



UTILIZAÇÃO DE REDES NEURAS ARTIFICIAIS NA PREDIÇÃO DE FENOFASES

Mariana R. Magalhães¹, Evandro L. M. Machado², Maria J. H. Souza³, Gilson G. S. Oliveira Júnior⁴

1 Eng^a. Florestal, Doutoranda em Eng. Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG
magalhaesflorestal@hotmail.com

2 Eng. Florestal, Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Florestal, UFVJM, Diamantina - MG

3 Eng^a. Agrícola, Prof^a. Adjunta, Departamento de Agronomia, UFVJM, Diamantina - MG

4 Eng. Florestal, Mestrando em Ciência Florestal, Depto. de Engenharia Florestal, UFVJM, Diamantina - MG

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013
– Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém,
PA.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi utilizar a Rede Neural Artificial para prever a ocorrência de eventos fenológicos. O estudo foi conduzido em duas áreas de Cerrado localizadas na região do Alto Jequitinhonha, Minas Gerais. Foram selecionadas as espécies *Caryocar brasiliense*, *Bowdichia virgilioides* e *Plathymenia reticulata*, sendo 12 indivíduos de cada espécie em cada área. Os indivíduos selecionados foram visitados quinzenalmente entre dezembro de 2008 e fevereiro de 2011. Nestas visitas foram registradas as fenofases reprodutivas. Dados meteorológicos diários de precipitação e temperatura foram coletados. Foram calculados os seguintes parâmetros: temperatura máxima e mínima; amplitude térmica; precipitação do ano anterior ao evento; precipitação do ano atual ao evento e fotoperíodo. Dentre as variáveis climáticas, a precipitação apresentou a maior amplitude de 0 a 928,5 mm e o fotoperíodo a menor variando de 10,91 a 13,08 horas diárias de insolação. A rede apresentou um bom ajuste com valores de erro quadrático médio e correlação de $2,35 \times 10^{-6}$ e 0,860, respectivamente. A precisão do ajuste entre os dados observados e os estimados e os valores das correlações demonstraram a forte relação entre a fenologia e as variáveis climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Cerrado; *Caryocar brasiliense*; Alto Jequitinhonha

USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE PHENOPHASES PREDICTION

ABSTRACT: The aim of this study was to use Artificial Neural Network to predict the occurrence of phenological events. The study was conducted in two areas located in the Cerrado region of Alto Jequitinhonha, Minas Gerais. Were selected the species *Caryocar brasiliense*, *Bowdichia virgilioides* and *Plathymenia reticulata*, were 12 individuals of each species in each area. The individuals selected were visited fortnightly between December 2008 and February 2011. In these visits were recorded reproductive phenophases. Daily meteorological data of rainfall and temperature were collected. We calculated the following parameters: maximum and minimum temperature, thermal amplitude, precipitation of the year preceding the event; precipitation of the current year the event and photoperiod. Among the





climatic variables, the precipitation presented the highest amplitude from 0 to 928.5 mm, and the smallest amplitude photoperiod ranging from 10.91 to 13.08 hours of daily sunshine. The network presented a good fit with values of mean square error and correlation of 2.35×10^{-6} and 0.860, respectively. The accuracy of the fit between the values observed and the estimated, and values of the correlations demonstrated the strong relationship between phenology and climate variables.

KEYWORDS: Savannah, *Caryocar brasiliense*; Alto Jequitinhonha

INTRODUÇÃO

A Rede Neural Artificial trata-se de uma importante técnica estatística não-linear capaz de resolver uma gama de problemas complexos. Isso torna o método extremamente útil quando não é possível definir um modelo explícito ou uma lista de regras. Em geral, isso acontece em situações em que o ambiente é dinâmico (VELLASCO, 2007).

A maior vantagem da Rede Neural Artificial (RNA) sobre os métodos convencionais é que elas não requerem informação detalhada sobre os processos físicos do sistema a ser modelado, sendo este descrito explicitamente na forma matemática (modelo de entrada-saída) (SUDHEER et al., 2003). O objetivo deste trabalho foi utilizar a RNA com o intuito de prever a ocorrência de eventos fenológicos com base em eventos passados e variáveis meteorológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em duas áreas de Cerrado localizados na região do Alto Jequitinhonha, Minas Gerais. A primeira situada no Complexo da Serra do Espinhaço em Diamantina (DIA) no Parque Estadual do Biribiri ($18^{\circ}14'53''$ S e $43^{\circ}39'57''$ W; altitudes variando entre 750 a 1620 m) possui um mosaico de remanescente de Cerrado denso e Cerrado típico (Walter *et al.*, 2008), com cerca de 17.000 ha. O solo predominante é arenoso e raso com rochas compostas quase que exclusivamente de quartzo. O clima da região é Cwb, mesotérmico úmido com invernos secos e verões amenos, com precipitação e temperatura médias anuais de 1404 mm e $18,1^{\circ}\text{C}$.

