et al. (1998) é importante para as tomadas de decisões em práticas agrícolas tais como plantio, colheita, irrigação, entre outros.

Os modelos de Redes Neurais (RN) proporcionam uma alternativa interessante na construção de tecnologias de suporte à decisão. Redes neurais artificiais apresentam características específicas, intrínsecas à sua formulação, que possibilitam a aproximação de qualquer função

contínua, inclusive funções não lineares complexas, e também podem generalizar os resultados obtidos para dados previamente desconhecidos, ou seja, produzir respostas coerentes e apropriadas para padrões ou exemplos que não foram utilizados em seu treinamento (Fausset, 1994 e Bishop, 1995).

Este trabalho tem como objetivo prognosticar o armazenamento de água no solo através do método de Thornthwaite & Mather via Redes Neurais Artificiais (RNA's) levando em consideração as variáveis de temperatura média e precipitação total diária para as Cidades de Manaus, Salvador, Brasília e Porto Alegre.

METODOLOGIA

Nesse trabalho foram usados dados diários de precipitação e temperatura de estações do INMET durante o período de 2001 a 2005. A evapotranspiração potencial mensal foi obtida utilizando-se a metodologia de Thornthwaite (1948), adaptada por Pereira *et al.* (2002), que utiliza apenas a temperatura média mensal e a latitude local. O balanço hídrico sequencial diário foi calculado pelo método de Thornthwaite & Mather (1955), conforme descrito por Pereira et al. (1997).

Rede Neural Artificial Multicamadas

Variáveis de Entrada e Saída

As variáveis de entradas corresponderam a 8 entradas que reuniam os dados meteorológicos (temperatura média e precipitação total diária) e variáveis de periodicidade, enquanto que a variável de saída (valor alvo) foram os dados de armazenamento de água no solo obtido pelo balanço hídrico sequencial diário (ARM_TORNTHWAITE).

Treinamento das RN's

Utilizou-se o critério de uniformizar a topologia da rede do tipo [8-34-1] para todas as cidades. Os dados foram divididos dentro de três séries: série de treinamento, série de validação e série de teste. O principal objetivo para o treinamento de uma RN é a minimização da função de erro, onde o valor da função de erro é usado para determinar a qualidade da RN.

A soma dos quadrados é a função de erro mais utilizada e que apresenta um melhor ajuste para problemas de regressão. A função de erro soma dos quadrados é a soma das diferenças quadráticas entre o valor atual (valor alvo) e o valor de saída produzido pela RN.

Para o treinamento das redes foram utilizadas as variáveis meteorológicas, poluentes e periodicidade na camada de entrada e ARM_TORNTHWAITE na camada de saída.

Back-Propagation

O Back-Propagation (BP) é o mais usado e um dos melhores algoritmos de treinamento conhecidos para redes neurais, possuindo exigência de memória mais baixa que a maioria dos algoritmos. Pode ser usado na maioria dos tipos de rede, embora seja muito apropriado para treinar perceptrons de multicamadas, principalmente, com redes que apresentam elevado número de pesos.

Para o treinamento usando o algoritmo BP foram utilizadas as seguintes condições: taxa de aprendizagem de 0.1 a 10; taxa de momento de 0.1 a 5; condição de parada do treino até 500 iterações; função de ativação tangente hiperbólica; retenção e restauro da melhor rede; variação do peso de 0.1 a 10; 2 retreinamentos e atualizações dos ajustes dos pesos on-line.

Prognósticos do ARM_RNA

Após o treinamento, matematicamente, o prognóstico de ARM_RNA pode ser descrito como:

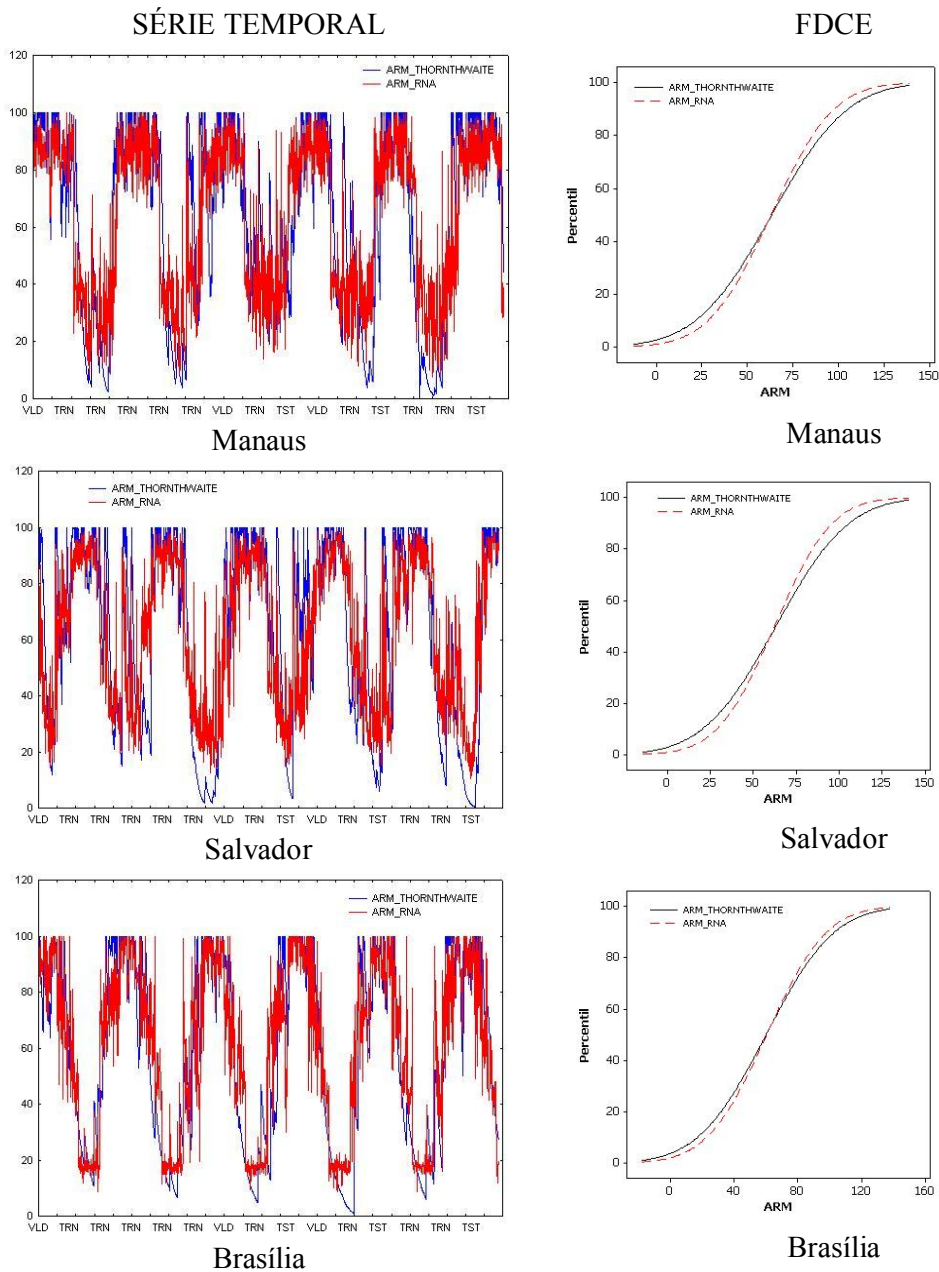
$$ARM_RNA = f\left(\sum_{i=1}^n (prp + tmed + per) \cdot w_i\right)$$

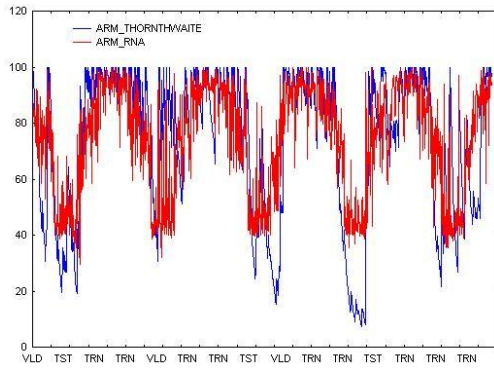
onde *prp*, *tmed* e *per* são as variáveis precipitação, temperatura média e periodicidade, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

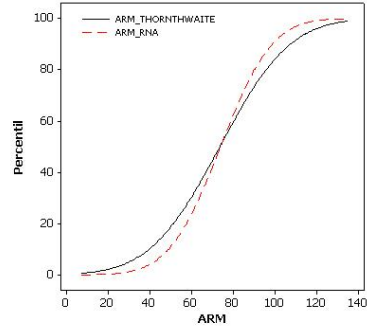
Na figura 1 observa-se que os valores prognosticados pela rede detectam bem a variabilidade diária e sazonal do armazenamento de água no solo, apresentando uma boa performance durante a fase de treinamento, porém, observando através da Função de Distribuição Cumulativa Empírica (FDCE), os valores tendem a sobreestimar (superestimar) abaixo (acima) da mediana (50º percentil).

