

# MODELO AGROMETEOROLÓGICO APLICADO A ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE PARA A CULTURA DO SORGO NA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO, SP E SUA APROXIMAÇÃO POR MEIO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Héliton Pandorfi<sup>1</sup>, Cristiane Guiselini<sup>2</sup>, Fábio Ricardo Marin<sup>3</sup>, Iran José Oliveira da Silva<sup>4</sup>

**ABSTRACT** - The objective of this work was use the proposals of Doorembos & Kassan (1994) and its approach by means of a neural network, generating exits that if approached to "the true" exits (Agrometeorology Model) for estimate of the real productivity of sorghum for region of Ribeirão Preto, SP, considering itself it secular variation for each period of ten days through 5 years (1980-1985). The work was based on historical series of data of average temperature (°C), insolation (hours) and precipitation (mm) of the locality of Ribeirão Preto. The used artificial neural network was back-propagation (Neural Works). The neural models had presented a previsible performance, of generic form, for the real productivity of the culture. The number of neurons used in the occult layer (hidden 1), in the phase of training of the net was of 25, corresponding approximately 6 times the number of entrance estimators (inputs) more the exit (output). In this aspect, it was concluded that it is possible to effect agricultural forecasts with relatively small number of repetitions, < 5 years/crops, being clearly that the adjustment of the models more depends on the quality and representation of the data of that of its amount.

## INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo é lavoura de uso comum no Estado de São Paulo. Seu vigor e robustez frente às adversidades climáticas conferem grande versatilidade à cultura, sendo o sorgo-forrageiro e o sorgo-vassoura empregados como cultura principal, semeados entre outubro e novembro na safra das águas, ou o sorgo-granífero como cultura secundária, semeado entre fevereiro e março na safrinha (Sawasaki, 1998).

Doorembos & Kassam (1994), baseando-se no trabalho de De Wit (1965), propuseram o método da Zona Agroecológica para a estimativa do rendimento potencial das culturas, em que consideraram uma variedade altamente produtiva, bem adaptada ao ambiente de crescimento e sem limitações causadas por falta de água e nutrientes ou por pragas e doenças. Adaptado a culturas agrícolas, esse método recebe várias correções através de fatores deflacionários relativos a respiração, índice de área foliar e índice de colheita. Doorembos & Kassam (1994) também propuseram uma forma para se computar a queda relativa de rendimento causada pelo déficit de evapotranspiração relativa, ou seja, pela deficiência hídrica no período. Essa técnica, associada com o método da Zona Agroecológica, é uma ferramenta simples e de grande utilidade em estudos sobre modelagem do rendimento dos cultivos, permitindo interpretar as variações de rendimento entre anos e regiões distintas.

Modelos de redes neurais artificiais ou simplesmente "Redes Neurais" são modelos de processamento distribuído paralelamente procurando

alcançar boas performances via interconexão de elementos computacionais simples. Os modelos de redes neurais têm grande potencial de aplicação em agrometeorologia, em que se faz necessário uma imensa gama de informações, séries históricas, possibilitando a compreensão das relações entre o ambiente e as atividades agrícolas. Apesar de desenvolver um programa de instruções seqüenciais os modelos de redes neurais exploram muitas hipóteses simultaneamente usando massivamente redes paralelas compostas de muitos elementos conectados por ligações de variáveis pesos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi empregar as proposições de Doorembos & Kassan (1994) e sua aproximação por meio de uma rede neural, gerando saídas que se aproximasse das saídas "verdadeiras" (Modelo Agrometeorológico) para estimativa da produtividade real do sorgo granífero para região de Ribeirão Preto, SP, considerando-se a variação temporal para cada decêndio ao longo de 5 anos (1980-1985).

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho baseou-se em séries históricas de dados (1980-1985) de temperatura (°C), insolação (horas) e precipitação (mm) da localidade de Ribeirão Preto.