A segunda área está situada em Itamarandiba (ITA) e apresenta um remanescente de Cerrado denso (Walter *et al.*, 2008). Localizada na Reserva Guapuruvú, da empresa APERAM ($17^{\circ}43'22,6''$ S e $42^{\circ}46'20,1''$ W; com altitudes variando entre 941 a 953 m), possui cerca de 25.300 ha. O solo predominante na região é Latossolo Vermelho Distrófico. O clima da região é Aw, clima é tropical com estação seca, onde a precipitação e temperatura médias anuais são de 1030 mm e 23°C .

As espécies *Caryocar brasiliense*, *Bowdichia virgilioides* e *Plathymenia reticulata* foram selecionadas devido ao seu potencial em recuperar áreas degradadas e uso múltiplo de produtos (madeireiros e não madeireiros).

Para o estudo dos padrões fenológicos, foram selecionados 12 indivíduos de cada espécie em cada uma das três áreas. Estes indivíduos foram amostrados, aleatoriamente, percorrendo-se trilhas na área de estudo obedecendo a uma distância mínima de aproximadamente três metros entre eles. Os indivíduos selecionados foram georreferenciados e visitados quinzenalmente entre dezembro de 2008 e fevereiro de 2011. Nestas visitas foram registradas as fenofases,





segundo a escala de Fournier e a presença ou ausência das fenofases reprodutivas: botões florais; copa totalmente florida; floração concluída; frutos novos; frutos maduros e dispersão. Estes eventos fenológicos foram quantificados quinzenalmente, através do cálculo do índice de atividade segundo BENCKE & MORELLATO (2002).

Dados meteorológicos diários de precipitação e temperatura no período de dezembro de 2008 e fevereiro de 2011 foram fornecidos pelas Estações Climatológicas Principais de Diamantina e Itamarandiba, únicas disponíveis nas áreas estudadas. Foram calculados os seguintes parâmetros: temperatura máxima e mínima; amplitude térmica; precipitação do ano anterior ao evento; precipitação do ano atual ao evento e fotoperíodo.

Redes Neurais Artificiais

Aproximação de função é uma tarefa de aprendizagem das redes neurais artificiais que consiste em encontrar uma função que descreva a relação entre uma variável quantitativa (saída) e uma ou mais variáveis quantitativas e, ou qualitativas (entradas), a partir da apresentação de dados observados destas variáveis a uma configuração de rede pré-estabelecida (BRAGA et al., 2007).

A estimativa futura (próxima quinzena com base na atual): a porcentagem de ocorrência de um evento fenológico da próxima quinzena (saída) foi estimada em função das variáveis espécie (3 classes), local (2 classes), mês atual (12 classes), quinzena atual (2 classes), mês futuro (12 classes), quinzena futura (2 classes), precipitação anual relativa ao período do evento (presente), precipitação anual anterior ao período do evento (presente), temperatura máxima (presente), temperatura mínima (presente), amplitude térmica (presente) e fotoperíodo (presente). Esta análise também considerou uma rede para todos os fenológicos (neste caso, foi incluído como entrada a variável evento fenológico com 6 classes).

As redes neurais artificiais foram treinadas no sistema computacional NeuroForest – Start, com as seguintes configurações: número de neurônios da camada de entrada em função do número e das características das variáveis de entrada; número de neurônios da camada oculta menor ou igual ao número de neurônio da camada de entrada; número de neurônios da camada de saída igual a um (1); função de ativação da camada oculta - tangente hiperbólica; função de ativação da camada de saída - sigmoideal; algoritmo de treinamento - Resilient propagation; critério de parada do treinamento - erro médio quadrático igual a 10^{-6} ou número de épocas (ciclos) igual a 10.000 (o que fosse atingido primeiro).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as variáveis climáticas, a precipitação apresentou a maior amplitude de 0 a 928,5 mm e com desvio padrão de 656,5 e o fotoperíodo a menor variando de 10,91 a 13,08 horas diárias de insolação e com desvio de 1,53 (tabela 1). Segundo YAZDANPANA et al. (2010), o efeito do clima e parâmetros atmosféricos são importantes para determinação da previsão de diferentes eventos fenológicos.

A rede apresentou um bom ajuste com valores de erro quadrático médio e correlação de $2,35 \times 10^{-6}$ e 0,860, respectivamente. Os valores referentes aos dados observados foram subestimados em datas distintas (figura 1). YAZDANPANA et al. (2010) utilizaram dados climáticos e fenológicos para prever eventos fenológicos para a maçã utilizando Redes Neurais Artificiais e encontrou uma precisão satisfatória.





**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



Segundo OTEROS et al. (2012), os modelos de previsão para as fenofases separadamente apresentaram maior eficácia em relação aos modelos gerais, provavelmente porque plantas respondem de forma diferente aos mesmos estímulos ambientais dependendo das condições de tempo em um determinado ano.

