

# APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA A ESTIMATIVA DE INFECÇÃO POR MANCHAS FOLIARES NA CULTURA DO TRIGO

Raphael Augusto Rogenski (Acadêmico de Engenharia de Computação – DEINFO/UEPG – Bolsista PIBIC/ARAUCÁRIA-UEPG) E-mail: [rrogenski@outlook.com](mailto:rrogenski@outlook.com)

Luiz Antônio Zanlorensi Junior (Acadêmico de Bacharelado em Informática – DEINFO/UEPG – Bolsista BIC/ARAUCÁRIA-UEPG)

Ivo Mario Mathias (Professor Adjunto do Departamento de Informática – DEINFO – UEPG).

**Resumo:** Na agricultura, mais especificamente na cultura do trigo, podem ocorrer várias doenças, como ferrugem, manchas foliares e oídio. Para identificação dessas doenças, estações agrometeorológicas trabalham diariamente obtendo informações importantes, como temperatura média, umidade relativa do ar, índice de radiação solar, pressão atmosférica, entre outras. A identificação de doenças é um processo manual, das quais o objetivo é obter a porcentagem de infecção por cada doença em um determinado local. Essas informações são utilizadas em um sistema baseado em redes neurais artificiais, a fim de estimar a porcentagem de infecção de doenças, auxiliando na tomada de decisões e facilitando o monitoramento de áreas potencialmente infectadas. Os resultados obtidos indicam um sucesso de 87% do aprendizado da rede, sendo um resultado plausível para o propósito deste sistema.

**Palavras-chave:** Agrometeorologia, Back-Propagation, Inteligência Artificial, Processamento de Dados, Redes Neurais Artificiais.

## APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO ESTIMATE INFECTION BY LEAF SPOT IN WHEAT CROP

**Abstract:** In agriculture, more specifically in wheat crop, can occur several diseases, such as rust, leaf spot and powdery mildew. To identify these diseases, agrometeorological stations work daily getting important information, such as average temperature, relative humidity if air, index of solar radiation, atmospheric pressure, and others. The identification of diseases is a manual process, which the objective is getting the percentage of infection for each disease in a certain location. This information are used in a system based in artificial neural networks in order to estimate the percentage of infections of diseases, assisting in decision making and facilitating the monitoring of potentially infected areas. The results indicate a success of 87% of learning network, being a plausible result for the purpose of this system.

**Keywords:** Agrometeorology, Back-Propagation, Artificial Intelligence, Data Processing, Artificial Neural Network.

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente na agricultura, a identificação de áreas contaminadas por doenças é um processo que depende de várias informações climáticas, das quais influenciam para a ocorrência de doenças em diversas culturas. A utilização de sistemas computacionais agilizam este processo, estimando o índice de infecção de doenças em cada área e participando de identificações climáticas, minimizando a intervenção manual e maximizando a velocidade de identificação.

O uso de estações meteorológicas automáticas de baixo custo possibilitam o monitoramento e armazenamento de diversas informações climáticas, tais como temperatura, umidade, radiação, pressão, vento e outras variáveis ambientais. Cada uma dessas informações afetam diretamente ou indiretamente na infecção por alguma doenças em cada cultura.

Através de técnicas computacionais de processamento de informações - especificadamente de redes neurais artificiais - é obtido o índice de infecção de doenças, como oídio, ferrugem e manchas que podem ocorrer na cultura do trigo (TSUKAHARA, 2007). Essa técnica consiste em um sistema protótipo, em que sua estrutura é parcialmente construída, porém, é capaz de se adaptar automaticamente à situação, ou seja, o sistema primeiramente é treinado, através de informações completas, contendo o índice de infecção - necessário para aprender, ou seja, para reconhecer padrões nas informações - para então processar informações incompletas, em que o sistema estima o índice de infecção a partir do que aprendeu anteriormente.

### 1.1. MANCHAS FOLIARES

De acordo com a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), a denominação de “manchas foliares” tradicionalmente tem sido atribuída a quatro diferentes doenças fúngicas, as quais são conhecidas por: mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), mancha da gluma (*Stagonospora nodorum*) e mancha salpicada (*Septoria tritici*).