De um modo geral, observou-se que as variáveis de periodicidade (Figura 2) denotaram uma importância em torno de 80% para as cidades de Manaus e Brasília, enquanto que as cidades de Porto Alegre e Salvador apresentaram-se mais sensíveis para a temperatura média (70% e 30%, respectivamente) e sazonalidade (25% e 50%, respectivamente).



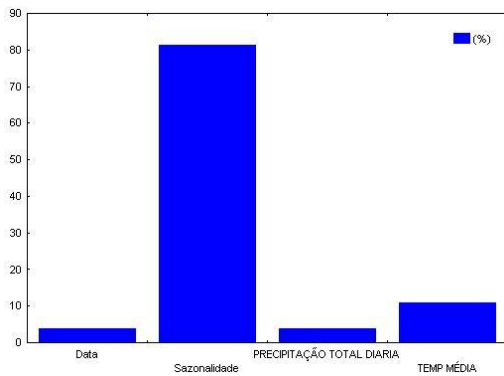


Porto Alegre

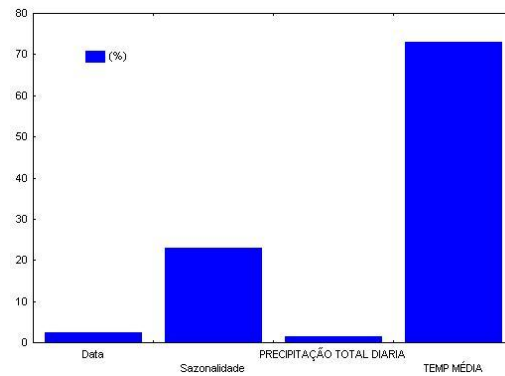


Porto Alegre

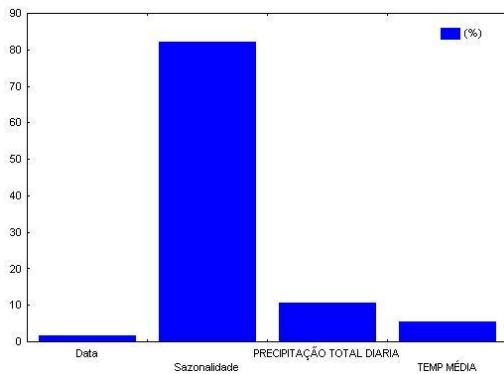
Figura 1 – Série Temporal e Função de Distribuição Cumulativa Empírica de ARM_THORNTHWAITE X ARM_RNA



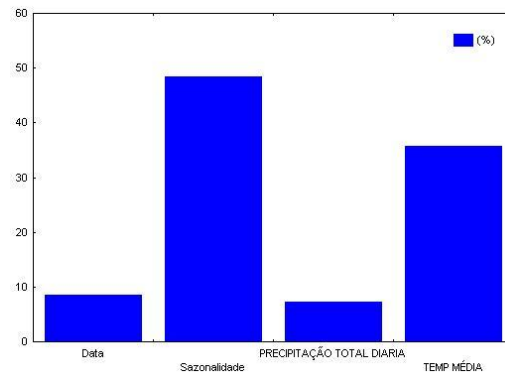
Manaus



Salvador



Brasília



Porto Alegre

Figura 2 – Análise de Sensibilidade.

CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia de RNA para o prognóstico do ARM apresentou resultados satisfatórios, demonstrando a capacidade do método de reconhecer o comportamento padrão dos dados, produzindo soluções regulares e consistentes.

REFERÊNCIAS

BISHOP, C. M., 1995. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford University Press, pp. 482.

CAMARGO, M. B. P.; CAMARGO, A. P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. *Bragantia*, Campinas, v. 52, p. 169-172, 1993.

FAUSSET, L., 1994. *Fundamentals of Neural Networks: architectures, algorithms, and applications*, New York: Prentice Hall. ISBN 0-13-334186-0.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. *Evapotranspiração*. Piracicaba : ESALQ, 1997. 183p.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

THORNTWHAITE (1948), adaptada por PEREIRA et al. (2002), que utiliza apenas a temperatura média mensal.

THORNTWHAITE, C.W.; MATHER, J.R. *The water balance*. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)