As Redes Neurais Artificiais demonstraram forte relação entre o padrão fenológico e as variáveis climáticas. De acordo com SCHULZE (1986), a disponibilidade de água no solo desponta como a principal variável dentre os modelos teóricos que tentam explicar a dinâmica fitofisionômica do Cerrado. A aparente correlação entre atividade e disponibilidade de água sugere que a seca sazonal, atuando como um fator limitante para o crescimento, seja um dos principais fatores ambientais determinantes dos padrões fenológicos (BULHÃO E FIGUEIREDO, 2002).





**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



Tabela 1: Valores de máximo, mínimo e desvio padrão das variáveis meteorológicas utilizadas nas redes neurais artificiais.

	Precipitação do ano atual	Precipitação do ano anterior	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Amplitude térmica	Fotoperíodo
Mínimo	0.0	0.0	21.1	10.04	7.3	10.91
Máximo	928.50	373.30	31.89	19.92	15.48	13.08
Desvio padrão	656.55	263.96	7.63	6.99	5.78	1.53

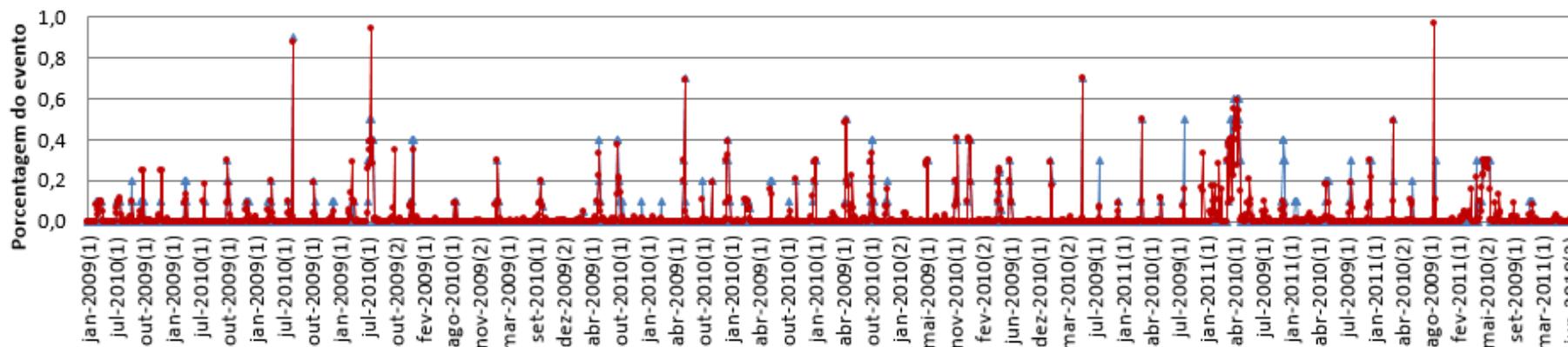


Figura 1: Valores estimados (—●—) e observados (—●—) para previsão dos eventos fenológicos utilizando a Rede Neural Artificial para as três espécies e duas áreas estudadas.





CONCLUSÃO

A precisão do ajuste entre os dados observados e os estimados e os valores das correlações demonstraram a forte relação entre a fenologia e as variáveis climáticas. A estimativa futura demonstrou a possibilidade de previsão de eventos fenológicos possuindo apenas dados fenológicos e meteorológicos. A rede selecionada pode ser salva e realimentada para reutilização da mesma.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BENCKE, C.S.C. & MORELLATO, L.P.C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, V.25, n.3, p.269-275, set. 2002.

BRAGA, A.P.; CARVALHO, A.P.L.F.; LUDERMIR, T.B. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2.ed., Rio de Janeiro. 2007. 226p.

BULHÃO, C.F. & FIGUEIREDO, P.S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica**, V.25, n.3, p.361-369, set. 2002.

OTEROS, J.; GARCÍA-MOZO, H.; HERVÁS-MARTÍNEZ, C.; GALÁN, C. Year clustering analysis for modelling olive flowering phenology. **International Journal of Biometeorology**, august. 2012.

SCHULZE, E.D. Carbon dioxide and water vapour exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. **Annual Review of Plant Physiology**, 37: 247-274. 1986.

SUDHEER, K. P.; GOSAIN, A. K.; RAMASASTRI, K. S. Estimating actual evapotranspiration from limited climatic data using neural computing technique. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.129, n.3, p.214-218. 2003.

VELOSO, C.A.C.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S.; VEIGAS, I.A.J.M. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, 49(1):123-128, 1992.

WALTER, B.M.T.; CARVALHO, A.M.; RIBEIRO, J.F. O Conceito de Savana e de seu Componente Cerrado. In: **Cerrado – Ecologia e Flora** (SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F., eds.). Editora: Embrapa. Brasília, DF. 2008. p. 19-46.

YAZDANPANA, H.; OHADI, D.; TABAR, M.S. Forecasting Different Phenological Phases of Apple Using Artificial Neural Network. **Journal of Research in Agricultural Science**, vol. 6, no. 2, 97 – 106. 2010.