A mancha marrom produz lesão de centro pardo-escuro e bordas arredondadas e de tamanho indefinido. A mancha amarela é similar à mancha marrom, apresentando, entretanto, halo amarelo. A mancha das glumas ocorre mais nas brácteas florais e nos nós das plantas, existindo eventualmente a presença de picnídios (pontos pretos) nas lesões. A mancha salpicada manifesta-se, inicialmente, como pontos amarelos entre as nervuras foliares que, depois, transformam-se para pardo-claro com pequenas pontuações pretas, os picnídios.



Figura 1 – Manchas do tipo marrom, amarela, da gluma e salpicada, respectivamente.

### 1.2. REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

De acordo com Rojas (1996), sistemas que utilizam redes neurais artificiais, possuem sua estrutura parcialmente predeterminada. Alguns parâmetros modificam as capacidades da rede, sendo assim, torna-se necessário encontrar uma combinação que satisfaça a solução de um dado problema. O ajuste dos parâmetros será feito através de um algoritmo de

aprendizado, ou seja, não será através de uma programação explícita, mas através de um método automático adaptativo.

Redes neurais artificiais são compostas de neurônios artificiais interligados, dos quais são baseados em propriedades de neurônios biológicos. Essas redes são utilizadas para processamento de informações, das quais contém um sistema adaptativo que muda sua estrutura baseado em informações internas ou externas que fluem através da rede.

Um trabalho que utilizou as mesmas técnicas, utilizando dados agrometeorológicos e redes neurais artificiais é o sistema PMNEURAL (MATHIAS, 2006), do qual teve o objetivo de estimar a duração do período de molhamento foliar por orvalho, também na cultura do trigo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para identificação dos índices de infecção no cultivo de trigo por manchas foliares, foram utilizadas informações agrometeorológicas, análise física e um sistema computacional baseado em conceitos de redes neurais artificiais, mais especificadamente à técnicas de back-propagation.

### 2.1. INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS

As informações foram obtidos junto à Fundação ABC (Instituição de Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário sem fins lucrativos), das quais foram coletadas nas cidades de Ponta Grossa, Castro e Arapoti. Essas informações indicam o índice de infecção por manchas foliares na cultura do trigo e são constituídas de diferentes dados, em que cada um contribui diretamente ou inversamente para o aparecimento ou desenvolvimento da doença, são elas:

Tabela 1 – Descrição das informações agrometeorológicas

| Sigla    | Descrição                               |
|----------|---|
| TMED     | Temperatura média                       |
| UR       | Umidade relativa do ar                  |
| RADIACAO | Índice de radiação solar                |
| PRESMED  | Pressão atmosférica média               |
| DIRVTMED | Direção média do vento                  |
| VTMED    | Velocidade média do vento               |
| TMOL     | Temperatura do molhamento foliar        |
| MANCHA   | Índice de infecção por manchas foliares |

Fonte: Fundação ABC (2011)

O índice de infecção pode variar entre as seguintes porcentagens e valores representativos:

Tabela 2 – Representação dos índices de infecção por manchas foliares

| Representação   | Índice |
|-----------------|--------|
| Até 25%         | 1      |
| De 26% à 50%    | 2      |
| De 51% à 75%    | 3      |
| A partir de 76% | 4      |

Fonte: Fundação ABC (2011)

Os dados abaixo representam uma amostra dos dados obtidos:

Tabela 3 – Amostra dos dados

| Tmed  | UR     | Radiação | Presmed | Dirvtmed | Vtmed | Tmol  | Mancha |
|-------|--------|----------|---------|----------|-------|-------|--------|
| 20,88 | 72,89  | 95,09    | 777,83  | 95,60    | 2,17  | 18,73 | 1      |
| 16,76 | 94,88  | 17,02    | 791,71  | 171,00   | 2,05  | 16,76 | 1      |
| 12,50 | 81,24  | 112,97   | 799,38  | 234,52   | 4,84  | 10,79 | 1      |
| 12,50 | 86,80  | 102,00   | 895,30  | 189,80   | 2,00  | 10,43 | 2      |
| 15,00 | 88,70  | 93,70    | 894,50  | 201,30   | 1,20  | 14,48 | 2      |
| 15,00 | 86,40  | 77,60    | 895,60  | 121,80   | 0,80  | 12,70 | 3      |
| 17,00 | 83,20  | 78,30    | 895,30  | 126,50   | 1,30  | 15,19 | 3      |
| 15,20 | 96,00  | 20,50    | 892,90  | 120,20   | 2,30  | 15,22 | 4      |
| 15,10 | 97,50  | 53,70    | 895,40  | 105,10   | 1,90  | 15,08 | 4      |
| 13,80 | 100,00 | 23,40    | 896,90  | 82,10    | 3,60  | 13,75 | 4      |