A estimativa do rendimento potencial (Rp) foi feita utilizando-se o "Método da Zona Agroecológica". Esse método pressupõe que as exigências hídricas, nutricionais e fitossanitárias da cultura sejam atendidas, e que a produtividade seja condicionado apenas pelas características da cultura e pela disponibilidade de radiação solar, fotoperíodo e temperatura do ar.

A produtividade real (Pr) foi estimado a partir da deficiência hídrica relativa ( $1 - E_{Tr}/E_{Tc}$ ) ponderada por um fator de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico (Ky), conforme apresentado por Doorembos & Kassam (1994).

Após rodar o balanço e se determinar os Pp e Pr, o modelo utilizado neste trabalho para desenvolvimento da rede neural foi o algoritmo "backpropagation", citado por (Zurada, 1992) a partir da generalização da regra de aprendizado "Widrow-Hoff", introduzida por Bernard Widrow & Marcian Hoff em 1960-1962 para redes do tipo "feedforward perceptron".

A rede desenvolvida apresenta a configuração de uma rede BP de 3 camadas (1 de entrada, 1 escondidas e 1 de saída) utilizada na aproximação do Rr da cultura do sorgo determinado pelo modelo agrometeorológico, onde a matriz de entrada é de 216 x 3, ou seja, 216 observações com 3 variáveis (temp., insolação e chuva) e a matriz de saída é 216 x 1. Segundo um critério heurístico escolheu-se a seguinte topologia: 25 neurônios para a camada escondida e 1 neurônios para a camada de saída.

<sup>1</sup> NUPEA, ESALQ, USP, Piracicaba, SP, Brazil. Bolsistas de pós-graduação (Física do Ambiente Agrícola) CAPES ([hpandorf@esalq.usp.br](mailto:hpandorf@esalq.usp.br)).

<sup>2</sup> DCE, ESALQ, USP, Piracicaba, SP, Brazil. Bolsistas de pós-graduação (Física do Ambiente Agrícola) da CAPES.

<sup>3</sup> Pesquisador, Embrapa, Informática na Agropecuária, Campinas, SP, Brazil.

<sup>4</sup> Prof. Dr., NUPEA, ESALQ, USP, Piracicaba, SP, Brazil.

Para resolução das etapas subseqüentes utilizou-se o software Matlab 6.0 que possui uma *toolbox* exclusiva para redes neurais artificiais, isto é, possui um conjunto de funções pré-definidas que são de grande valia para projetos envolvendo redes neurais artificiais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto de treinamento foi apresentado à rede neural para que o algoritmo *backpropagation* atuasse, sendo importante salientar que adotou-se 0,005 como valor do erro médio quadrático para que o algoritmo alcançasse, isto significa que o algoritmo realizou várias iterações de atualização dos pesos até atingir este valor de erro. Na figura 1 verifica-se o gráfico de busca do vetor gradiente na superfície de erro.

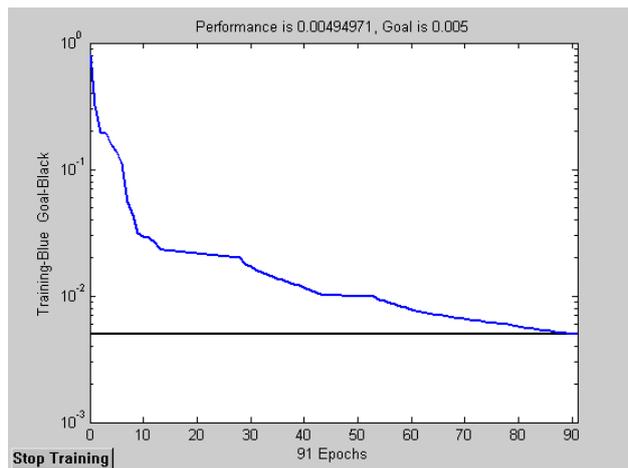


Figura 1. Representação da curva de treinamento da rede até a superfície de convergência.