Fonte: Fundação ABC (2011)

## 2.2. ANÁLISE FÍSICA

A análise física foi executada antes dos dados serem processados pelo sistema computacional, o objetivo é identificar fisicamente, por técnicos, o índice de infecção para que sejam tomadas atitudes de controle cabíveis ao nível de severidade. Tal atividade foi executada sob responsabilidade da Fundação ABC.

## 2.3. SISTEMA COMPUTACIONAL

De acordo com Rojas (1996), sistemas que utilizam redes neurais artificiais possuem sua estrutura parcialmente predeterminada. Alguns parâmetros modificam as capacidades da rede, sendo assim, torna-se necessário encontrar uma combinação que satisfaça a solução de um dado problema. O ajuste dos parâmetros é feito através de um algoritmo de aprendizado, ou seja, não será através de uma programação explícita, mas através de um método de adaptação automática.

Para o treinamento das redes neurais artificiais foi adotado o algoritmo de aprendizado Back-Propagation, que corresponde a um método para treinamento do tipo perceptron de múltiplas camadas (HAYKIN, 2001).

A base de dados é constituída por aproximadamente 400 registros, sendo utilizados 90% para treinamento e 10% para testes.

Este sistema foi baseado em um simulador de redes neurais artificiais (MEDEIROS, 2003), o qual teve como objetivo, determinar o índice de severidade da doença, levando em consideração dados agrometeorológicos. É necessário informar ao sistema uma base de dados com as variáveis agrometeorológicas e os índices de severidade da doença, por meio desse processo a RNA é construída e treinada. Após o treinamento da RNA, o sistema pode determinar o índice de severidade da doença quando apresentado os dados agrometeorológicos não utilizados na base de treinamento.

Existem dois estágios de processamento que o sistema executa em sua rede, sendo o estágio de treino e o estágio de teste.

### 2.3.1. TREINO

Estágio em que a rede trabalha com as informações, ajustando parâmetros e buscando obter um resultado pré-definido. Como se trata do aprendizado das redes neurais artificiais, os dados utilizados são extremamente importantes, pois quanto mais as informações variarem e interferirem no resultado, mais a rede neural irá aprender.

### 2.3.2. TESTE

Estágio em que a rede trabalha com informações baseadas em um aprendizado anterior. Os resultados obtidos não são baseados em resultados pré-definidos, porém, são posteriormente comparados para se estimar a precisão da rede.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados teste, utilizando diversas estruturas e configurações de parâmetros das redes neurais artificiais, obtendo como melhor resultado 87,18% de acertos.

Para o treinamento e teste da rede neural artificial, conforme observado na tabela 2, foram utilizados para a sua estrutura, 7 (sete) neurônios na camada de entrada, uma camada oculta com 25 (vinte e cinco) neurônios e a camada de saída com 4 (quatro) neurônios, um para cada índice de severidade. Para a configuração dos parâmetros foi utilizada inicialmente 200 (duzentas) épocas de treinamento, com taxa de aprendizagem de 0,75 e inércia de 0,50. Para a obtenção desses resultados foram realizados 9 (nove) treinamentos com a configuração descrita acima.

Tabela 4 – Parâmetros utilizados para a rede

| Parâmetro                                     | Valor |
|---|-------|
| Quantidade de neurônios da camada de entrada  | 7     |
| Quantidade de camadas ocultas                 | 1     |
| Quantidade de neurônios em cada camada oculta | 25    |
| Quantidade de neurônios da camada de saída    | 4     |
| Quantidade de épocas                          | 200   |
| Taxa de aprendizagem                          | 0,75  |
| Taxa de inércia                               | 0,25  |

Fonte: Fundação ABC (2011)

Dos registros utilizados para testes, o processamento de 34 (trinta e quatro) deles chegaram ao resultado esperado e apenas 5 falharam. Com isso, a rede chegou a uma porcentagem de 87,17% de acertos, facilmente concluído que apenas 12,82% falhou. Conforme a figura 2, o erro da rede foi mínimo, totalizando  $9^{-6}$ .

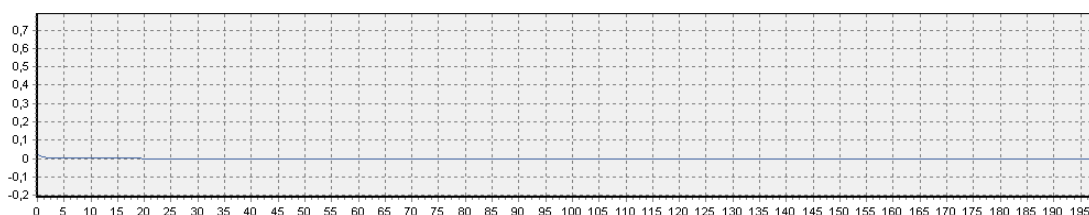


Figura 2 – Gráfico de erro.

As informações utilizadas nesse trabalho não foram pré-classificadas, o que seria ideal. Mesmo assim a taxa de acerto da rede neural artificial foi de 87,17%, da qual teoricamente, na utilização de informações pré-classificadas com uma quantidade maior de registros, a porcentagem de validação da rede poderá ser maior.

A proporção de 6,8 acertos para cada erro foi um resultado excelente, pois tratando-se de um sistema que pode ser utilizado para várias aplicações e que o processo de treino e teste não durou mais do que 5 (cinco) minutos.

Porém, analisando os dados processados, além de ser uma quantidade baixa de registros, a maior parte tem índice 1 de infecção por manchas foliares.

O ideal seria, além de utilizar uma quantidade maior de registros, utilizar também dados bem distribuídos, já que é a base do aprendizado. Assim, a porcentagem de validação da rede poderia ser menor, porém, o aprendizado seria mais satisfatório.

#### 4. CONCLUSÕES

Como pode ser observado nos testes, o sistema tem uma boa capacidade quanto à classificação de índices de infecção por doenças. sendo que trata-se de uma estrutura auto-organizada, é capaz de tolerar falhas e ser flexível a pequenas mudanças. Sendo assim, o sistema de redes neurais artificiais está preparado para auxiliar na agricultura, porém, poderia ser implementado mais técnicas a fim de obter um melhor desempenho, das quais se destacam uma seleção rigorosa dos dados e a validação cruzada.

A seleção dos dados, é baseada em um estudo aprofundado sobre quais as variáveis e o intervalo de valores que influenciam o índice de infecção. A remoção de dados que não tem influência com o índice, resultaria em um melhor desempenho. A validação cruzada é útil principalmente para definir qual é a melhor época para ser parar o treino.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Fundação Araucária, cujos recursos auxiliaram na realização deste trabalho e à Fundação ABC por prover os dados agrometeorológicos e índices de infecção.

#### REFERÊNCIAS

**AZEVEDO, F. M.; BRASIL, L. M. e OLIVEIRA, R. C. L. de.** *Redes neurais com aplicações em controle e em sistemas especialistas*. Florianópolis: Visual Books Editora, 2000, 401p.

**EMBRAPA**, Disponível em [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do64\\_5.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do64_5.htm). Acesso em: 25 de Junho de 2012.

**FUNDAÇÃO ABC**, Disponível em <http://www.fundacaoabc.com.br>. Acesso em: 25 Maio de 2011.

**HAYKIN, S.** *Redes neurais princípios e prática*. Porto Alegre, Bookman, 2001, 900p.

**MATHIAS, I. M.;** *Aplicação de Redes Neurais Artificiais na Análise de Dados de Molhamento Foliar por Orvalho*. Botucatu: UNESP, 2006. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas/Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

**MEDEIROS, L. F. de.** *Redes neurais em delphi*. Florianópolis: Visual Books Editora, 2003, 115p.

**OLIVEIRA, L. H.;** *Potencial e Aplicações de Sistemas de Apoio à Decisão para Empresas Rurais*, Agrosoft 95 - Feira e Congresso de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria, 1995.

**ROJAS, R.;** *Neural Networks: A Systematic Introduction*, Springer-Verlag, Berlin 1996.

**TSUKAHARA, R.Y; Kochinski, E.G.** *Relatório de Pesquisa: Controle da ferrugem da soja através da favorabilidade climática: Arapoti - PR*. Castro: Fundação ABC, 2007. 13p.