O treinamento procedeu sem problemas e a rede conseguiu convergir para o valor do erro determinado. Alguns parâmetros do algoritmo *backpropagation* utilizados para treinar esta rede são descritos na tabela 1

Tabela 1. Parâmetros utilizados para o algoritmo *backpropagation*.

Parâmetros	Valor
Taxa de aprendizagem	0,1
Erro	0,005
Neurônio na camada oculta	25
Função de transferência na camada oculta	Tangente sigmoidal
Função de transferência na camada de saída	Tangente sigmoidal

Como considerações gerais extraídas dos resultados dos testes (treinamento, teste e validação) podem-se dizer que as aproximações dos valores estimados pela rede apresentaram uma ótima caracterização dos dados reais, determinados pelo modelo agrometeorológico, percebendo-se somente alguns pontos isolados em que houve uma pequena tendência a superestimar valores muito altos e muito baixos (Figura 2).

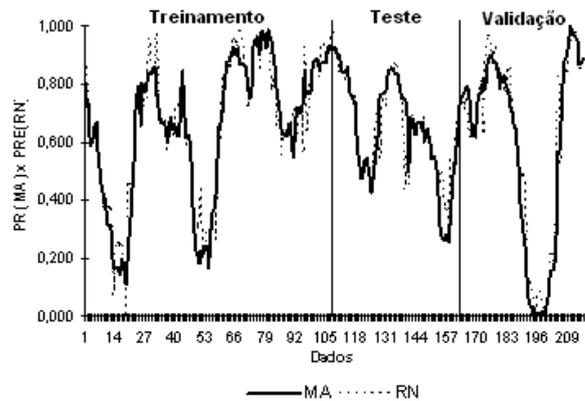


Figura 2. Produção real e estimada pela rede nas fases de treinamento, teste e validação.

As previsões giram em torno de um valor médio capaz de simular os picos dos eventos. O modelo de previsão, portanto, consegue explicar a variação da produtividade real esperada para a cultura do sorgo (Figura 3) tendo em vista o alto valor encontrado para o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9252$ ).

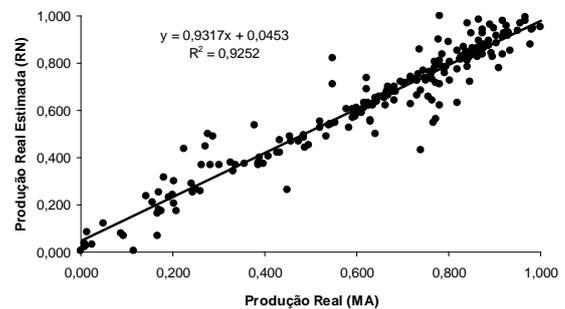


Figura 3. Relação entre a produtividade normalizada real (Doorenbos & Kassam, 1994) e a produtividade normalizada estimada pela rede neural.

O sucesso das redes neurais está diretamente relacionado com a sua alta versatilidade, pois existem aplicações para as mais diversas áreas e isto faz dela uma tecnologia bastante promissora para o desenvolvimento de aplicações na agropecuária.

O problema de aproximação proposta neste trabalho, serviu para demonstrar a viabilidade de utilização de RNAs para a previsão da produtividade da cultura do sorgo com base nos modelos agrometeorológicos. É importante ressaltar que outras arquiteturas de rede ou outros parâmetros também podem ser aplicados para situações semelhantes e que a solução proposta neste trabalho foi escolhida com o objetivo de apresentar o potencial de aplicação da ferramenta e seu bom desempenho neste tipo de problema.

## REFERÊNCIAS

- Doorenbos, J.; Kassam, A.H. Efeitos da água no rendimento das culturas. Roma: FAO, 1994. 212p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- Zurada, J.M. Introduction to Artificial Neural Systems, West Publishing Company, USA, 1992.